

## 1. INTRODUCCION

El término Floraciones Algales Nocivas (FAN) o Harmful Algal “bloom” (HAB), ha sido designado por la COI-UNESCO, para asignar las apariciones de un heterogéneo grupo de microorganismos (planctónicos o bentónicos) que son percibidos por el hombre, por sus efectos adversos a la salud humana, a las zonas costeras de explotaciones de acuicultura, turísticas y en las poblaciones naturales de organismos marinos; fue aprobado por el Panel Intergubernamental como IPHAB en junio de 1992 (Reguera, 2002). La palabra “HAB” es más utilizada internacionalmente (Taylor y Trainer, 2002) y “FAN” en los países Latinos. Las FAN afectan a una amplia variedad de pesquerías (Black, 2001), han provocado intoxicaciones con graves problemas a la salud pública (Backer et al., 2004), han causado pérdidas económicas al sector maricultor, y tienen implicaciones relevantes en el uso de aguas recreacionales (Masó, 2003). Las ficotoxinas marinas afectan a la salud humana y están agrupadas de acuerdo a su estructura molecular y síntomas manifestados en humanos como PSP<sup>1</sup>, NSP<sup>2</sup>, ASP<sup>3</sup>, y DSP<sup>4</sup> (Odebrecht et al., 2002; Mafra et al., 2006).

Algunos países costeros son impactados por eventos FAN también conocidos como mareas rojas (MR) o “red tide”, debido a la intensa discoloración del mar por los pigmentos de las algas involucradas, son una amenaza por los diversos daños que pueden causar (Anderson et al., 1998). Se presentan formando parches o manchas superficiales con pocos metros de espesor y se pueden extender por cientos de kilómetros. Las microalgas que causan las MR, corresponden a cianobacterias, diatomeas, dinoflagelados, silicoflagelados, primnesiofitas y rafidofitas; siendo los dinoflagelados el grupo más representativo y capaces de provocar eventos nocivos (tóxico o dañino) e impactos ecológicos y económicos reportados a nivel mundial.

---

<sup>1</sup>PSP= Paralytic Shellfish Poisoning

<sup>2</sup>NSP= Neurotoxic Shellfish Poisoning

<sup>3</sup>ASP=Amnesia Shellfish Poisoning

<sup>4</sup>DSP= Diarrhetic Shellfish Poisoning

Los ecosistemas marinos costeros tienen grandes riesgos frente a la combinación de las actividades humanas y están seriamente afectados por la alteración en las cadena alimentaria, cambio climático, alteración de hábitat, erosión costera, introducción de especies exóticas invasoras por agua lastre de buques y polución de las aguas costeras (Hansen et al., 2001; McLeod et al., 2005), son factores que condicionan la abundancia del “bloom” algal (Hallegraeff, 1995; Zingone y Enevoldsen, 2000; Fogg, 2002). Algunos experimentos indican que las algas nocivas pueden utilizar los nutrientes orgánicos e inorgánicos disueltos en aguas de descargas domésticas costeras (Lindehoff et al., 2009). Un incremento en la ocurrencia de estos eventos podría relacionarse con cambios en los ecosistemas marinos y costeros, debido al arrastre de nutrientes de los campos agrícolas y las descargas de aguas servidas de las poblaciones costeras (Fournier, 2009).

Las investigaciones del fitoplancton, permiten visualizar la distribución de la comunidad y de sus especies, relacionada con la oceanografía costera y corrientes marinas, que juegan un rol importante sobre las FAN (GEOHAB, 2003), para lo cual se necesitan implementar estrategias de manejo costero integrado (operacional y práctico), que ayuden a estar vigilantes a los eventos de MR (Young et al., 2007).

### **1.1. Marco Referencial: Caracterización del problema**

En la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Ambiente y Desarrollo Sustentable en 1992 (Agenda 21) y la Convención sobre Cambio Climático, han reconocido la prioridad de investigar las algas nocivas. Se creó un Panel Intergubernamental COI-FAO sobre las FAN realizado en Paris/1992 (HAB), se han publicado Manuales y Guías sobre taxonomía, toxinas, monitoreo y manejo de especies algales nocivas (UNESCO, 1978, 1995, 2004 y 2010). En el IOC Technical Series #44 (1996), presenta una lista de diferentes países con eventos de MR y los programas de monitoreo de las FAN.

En el primer Panel Intergubernamental (COI-UNESCO, 1992) se consideró que el “bloom” de algas nocivas es un problema global con implicaciones regionales y locales (GEOHAB, 2004). Los resultados de los Programas Nacionales sobre estas investigaciones han sido desarrollados por diversos países (Canadá, China, Francia, Japón, Grecia, Alemania, Irlanda, España Estados Unidos, Italia, México, Filipina, Suecia y Reino Unido), en coordinación con varios subprogramas de la COI (UNEP, ICES, PICES, SCOR, CE), se propuso el Estudio de la Dinámica de HAB en todos los Océanos. Actualmente, se han creado redes de grupos regionales liderados por la IOC-HAB (e.g., ANCA, FANSA, HANA, WESTPAC/HAB, WGHABD, ECOHAB, EUROHAB, HARRNESS), para facilitar y coordinar investigaciones que logren el entendimiento de su ecología, mejorar los modelos operacionales y acciones preventivas. La actividad científica incluye el Programa Internacional GEOHAB que tiene interacciones con LOICZ, GLOBEC y GOOS, con el soporte de un centro de comunicaciones científicas de HABs (SCCHA), un centro de bases de datos de HABs (HAEDAT, MONDAT), un directorio de expertos en algas nocivas (IOC-HABDIR) y la formación de una sociedad internacional para estos temas (ISSHA), han sido iniciativas creadas para la prevención y monitoreo al problema mundial relacionado a las MR.

En el marco de la Alianza Estratégica de ARCAL-OIEA (2008), en la clasificación de los problemas ambientales de Latino América y el Caribe, se menciona los impactos negativos económicos causados por los florecimientos algales nocivos, incluyendo el costo de programas de monitoreo rutinarios en mariscos y otros recursos afectados, cierre por corto tiempo o permanente de los stocks de peces y mariscos, reducción en las ventas de alimentos marinos, mortalidad de peces silvestres y cultivados, vegetación acuática sumergida y arrecifes coralinos, impacto en el turismo y negocios asociados, tratamientos médicos a poblaciones expuestas.

Las FANs son consideradas como una de las diez principales amenazas de especies en el medio marino a nivel mundial, las que pueden ser transportadas de un océano a otros a través del agua de lastre de los buques (Enevoldsen y Aguilera, 2002), hipótesis que fueron evidenciadas por los resultados de cinco proyectos

piloto sobre especies invasoras<sup>1</sup> Globallast desarrollados a nivel mundial (Alexandrov et al., 2003; Anil et al., 2003; Clarke et al., 2003 y 2004; Awad et al., 2003).

En Ecuador, aún no aplica el control de biotoxinas, debido a que la mayor producción es el camarón y éste no es afectado, pero si ha causado mortalidad por anoxia debido a la alta densidad algal (Jiménez, 1989). En Argentina, Uruguay, Perú y Chile, ya aplican las exigencias de normativas de la Unión Europea (CEE 91/492 y 493) para el control sanitario en moluscos<sup>2</sup> y protección de los consumidores, han conducido intensos controles de bio-toxinas (Suárez et al., 2002) y aplicación de métodos estándares y niveles regulatorios (Reguera, 2002); también se considera el control en coliformes fecales, metales pesados e implementación de normas ISO en plantas procesadoras (Suárez et.al., 2002; Quevedo y Sánchez, 2008), la finalidad fue desarrollar acciones de prevención para disminuir los riesgos en la salud pública, minimizar conflictos pesqueros y los cambios en la conducta de la comunidad en general. Entre las toxinas que han causado enfermedades más comunes son las siguientes (Suárez y Guzmán, 2005):

1. Veneno paralítico por Moluscos (VPM)
2. Veneno neurotóxico por Moluscos (VNM)
3. Veneno amnésico por los Moluscos (VAM)
4. Veneno Diarreico de los Moluscos (VDN)
5. Veneno Ciguatero<sup>3</sup> de Pescado (VCP) o CFP<sup>4</sup>
6. Veneno Tetrodotoxina<sup>\*</sup>

---

<sup>1</sup> Principales amenazas de especies invasoras desde microbios, plantas y animales marinos que se desplazan por todo el planeta, adheridos en el casco de buques o en el agua de lastre; luego de ser introducidos pueden causar trastornos graves en los ecosistemas y en la economía local; los agentes patógenos pueden causar enfermedades y la muerte en seres humanos. Las 10 principales amenazas son: Cólera, pulga espinosa, cangrejo chino, **algas tóxicas**, gobio redondo, cangrejo verde europeo, microalgas nocivas, mejillón zebra, estrella de mar del Pacífico del norte y ctenóforo americano.

<sup>2</sup>Moluscos (bivalvos y gasterópodos): ostión (*Aropecten purpuratus*, *Chlamys vitrea*), almejas (*Venus antiqua*, *Gari solida*, *Semele solida*), navaja (*Ensis macha*, *Tagelus dombeii*), ostras (*Ostrea chilensis*, *Crassostrea gigas*) y caracoles (*Thais chocolate*, *Trophon geversianus*, *Rapana giganteus*, *Adelomelon ancilla*, *Argobuccinum Aarhus*, *Tegula atra*, *Odontocymbiola magellanica*, *Xantochorus cassidiformis*).

<sup>3</sup>Ciguatero: Enfermedad tropical por consumo de peces tóxicos. <sup>4</sup>CFP= Ciguatera Fish Poisoning.

\*Veneno en peces

Los procedimientos de los buques que contienen agua de lastre, la OMI tienen previsto un Plan de Gestión para ayudar a reducir al mínimo la transferencia de organismos acuáticos perjudiciales y agentes patógenos, con métodos seguros y eficaces, que deben ser controlados por las autoridades de los Estados rectores de puertos como un enfoque preventivo de protección ambiental, aplicable a todos los buques, a menos que éstos estén específicamente exentos por el Estado rector del puerto como son los barcos militares y científicos (OMI, 2003). En los países de Sudamérica, se implementará esta gestión en el 2012 con la cooperación del GEF, PNUD e IMO (GEF-UNDP-IMO-GLOBALLAST PARTNERSHIP y COI, 2009).

La tendencia de la amplia distribución mundial del problema de MR, lo cual ha incrementado considerablemente en las tres últimas décadas, como ejemplo es el VPM (PSP) y VAM (ASP), están relacionados con nuevos métodos de detección y más investigadores y observadores (Anderson, 2007). Hay debates científicos sobre la aparente extensión de los FANs principalmente en los trópicos (GEOHAB, 2004), y a prevención es reconocida como la política más apropiada y barata para disminuir los daños que causan as MR (Tamelander et.al., 2010); así como, la aplicación del principio precautelatorio es relevante en la prevención de riesgos o amenazas desconocidas de los efectos de las MR en la conservación de la biodiversidad y en el manejo de los recursos naturales, lo que implica tener un balance entre las políticas y la valoración ambiental. Estos principios han sido progresivamente incorporados dentro de instrumentos internacionales como la Conferencia de Río de Janeiro (1992), en la Convención de Diversidad Biológica (CBD), Convención de Rotterdam (1998), Convención de Estocolmo (2001) y el Protocolo de Cartagena sobre bioseguridad (2000) y directrices para el tratamiento de aguas residuales propuestas por PNUMA, OMS y ONU.

En la identificación de los problemas de valoración ambiental se deben considerar la importancia de las microalgas como en primer nivel trófico alimenticio acuático (Fig. 1), se necesita tener información de monitoreos multidisciplinarios a mediano plazo (según las medidas sanitarias lo requieran), que permitan estimar los factores de riesgos de daños ambientales (económicos, ecológicos, social, legal y consideraciones culturales), como un resultado de las

actividades humanas, son problemas a nivel regional y global (GEMSAP, 2001), siendo los más importantes los siguientes:

1. FAN
2. Eutrofización y anoxia asociada
3. Efectos de contaminante químicos (desechos domésticos, metales pesados, sustancia órgano persistentes, hidrocarburos de petróleo)
4. Efecto de deforestación
5. Efecto de movilización de sedimentos
6. Daño de los arrecifes de coral
7. Pérdida de ecosistemas locales, declinación de los manglares
8. Transferencias de especies nocivas (acuicultura y agua de lastre)
9. Cambios climáticos
10. Incremento del nivel de mar
11. Incremento de riesgos en la salud humana por bio-toxinas
12. Reducción de la biodiversidad
13. Sobrepesca
14. Prácticas de pesca destructiva
15. Efectos de explotación de recursos minerales costeros (arena, grava, hidrocarburo)



Figura 1. Importancia de las mircroalgas y su rol con las actividades del hombre.

El conocimiento de áreas específicas (estuarios, bahías) y el estado actual del fitoplancton y de los nutrientes, es una medida fundamental para evaluar el funcionamiento del ecosistema, ya que las microalgas proveen de alimento a los niveles tróficos superiores (ICES, 2002). El nitrógeno y el fósforo, son esenciales para el desarrollo algal, pero en exceso son considerados como agentes de polución de aguas residuales (Hallegraeff, 1995), lo cual es esencial para evaluar los efectos relacionados a los nutrientes (indicadores de eutrofización) e identificar las especies indicadoras del fitoplancton que puedan generar el “bloom”.

Ecuador forma parte de los países del grupo regional FANSA, ha participado en algunos talleres regionales: III Taller realizado en Chile 1997 (COI-FANSA, 1997), IV en Montevideo 2001 (COI-FANSA, 2001), V taller realizado INOCAR en Guayaquil (COI-FANSA, 2004), VI en Perú 2006 (COI-FANSA, 2006) y VII en Argentina (2008), donde se han expuestos algunos eventos.

En Ecuador, los reportes de MR correspondieron a documentos publicados e informes no publicados, entre ellos se mencionan a Jiménez (1974, 1976, 1979, 1980, 1982, 1983, 1989, 1993, 1996a, 1996b, 1997a, 1997b, 1998, 2003), Veintimilla-Arcos (1982), Intriago (1983), Jiménez et al., 1996, Jiménez e Intriago, (1987 y 2001), Jiménez y Gualancañay (2006a y 2006b), Cárdenas y Espinoza (1990), Torres (1997, 2000, 2002, 2003, 2004, 2005, 2006a, 2006b, 2007), Torres y Tapia (2001 y 2002), Torres y Burgos (2003 y 2005), Torres et al., (2003, 2004a, 2004b), Torres y Andrade (2005, 2007a y 2007b), Torres y Palacios (2004, 2007a y 2007b); Coello (2003, 2007, 2009), Coello y Cajas (2007), Coello (2007a-2007b), Coello et al., (2009), han registrado eventos de MR en la zona costera e insulares. Reyes et al., (2002), realizaron cultivos de *Gymnodinium catenatum* desde una cepa de MR de la Península Santa Elena del año 2000 y reportaron efectos tóxicos en diferentes estadios de larvas de camarón *L. vannamei* después de 24 horas de haber sido expuestas a este dinoflagelado. Las especies causantes de MR registradas por los autores antes mencionados, son de potencial riesgo para la formación de futuros eventos de MR en el margen costero, en cuanto se cumplan ciertas condiciones

ambientales<sup>1</sup> y alto contenido de nutrientes, que favorezcan al desarrollo del “bloom” algal.

Entre los efectos negativos de MR, fueron los registros de mortalidad de peces principalmente en el Golfo de Guayaquil (área de cuarentena de tráfico internacional de buques), ocurridos en abril 1981, junio y agosto de 1996, marzo, abril y mayo del 2003 (Torres et al., 2004b), julio 2004, agosto 2008 y junio 2009 (Torres, 2009), los que generaron algunas protestas y denuncias por pescadores artesanales en Puerto Bolívar y en Bajo Alto. En el país, se carece de laboratorios acreditados y equipados para análisis de biotoxinas algales y bio-ensayos de toxicidad, que ayuden a aclarar la causa de la mortalidad de organismos.

Entre otras amenazas de especies marinas comerciales, Coello (1996) menciona varios factores que interactúan como el esfuerzo pesquero, alteración de hábitats críticos (esteros y manglares), contaminación por diversas fuentes de origen terrestre y la falta de políticas de manejo pesquero. El Programa de Acción Mundial (PAM) para la Protección del Medio Marino frente a la contaminación marina desde las actividades realizadas en tierra para los países del Pacífico Sudeste (CPPS), han preparado un Plan Estratégico Regional con dos programas: 1) Contaminación Marina del Pacífico Sudeste (COMPACSE); 2) Protección del Pacífico Sudeste (PROSET), cada uno de ellos se concentrará en áreas prioritarias donde hay problemas críticos de contaminación, aprobado por los 5 países (Panamá, Colombia, Ecuador, Perú y Chile) en 1999 (CEPAL, 2000). A continuación se presentan las actividades en tierra desarrollados por cada programa:

<b>COMPACSE</b>	<b>PROSET</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Aguas residuales de origen urbano</li> <li>- Instalaciones industriales y mineras</li> <li>- Instalaciones portuarias, dragados y rellenos</li> <li>- Acuicultura</li> <li>- Instalaciones de recreación y turismo</li> <li>- Escorrentia Agrícola</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Relaves mineros</li> <li>- Exploración, explotación y transporte de hidrocarburos y escorrentia de aceites y lubricantes.</li> <li>- Plaguicidas y otros compuestos orgánicos persistentes.</li> <li>- Concentración poblacional humana costera y su tendencia incremental.</li> </ul>

<sup>1</sup>Vientos en calma, alto contenido nutrientes orgánicos, estabilidad en la columna de agua, radiación solar; en casos de recurrencia la presencia de quistes en sedimentos de aguas someras.

## **1.2. Motivación e importancia de la Investigación en mareas rojas**

En el marco del Programa de Plancton del Pacífico Oriental organizado por la Oficina Regional de Ciencia y Tecnología para América Latina y Caribe (ROSTLAC) se mencionaron los primeros problemas de MR en Chile, Perú y Ecuador (UNESCO, 1982). La primera propuesta de un programa de monitoreo multidisciplinario de especies asociadas a MR e identificación de biotóxicas en el Golfo de Guayaquil, fue mencionado en el Proyecto de Asistencia Técnica y Rehabilitación Ambiental en el Ecuador "PATRA" (CAAM, 1996). Siendo estas las primeras iniciativas sobre MR (nacional y regional) en Ecuador, las mismas que todavía no se han ejecutado.

En los talleres regionales COI-FANSA (Uruguay 2001; Ecuador 2003), se han expuesto los problemas de las FAN, ocurrencias de "blooms", red de expertos, y estado de avance tecnológico en la detección de biotóxicas tanto en moluscos como sus estudios taxonómicos. En la segunda reunión global de GEOHAB en Chile (abril 2004), se expusieron los avances tecnológicos a nivel mundial, se corroboró que las ocurrencias de MR es una problemática global asociada a los ambientes costeros estresados y contaminados por las actividades del hombre. Las floraciones de algas nocivas en Sudamérica, no es un término científico, sino un término operativo que es ampliamente aceptado por la comunidad de científicos y por los gestores sanitarios y medioambientales (Reguera, 2002).

En Chile el problema de MR se han hecho más frecuentes, persistentes e intensas, abarcando áreas extensas, causando pérdidas económicas en el sector acuicultor y pescadores artesanales, han generado situaciones conflictivas sociales; su Gobierno desde 1996 ha venido implementando programas agresivos de difusión (radial, televisión, prensa, afiches, conferencias, videos, juegos infantiles y textos de educación primaria), a fin de concienciar y cambiar la cultura en organismos públicos (Salud, Pesquero, Ambiente, Educación) y organizaciones sociales (pescadores y comunidad en general), en la prevención de impactos de las toxinas de la MR, tienen formado un Comité de la MR para ejecutar todas estas actividades

y buscar las mejores alternativas para convivir con estos eventos; como ejemplo el esquema de la formación de MR con sus factores ambientales (Fig. 2).

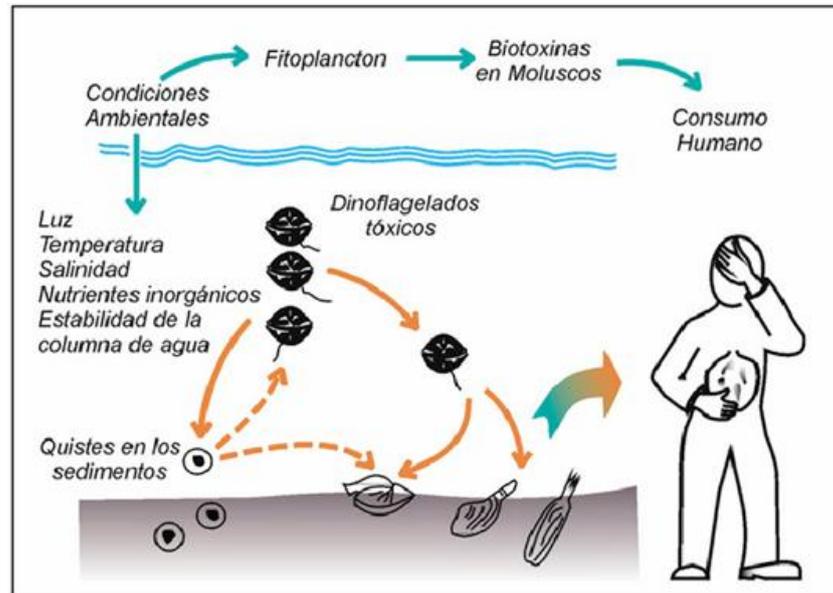


Figura 2. Esquema de desarrollo de una floración de algas, condiciones ambientales, acumulación de toxinas en moluscos (transvectores) y efectos al ser humano que los consume (Comité Regional Marea Roja, 2009).

La suscrita ha participado en algunas reuniones de FANSA y GEOHAB, conociéndose que las MR son un problema mundial y que éstas se han registrado en el margen costero del Ecuador por más de cuatro décadas, algunas MR se han relacionado con la mortalidad de organismos. Percibiendo el problema existente y la importancia de posibles biotóxicas algales en el riesgo alimentario y en la salud, que aún no es atendida por las autoridades respectivas en el país. Estas condiciones promovieron mi gestión en ampliar el conocimiento en taxonomía de algas nocivas mediante una beca obtenida para el VII curso de Fitoplancton tóxico y Biotoxinas marinas (Torres, 2006a). Estas actividades motivaron la idea de realizar esta tesis y en la necesidad de tener una base científica sobre los registros de las MR en Ecuador (1968-2009), que permitan reforzar la gestión de un diagnóstico ambiental y fortalecer la propuesta de un Plan de Manejo Integrado preventivos en la vigilancia de futuros eventos de MR, tanto por las autoridades (ambientales, pesqueras, acuícolas y marítimas) como por los usuarios del ecosistema costero como los pescadores y el sector acuícola.

Los escasos estudios sobre la biodiversidad planctónica y calidad de agua en el margen costero, además de la carencia científica que expliquen las causas que provocaron algunos eventos de mortalidad de peces relacionados a la ocurrencia de MR. Por consiguiente, en esta investigación se han enfocado los siguientes problemas:

1. Mayor ocurrencia de eventos de MR por el incremento de nutrientes desde la contaminación marina urbana (desechos sanitarios, tráfico marítimo, hidrocarburos, pesticidas, metales pesados, bacteriológicos entre otros), creando hábitats propicios para mareas rojas como el Golfo de Guayaquil.
2. Escasos estudios de la resiliencia ambiental del impacto de la industria camaronera, relacionada con la pérdida del manglar y otras actividades antrópicas al interior del Golfo de Guayaquil por la ocurrencia de mareas rojas (CAAM, 1996; Twilley et al., 1999).
3. Los eventos de mortalidad de peces asociados a MR y la escasez de pesca en áreas tradicionales del Golfo, son factores que repercuten en la economía y sustento alimenticio principalmente pescadores artesanales, generando conflictos pesqueros evidenciados en Puerto Bolívar (Torres y Palacios, 2007a).
4. Incumplimiento a las normativas ambientales (en vigencia) por la falta de control (monitoreo a largo plazo) en la calidad agua (química-física-biológica) y de la biodiversidad marina costera.

### **1.3. Objetivo General**

Preparar un Plan de Manejo Integrado para la vigilancia, prevención y control de los futuros impactos causados por la ocurrencia de MR en las costas del Ecuador.

#### **1.4. Objetivos Específicos**

- 1.4.1. Ampliar el conocimiento sobre los factores que inciden en la aparición de MR y su impacto al ambiente y seres humanos.
- 1.4.2. Identificar los sectores costeros más vulnerables a la ocurrencia de MR, su incidencia estacional, las especies que causaron la discoloración y registros de mortalidad de organismos, ocurridos entre 1968 y 2009.
- 1.4.3. Diseñar un Plan de Manejo Integrado a la ocurrencia de futuros eventos de MR, en base a la experiencia de otros países.

#### **1.5. Valor Agregado con el cumplimiento de los objetivos**

- 1.5.1. Tener un inventario histórico de las especies que han causado las MR (según referencias bibliográficas) y posibles áreas de influencia en el margen costero del Ecuador.
- 1.5.2. Contar con un Plan de Manejo Integrado de monitoreo y vigilancia por las autoridades ambientales, pesqueras, acuícolas, marítimas y los usuarios de comunidades costeras, y su implementación como un proyecto piloto inicial en el Golfo de Guayaquil.
- 1.5.3. Esta investigación permitirá dar una mejor comprensión sobre las MR, a fin de considerar las mejores acciones preventivas.

#### **1.6. Hipótesis:**

- 1.6.1. Las zonas costeras con mayor ocurrencia de MR pueden tener una relación directa con áreas de mayor uso antrópico.
- 1.6.2. Las evidencias de eventos de MR en el ecosistema marino costero e insular del Ecuador, permiten establecer la necesidad de acciones preventivas por la comunidad, científicos y autoridades ambientales, pesqueras-acuícola y marítima.

## 2. MARCO TEORICO

### 2.1. Criterios y conocimientos de los efectos de Mareas Rojas

#### 2.1.1 Concepto de MR

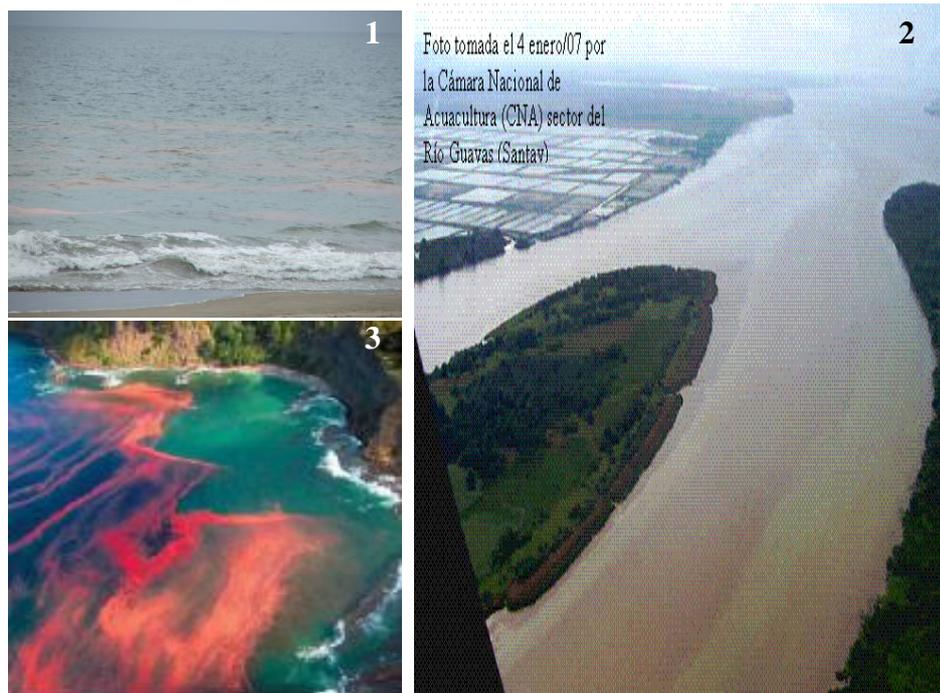
La ocurrencia de la MR es considerada como un evento natural. Es una fase avanzada de la sucesión fitoplanctónica, en donde coexisten condiciones ambientales de baja turbulencia, estabilidad en la columna del agua y concentraciones importantes de nutrientes. Se llaman “florecimientos” porque el fitoplancton se multiplica en cuestión de días de manera exponencial, llegando a alcanzar densidades de millones de células por litro de agua de mar formando manchas o líneas en el mar. En otras ocasiones, la densidad algal no cambia el color del agua de mar, por lo que se denominan Floraciones de Algas Nocivas o FAN (*Harmful Algal “bloom”* o HAB), pero en base a su acepción etimológica el nombre correcto es el término de Proliferación Microalgal Nociva (Ochoa, 2003). Los pescadores de algunos sectores costeros del Ecuador conocen la discoloración en el mar por MR (Jiménez, 1979) y también se lo considera en este estudio.

La MR es una de las principales amenazas que se cierne sobre todas las costas del mundo (IMO, 2009), se está impulsando la búsqueda de mecanismos para combatir sus efectos y mitigar los daños sociales y económicos, ya se han desarrollado métodos para la detección de toxinas y se trabaja en procedimientos para la destoxicación y antídotos, basados en el uso de la biotecnología.

#### 2.1.2. Color de la MR

El cambio de color o tonalidad del mar producido por la proliferación de microalgas, es un indicativo que manifiesta desequilibrio natural. La MR producen discoloraciones del mar visibles a simple vista, causadas por proliferaciones de microalgas que alcanzan concentraciones del orden de  $10^6$  cel/l (Reguera, 2002). El tono o color de la marea roja, dependerá de las especies involucradas (poseen

diversos pigmentos que imparten su color cuando la abundancia del organismo es elevada), en su mayor frecuencia son de color rojo y por eso se llaman mareas rojas, pero algunas forman parches o manchas superficiales con pocos metros de espesor, otras se pueden extender por cientos de kilómetros como una carretera, adquiriendo diferentes colores (por ejemplo, verde, pardo, amarillo, café, anaranjado) y en ocasiones no son visibles, la ausencia de la coloración es una de las características de mareas rojas tóxicas (Ochoa, 2003). Se agregan tres fotos del color de mar, MR en forma de bandas cerca de a playa frente a la población costera de Monteverde causada por *Mesodinium rubrum* y *Ceratium furca* (Foto 1); grandes extensiones de manchas rojizas en el río Guayas causada por *Chatonella marina* (Foto 2); manchas rojizas en New Zealand causada por *Noctiluca scintillans* (Foto 3).



Fotos 1 a 3. Marea Roja frente a Monteverde (1), en el Río Guayas (2): y en el Mar Mediterráneo (3 en Anderson et al., 2010).

Aproximadamente 300 especies pueden presentarse en altas concentraciones (floraciones) que decoloran la superficie del mar (FAO, 2003) y 75 especies producen potentes toxinas (Andersen, 1996). Algunas áreas del mar modifican su color o su tonalidad sin que ese fenómeno se relacione con la presencia de formas

tóxicas en el plancton. La concentración cercana al millón de cel/l puede generar un cambio en el color del agua (Suárez y Guzmán, 2005), otros formados por especies tóxicas con baja densidad celular que son esencialmente invisibles o no producen discoloración (Foto 4). Durante el monitoreo del Proyecto de MR (INOCAR, 2003-2005), no hubo discoloración en el agua, pero se evidenció el cambio de color rojo en la muestra (arrastre superficial) después de pocos minutos y sin preservarla (Foto 4).



Foto 4. Frasco con muestra de fitoplancton (red de 55u) recién coletada en el canal Santa Rosa, donde muestra el color rojo que constrata con el color del agua del estuario, causada por el bloom de *Ceratium dens*.

### 2.1.3. Duración de las MR

A pesar que el ciclo de vida es muy corto, los “blooms” pueden mantenerse desde pocos días a algunos meses, si las condiciones ambientales persisten. Suárez y Guzmán (2005), mencionan que la estrategia reproductiva de los dinoflagelados, incluyendo a las especies tóxicas, es reproducirse dos veces en 24 horas hasta una vez cada cinco días, lo que permite que de unas pocas células en el medio natural lleguen a producir una floración masiva al cabo de pocos días, estimulados por los factores ambientales y nutricionales.

### 2.1.4. Tipos de Dispersión de los eventos de MR.

Son eventos que se presentan en forma global, en donde la evidencia señala que su naturaleza y extensión han estado incrementándose durante las últimas

décadas, encontrándose aún en debate las posibles explicaciones para este tipo de esparcimiento, los mismos que varían desde mecanismos naturales hasta la dispersión de especies gracias a ciertas actividades humanas. Los plásticos flotantes en el mar son potenciales vectores de dispersión de especies formadoras de proliferaciones algales nocivas (Masó et al, 2003).

### **2.1.5. Cambio Climático y su posible relación con los eventos de MR**

La NOAA tiene programas de investigación a largo plazo relacionados a las mareas rojas (HABHRCA, ECOHAB, MERHAB, HABHRCA), los mismos que han visualizado los efectos del cambio climático con el incremento de los “blooms” algales. La intensidad de precipitación (relacionada a El Niño), incrementa las escorrentías y flujos de los ríos a las zonas costeras, lo que conlleva el alto contenido de nutrientes. La alteración en los patrones vientos, también alteran la circulación de corrientes costeras, lo cual se relaciona con la entrada de nutrientes desde aguas afloradas, generando cambios en los frentes de masas de aguas y en la distribución de especies nocivas. Los estudios de cambio climático global, necesitan considerar los posibles impactos de MR (Hallegraeff, 2004). En el Instituto de Investigaciones Marinas del Golfo de México, relacionaron el impacto del cambio climático con la incidencia de MR y la extracción del cultivo del mejillón, con la dirección e intensidad del viento con el tiempo de renovación en aguas interiores y aumento del periodo de MR.

### **2.1.6. Dónde ocurren las MR y cuál es su frecuencia?**

Las microalgas planctónicas ocurren tanto en agua salada como en agua dulce, la mayoría tiene habitat en los primeros metros de agua (<5m); otras algas habitan en el sedimento de fondos someros se denominan bentónicas (Fogg, 2002) y sobre otros organismos (microalgas y arrecifes de coral) se designan epifitas o epizoicas. Se encuentran en estuarios, bahías o áreas costeras semi-encerradas donde no exista mucha corriente. Su ocurrencia es aperiódica e impredecible, aunque en algunos sectores se presentan con cierta periodicidad y en otros en forma

ocasional. Se relacionan cuando aparece aguas superficiales estratificadas sobre aguas más frías y ricas en nutrientes como consecuencia del calentamiento o por desplazamientos de agua dulce (FAO, 2005). Las floraciones de las cianobacterias son más abundantes en los ecosistemas acuáticos continentales que en estuarios y ecosistemas marino costeros.

### 2.1.7. Mecanismos o factores que promueven la ocurrencia

Los mecanismos naturales que se han reportado son de dos tipos: a) incremento del crecimiento algal favorecido por la oferta de nutrientes, luz temperatura y salinidad; b) Factores físicos, con vientos suaves o ausentes, lluvias, estratificación de la columna de agua presencia de frentes entre zonas de surgencia y zonas pasivas (Suárez y Guzmán, 2005; FAO, 2005), lo que se explica en la figura 3.

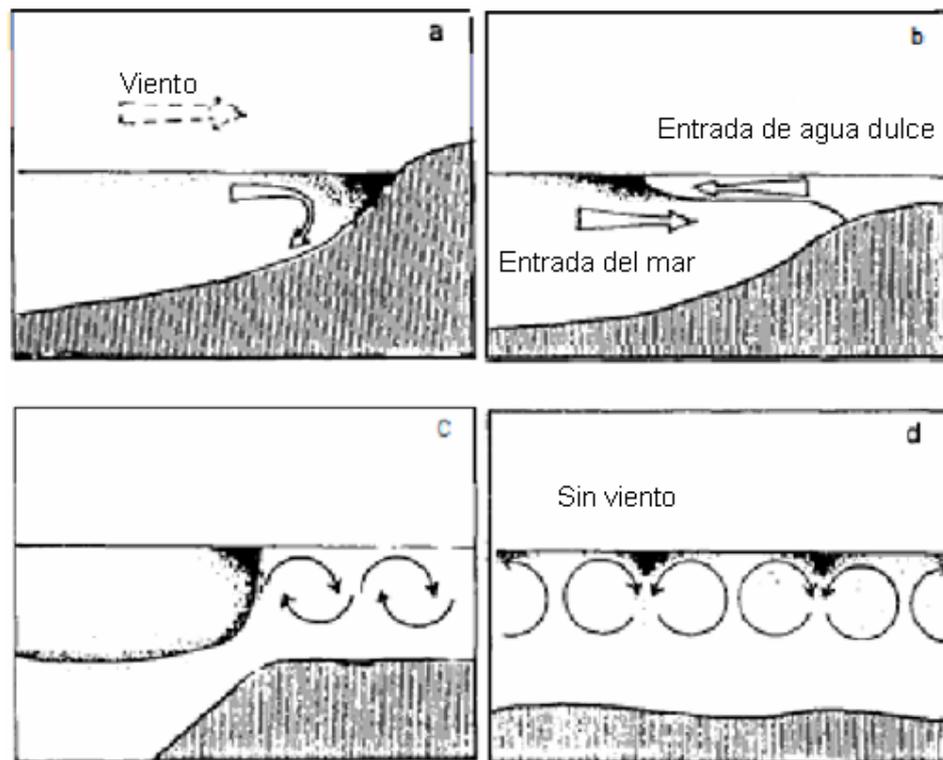


Figura 3. Escenarios que ilustran como las algas pueden acumularse debido a los procesos físicos y biológicos; vientos inducen hundimientos de aguas afloradas hacia la costa (a); afloramiento costero causado por a entrada de agua dulce (b); bloom algal en el frente debido aguas aflorados con altos nutrientes (c); acumulación local de las algas en las líneas de convergencia inducidas por el viento (modificada y traducida desde Andersen, 1996).

La combinación de mezcla de nutrientes advectados y los afloramientos, también pueden promover “blooms” de dinoflagelados y diatomeas (Ochoa et al., 2003). La MR como un fenómeno natural puede ocurrir ocasionalmente en áreas de afloramiento y en estuarios donde la combinación de nutrientes y condiciones físicas pueden incrementar el crecimiento algal (Fig. 2). Con relación a la salinidad, bajas concentraciones estimulan el desarrollo de MR, pero en otras veces la alta salinidad inducen la floración (FAO, 2005). Las situaciones ambientales que influyen en la aparición de MR se esquematizan en la figura 4.

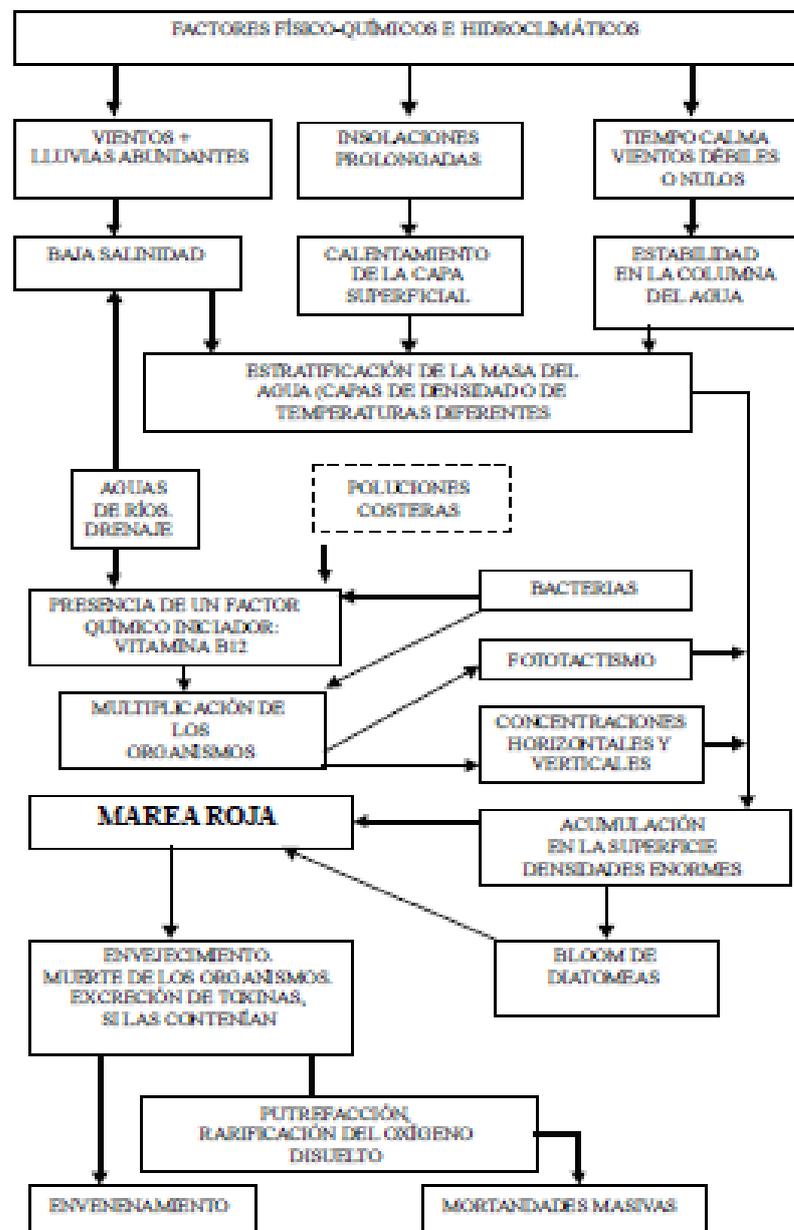


Figura 4. Situaciones ambientales que influyen en la aparición de la MR (Polanco, 1984)

Las microalgas que causan las MR son del tipo de cianobacterias, diatomeas, dinoflagelados, silicoflagelados, primnesiofitas y rafidofitas; siendo los dinoflagelados el mayor causante de MR, debido a que tiene un ciclo vital con formación de quistes que permanecen en el sedimento (Fig. 5), mecanismos implicados en la recurrencia y en la expansión geográfica de especies de dinoflagelados que han causado eventos nocivos (Matsuoka y Fukuyo, 2000; Figueroa, 2006), fenómenos que requieren de estudios multidisciplinares, desde la biología molecular y celular a grandes investigaciones a escala satelital desde el espacio (Anderson, 2007).

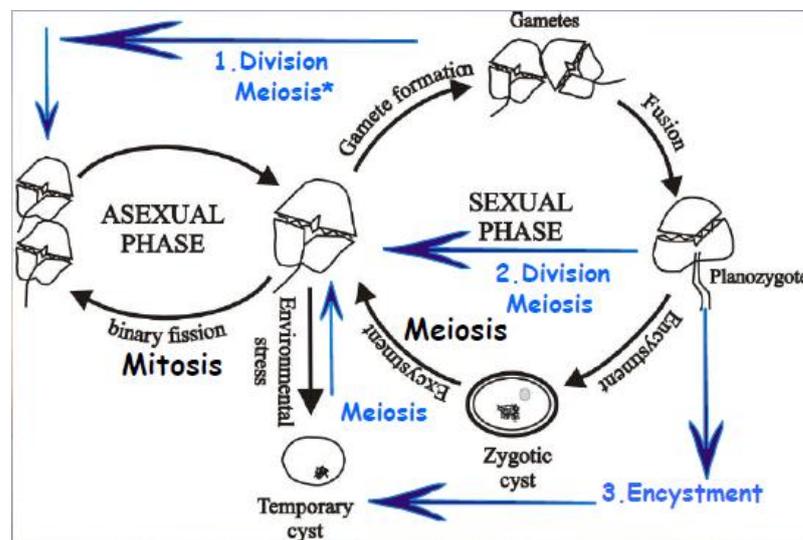


Figura 5. Generalidad del ciclo de vida de dinoflagelados (Figueroa, 2006).

El aumento de frecuencias en la dispersión de especies a través de las corrientes, tormentas u otros mecanismos naturales; incremento en las operaciones acuícolas, nutrientes enriquecidos por actividades humanas, transporte y dispersión de especies FAN vía agua de lastre y mayor actividades de monitoreo han registrado nuevas especies. La fuerza energética de aguas costeras puede causar completa homogenización en la columna de agua, esta mezcla puede ser un factor importante para la iniciación de MR desde poblaciones de fitoplancton más profundas o desde quistes bentónicos (Franks y Keafer, 2004).

Reguera (2002), menciona que los frentes marinos, las células de Langmuir y otras zonas de convergencias constituyen lugares óptimos para la acumulación de

organismos planctónicos que de esta forma originan manchas y franjas que colorean el mar, como las causadas por *Prorocentrum micans*, *Noctiluca sp.* y el ciliado *M.rubrum*, observadas en la región de afloramiento de Perú y norte de Chile.

En el evento El Niño 1997-1998 en la bahía Ambom de Indonesia (Sudbutar et al., 2000), mencionaron que el fitoplancton se incrementó debido a las condiciones climáticas extremas (> lluvias) con un “bloom” de *Chaetoceros* causando una discoloración amarillenta (junio 1997) y otro por *Alexandrium affine* (noviembre 1997), se registraron sin causar daños al ambiente ni a la salud humana. La posible asociación con el fenómeno El Niño<sup>1</sup>, es su influencia en las condiciones hidrológicas, temperatura del aire extrema, sin lluvias, incendios forestales y alta salinidad (entre septiembre a inicios de noviembre), adicionalmente la ocurrencia local de dos flujos de afloramiento los cuales permitieron el enriquecimiento de sus aguas (Agosto) lo cual favoreció la alta densidad algal de *Chaetoceros* y posiblemente su influencia con el causado por *Alexandrium*. Hallegraeff (1995), mencionó que fue evidente la ocurrencia de MR en las costas de Centroamérica precedido por El Niño 1983-1984.

#### **2.1.8. Factores que promueven la desaparición de la MR**

Entre los principales factores ambientales que determinan la brusca desaparición podría responder principalmente al agotamiento de nutrientes, disminución de oxígeno disuelto, depredación, sedimentación, cambios meteorológicos rápidos en la velocidad de vientos y corrientes, cambios en los mecanismos biológicos como enquistamiento y procesos sexuales (Garcés et al., 1999). La fuerte mezcla en aguas costeras puede terminar el “bloom” por interrupción del fitoplancton superficial (Franks y Keafer, 2004).

---

<sup>1</sup>El Niño es un evento océano atmosférico, que se relaciona con la secuencia de los cambios físicos en el Pacífico; durante el evento la termoclina es profundizada de manera que el afloramiento costero aporta menos nutrientes; para entender como El Niño afecta la biota se debería entender porque el océano de la costa oeste de Sudamérica es normalmente fértil (Barber et al., 1985).

### 2.1.9. Mecanismos de dispersión de la MR

Entre los mecanismos físicos, una característica del “bloom” algal es su relación con masas de aguas, entre los más importantes son las plumas de sedimentos (desembocadura de ríos), vientos, corrientes (paralelas y perpendicular), mareas (su fuerza depende del ciclo lunar) y topografía (Franks y Keafer, 2004). El mecanismo de dispersión de especies, dependen de la variabilidad del patrón de cambios climáticos y cambios de las condiciones ambientales, que promueven la dispersión de especies a través de corrientes, tormentas y del transporte de agua de lastre de los buques.

Hay evidencias de que el agua de lastre transfiere muchos organismos marinos<sup>1</sup> siendo los buques (de comercio y petroleros) el principal vector en la dispersión del especies fitoplanctónicas no nativas (Hallegraeff, 2004). La Organización Marítima Internacional (OMI), ha preparado la Convención Internacional para el Control y Manejo de Agua de Lastre y Sedimentos de los buques (IMO, 2009), ha propuesto directrices para su evaluación en zonas portuarias, el cual requiere cooperación regional para el monitoreo de especies HAB que son potencialmente propagadas a grandes distancias por los buques, por moluscos vivos (acuicultura) y efectos de eutrofización que cruzan los límites territoriales (Anderson, 2007).

Durante las últimas décadas, los eventos de MR a nivel mundial han presentado una tendencia a incrementarse, tanto por causas naturales como antropogénicas (principalmente en zonas costeras de usos acuícolas y urbanas), así como el incremento en el conocimiento científico, de la poblacional humana y en la evaluación de sus impactos económicos también han incrementado en frecuencia intensidad y distribución geográfica (Hallegraeff, 2004).

---

<sup>1</sup>Organismos marinos: bacterias patógenas, algas microscópicas, macroalgas, peces, estadios larvarios de crustáceos, poliquetos, estrellas de mar y moluscos, entre otros como el biofouling,

#### **2.1.10. Predicción de eventos de MR**

No existe un método científico de predecir la aparición de estas mareas, pero existe una red mundial de observación para el reporte y estudio de las mismas con la finalidad de poder determinar las causas por las que se producen y poder elaborar a futuro un modelo científico para pronosticarlas, creándose el programa Internacional sobre la Ecología y Oceanografía Global sobre las Algas Nocivas “GEOHAB” de la COI-UNESCO, que abarca aspectos científicos como educativos iniciados desde 1992; las actividades operacionales incluyen iniciativas hacia la mejora de los sistemas de protección, monitoreo, salud pública y seguridad alimentaria (Enevoldsen y Aguilera, 2002). El Sistema Global de Observación de los Océanos “GOOS”, es un sistema integrado y continuo entre el monitoreo, adelanto tecnológico y formulación de modelos de predicción que necesitan conocer los estados pasados (retropectivos), actuales y futuros (prospectiva) principalmente en ecosistemas marino costeros y estuarios; lo que exige de mecanismos gubernamentales establezcan mecanismos de observación permanente (Investigación+Operatividad) dependientes de la necesidad de los usuarios, que permitan detectar y predecir con rapidez los fenómenos costeros (UNESCO, 2004).

#### **2.1.11. Organismos marinos que representan riesgos a la salud pública**

El riesgo de intoxicación de los seres humanos, por la ingesta de mariscos (principalmente por moluscos bivalvos y peces herbívoros) que han acumulado sustancias nocivas desde las microalgas en sus tejidos (Suárez y Guzmán, 2005). La alimentación de moluscos es por filtración de microalgas (Fig. 6) y acumulan más toxinas que otros invertebrados y peces (Andersen, 1996), por este motivo son considerados como especies centinelas para el monitoreo de toxinas algales (Reguera 2002). Otros moluscos (calamares, pulpos), peces y crustáceos (langosta, langostinos, camarones, cangrejos) pueden consumirse con menor riesgo de contraer intoxicaciones (Cortes y Altamirano, 1998); así mismo es muy importante no consumir ningún animal muerto que arroje el mar durante un evento de MR.

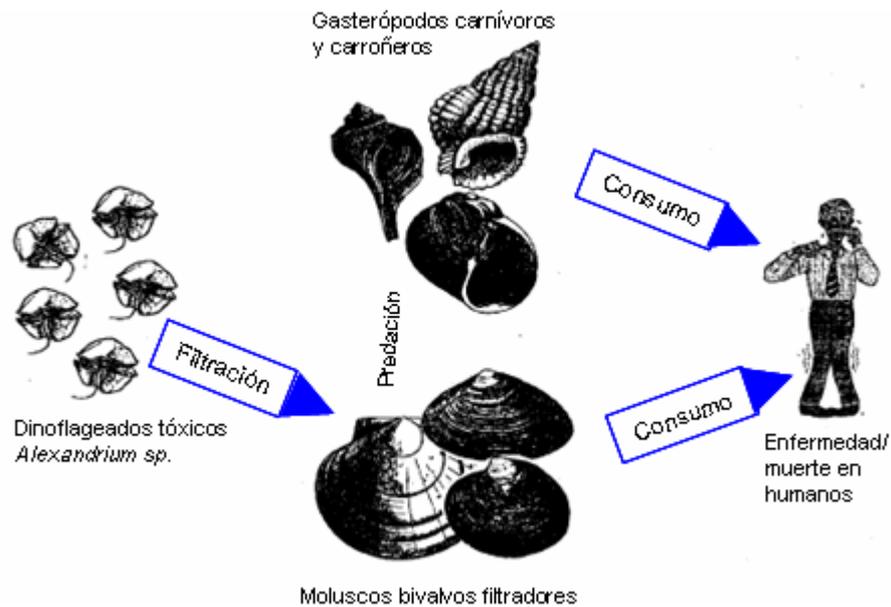


Figura 6. Transferencia de intoxicaciones a humanos por consumo por consumo de Moluscos gasterópodos y bivalvos (Modificado y traducido desde Shumway et al., 1995).

Los moluscos no se alteran en su color, sabor, olor, o aspecto, no se enferman ni mueren, y no existe señal visible que permita identificar cuáles están infectados y cuáles no; Cortes-Lara (2005), menciona que no hay manera de que un pescador, comerciante o cocinero identifique un pez intoxicado con ciguatera. El calor no elimina la toxina (de manera que la cocción no brinda ninguna seguridad), como tampoco el agregado de limón, vinagre o alcohol, por el contrario, favorecen la absorción de la toxina. Es importante tener en cuenta que la intoxicación sólo se produce al ingerir los moluscos y no por tocarlos. Tampoco es peligroso beber accidentalmente agua de mar. Los peces también puede acumular toxinas directamente (peces planctívoros), o por bioacumulación a través de la cadena trófica, lo que hace su consumo particularmente peligroso. El tocar almejas y mejillones, con fines de juego o estudio, o al ingerir accidentalmente agua de mar que contenga toxinas no presentan riesgos a las personas.

Las toxinas de microalgas son moléculas pequeñas, algunas son solubles en agua (VPM), en aceites y solventes orgánicos (VDM) y se encuentran en muy bajas concentraciones, lo cual precisa de métodos analíticos cuantitativos específicos para

cada tipo de toxina y que sean validados internacionalmente (AOAC, 1990). El método de bioensayos de ratón ha demostrado ser confiable y rápido (VDM y VPM) y se aplica a los moluscos que entran a los países de la Comunidad Europea. El método por cromatografía líquida es de mayor resolución pero requiere de mayor tiempo (HPLC) para VDM, VPM, VAM y VNM. Los tipos de venenos VPM y VDM son los que presentan mayor riesgo por su distribución a nivel mundial; las VAM y VNM tienen ocurrencias geográficas restringidas y la CFP esta localizada en peces (Fig. 7) de aguas tropicales (Andersen, 1996), son producidas por dinoflagelados epibénticos (fondos someros) ligados a comunidades de arrecifes de coral, es transferida a través de la cadena alimenticia de peces herbívoros a grandes peces carnívoros (Cortes-Altamirano, 1998). Todas las biotoxinas son sintetizadas por algas denominadas dinoflagelados, con excepción del VAM que son producidos por diatomeas (Anderson, 2007). En la **Tabla 1** se presentan algunos organismos vectores de toxinas, los síntomas y algunos tratamientos.

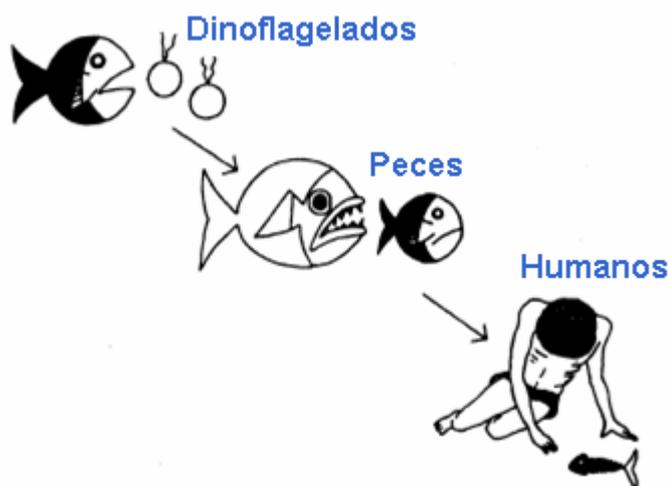


Figura 7. Transferencia de toxinas (CFP) desde dinoflagelados vía consumo de peces tropicales (tomado desde Hallegraeff, 2002)

Las toxinas se clasifican según su acción patógena: diarreicas (VDN), paralizantes (VPM), ciguateras (CFP), amnésicas (VAM), neurotóxicas diversas (VNM). En las toxinas del fitoplancton se han efectuado categorías de acuerdo al daño del tejido celular y de la toxina identificada (Anderson et al., 2001):

1. Ictiotóxica = Término general para toxinas que matan a peces.
2. Neurotóxica = Existe interferencia con el sistema nervioso.
3. Hepatotóxicas = Daños que se acumulan en el hígado
4. Hemolítica = Destruye los glóbulos rojos
5. Citotóxica = Se encuentra principalmente en membranas biológicas

Además, existen otras toxinas procedentes de microalgas para las cuales no se han definido síndromes específicos, como ciertas hepatotoxinas (nodularinas) y neurotoxinas (anatoxinas) producidas por determinadas especies de cianobacterias, cuya aparición y proliferación no está únicamente restringida a aguas dulces y cuya presencia en ambientes marinos, han derivado en la contaminación de moluscos.

Un gran número de enfermedades humanas son causadas por ingerir mariscos contaminados con toxinas algales, que pueden acumularse y concentrarse en organismos superiores por la exposición a las algas marinas tóxicas (aerosoles conteniendo toxinas que afectan a la piel y al aparato respiratorio) y por consumo de mariscos contaminados con toxinas (principalmente moluscos) como VAM, VDN, VNM, VPM (Backer et al., 2004). Todas estas toxinas son metabolitos que están presentes en el interior de las microalgas y no son eliminadas al exterior, toxinas que tienen efectos dañinos sobre los demás organismos, acumulables por los organismos transvectores, rápidamente absorbibles por el tracto digestivo del humano e intervienen en algunos procesos fisiológicos de los mamíferos.

#### **2.1.12. Impactos a las pesquerías (mortalidad de especies acuáticas)**

Algunos dinoflagelados son productores de poderosas toxinas (Balech, 2002), su floración algal pueden causar impactos en todos los compartimientos tróficos de la red alimenticia, alterando la estructura y funcionamiento del ecosistema marino, afectando la fecundidad, algunos causan mortalidad de peces, mientras que los “blooms” no tóxicos por efecto de alta biomasa puede sofocar a los peces por el taponamiento o irritación de branquias y ellos no tienen suficiente oxígeno provocando su mortalidad (Anderson et al., 1998). El modelo conceptual

ilustra la ruta de cómo las toxinas pueden impactar muchos compartimientos tróficos en la columna de agua y en el sedimento (Fig. 8).

Las toxinas (dinoflagelados) y patologías se ubican en dos grupos: las ictiotoxinas que ejercen su acción nociva hacia peces e invertebrados (animales poiquiloterms) y las que causan trastornos y muertes (animales homeoterms). Se han evidenciado toxinas en las vísceras de anchovetas (*Engraulis anchoita*) lo que sugiere que la transferencia de toxinas es directa desde *Alexandrium tamarense*, o por medio de vectores biológicos (copépodos y cladóceros) encontrados en su contenido estomacal (Montoya et al., 1997), o por copépodos y salpas que transfieren toxinas con niveles subletales en las vísceras de pequeños peces pelágicos como caballas y anchoitas, ocasionando mortandades de aves marinas (Fig. 9).

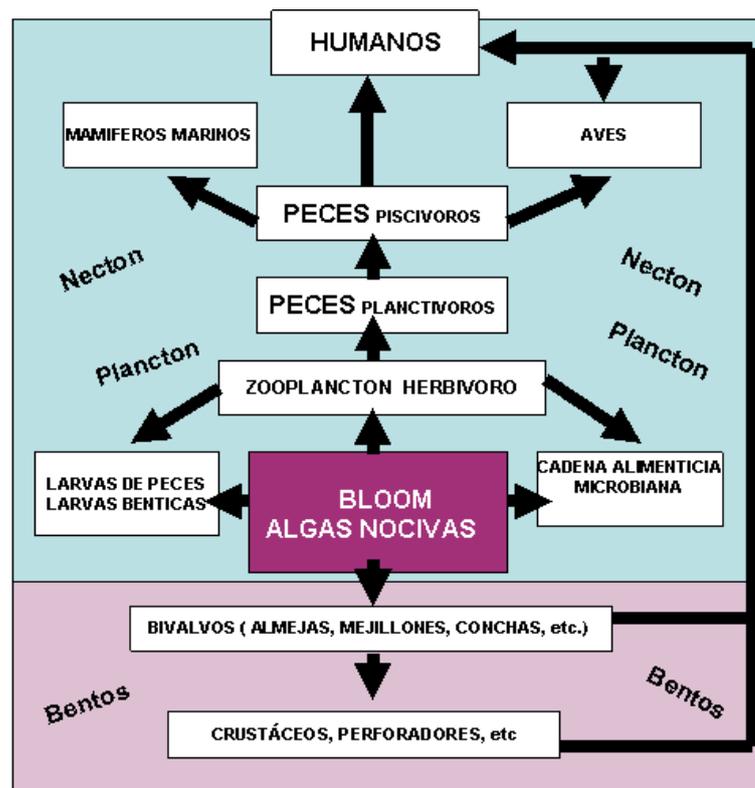


Figura 8. Modelo conceptual del impacto del bloom de algas nocivas entre los enlaces tróficos y sus ecosistemas del plancton y bentos (Modificado de Smayda 1992).

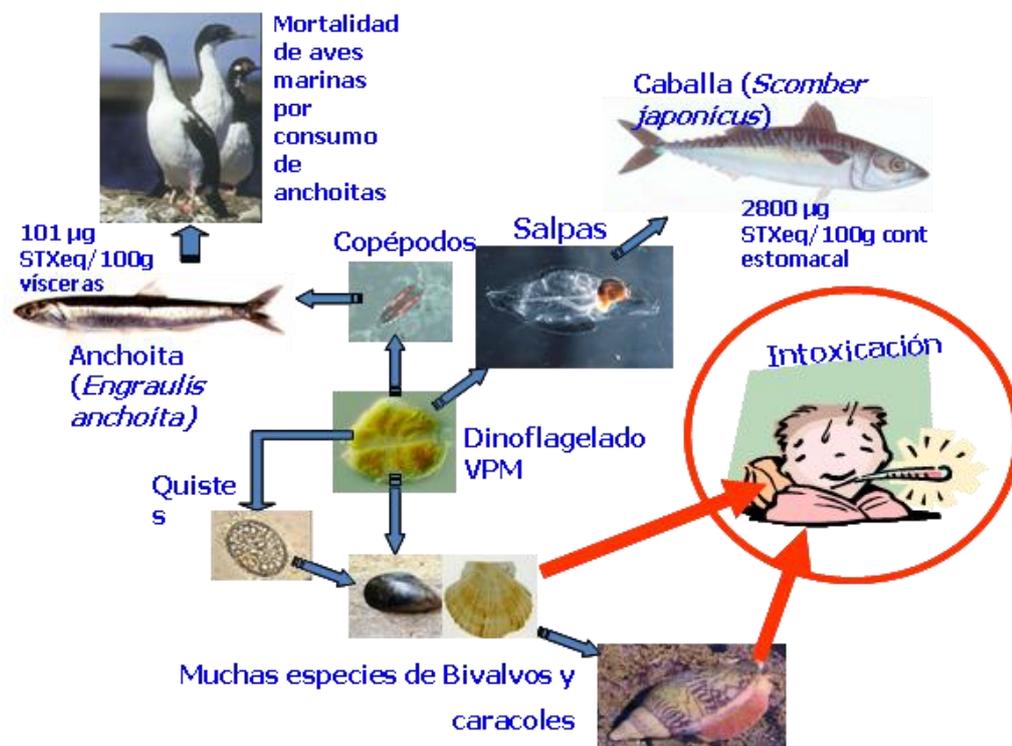


Figura 9. Transferencia de toxinas algales en la trama trófica (zooplankton y peces) relacionada con la mortandad de aves ocurrida en noviembre de 2006 en la región patagónica de Chubut (modificada desde Carreto, 2008).

Además del efecto nocivo como taponamiento de branquias, anoxia y exceso de metabolitos externos producidos por la putrefacción del exceso de algas en la fase decadente (Balech, 2002). Los peces adultos, juveniles y estadios larvales pueden experimentar mortalidades por las toxinas algales, cuyos impactos crónicos pueden afectar la estructura y función del ecosistema (Anderson, 2007).

En la clase Raphidophyceae se han identificado cerca de 20 especies siendo la mayoría nocivas para peces, ya que dañan el epitelio de sus branquias produciéndoles la muerte. Se han reportado episodios que han provocado inmensas pérdidas económicas en Japón, en Sudamérica y otras partes del mundo (Moestrup, 2002). En Ecuador, se han registrado dos eventos causados por *Chattonella*, en enero de 1990 en el canal Jambelí (Jiménez, 1996) y en enero de 2007 en el río Guayas (Torres en prensa), pero sus impactos no han sido cuantificados.

Los camarones son perjudicados por estas algas (solamente en grandes cantidades); pueden causar branquias negras (o enteritis hemolítica), obstrucción en los sistemas de filtración o respiración y agotamiento de oxígeno en las noches. Algunas especies de algas pueden producir sustancias nocivas que perjudican a los organismos marinos. La exposición crónica a las toxinas, puede provocar en los organismos cultivados efectos letales o sub-letales, conduciendo a anomalías en los hábitos alimenticios, comportamientos extraños, disfunciones fisiológicas, reducción de tallas, crecimiento y reproducción, efectos patológicos y mortalidad.

### 2.1.13. Impactos en el sector turístico

Las MR son consideradas como muy nocivas en zonas turísticas y pueden crear alarma social innecesaria de las autoridades sanitarias y los consumidores de mariscos si no están bien informados (Reguera, 2002). Entre los impactos evidenciados están la pérdida de paisaje y transparencia de las playas (Foto 5), con producción de espuma y/o mucílago en la zona de oleaje, presencia de peces muertos y mal olor. En centros recreacionales acuáticos, en ocasiones se produce picazón a la piel, ardor en los ojos de los turistas. Al entrar en contacto con “blooms” de *Microcystis aeruginosa* las personas pueden tener irritaciones en la piel, molestias gastrointestinales al ingerir el agua.

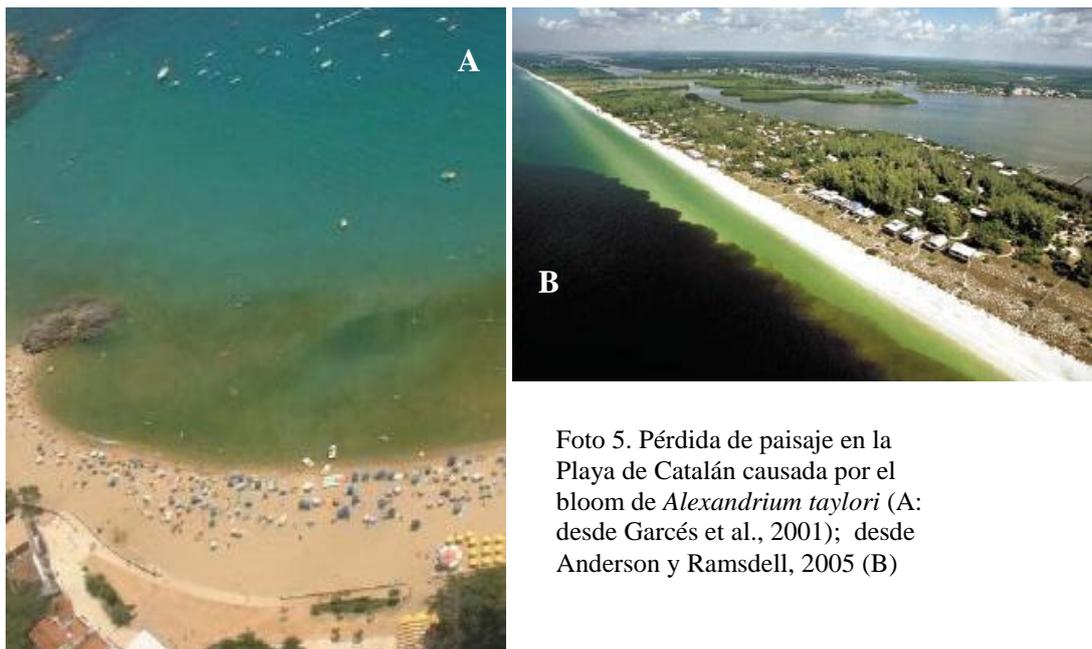


Foto 5. Pérdida de paisaje en la Playa de Catalán causada por el bloom de *Alexandrium taylori* (A: desde Garcés et al., 2001); desde Anderson y Ramsdell, 2005 (B)

#### **2.1.14. Impactos en la calidad de agua dulce**

En ambientes de aguas dulces son las algas azules o cianofíceas, las verdes o clorofíceas, flageladas y diatomeas las que producen diferentes coloraciones. Algunos países han permanecido reactivos (no preventivos) sobre el tema de toxinas cianobacterianas (algas verde-azuladas), son fenómenos naturales, normales y frecuentes, los cuales hoy día se ven incrementados por la fertilización excesiva de muchos cuerpos de agua dulce por la actividad humana (Roset et al., 2001). Las principales consecuencias son: disminución de las concentraciones de oxígeno, haciendo insostenible la vida de algunos peces y moluscos y algunas afectaciones a la salud. Aproximadamente 60% de los “blooms” algales causados por cianobacterias son tóxicos y son un riesgo para la salud en el agua potable (Falconer, 1997) y aguas destinadas a la recreación. Actualmente, se están desarrollando guías preventivas y de control para cianobacterias tóxicas en aguas recreacionales y/o para el agua potable. La Organización Mundial de la Salud (OMS) ha publicado una guía provisional para la microcistina-LR en el agua potable dentro del proceso de revisión de las “Guidelines on Drinking-Water Quality”.

#### **2.1.15. Tratamientos para la intoxicación algal**

En la literatura revisada no existen antídotos, los enfermos tienen que ser asistidos lo más rápidamente posible en centros adecuados donde se pueda mantener la función respiratoria hasta que la toxina se metabolice por completo, lo que ocurre alrededor de 12 horas después de la ingesta. Una vez pasado esto, la recuperación es espontánea. Por todo esto, es fundamental buscar un centro hospitalario apenas se sienten los primeros síntomas de hormigueo en boca, cara o dedos. La única forma de prevención es evitar ingerir moluscos bivalvos en presencia de marea roja tóxicas. Desde el punto de vista de la Salud Pública, la sintomatología de la intoxicación y los medios de transmisión, se han definido tipos de síndromes o envenenamientos asociados a las toxinas (por su importancia y nivel de investigación se agrega los nombres en español e inglés, Tabla 2).

### **2.1.16. Identificación de Intoxicaciones**

Para confirmar el tipo de toxina algal que causó la intoxicación, se detecta aplicando un método estándar, internacionalmente aceptado y recomendado como es el bioensayo del ratón de la AOAC; da información rápida y el valor agregado para la toma de decisiones de control sanitario y protección a consumidores de mariscos. En el caso de Ecuador, es baja la incidencia reportada de este tipo de intoxicación, la mayoría de los casos no se logra diagnosticar como tal, debido a que este envenenamiento es poco conocido por los médicos y por la comunidad. Siendo necesaria una adecuada educación médica y ambiental a nivel Nacional.

### **2.1.17. Listado de especies nocivas**

Entre los grupos que forman las floraciones algales nocivas se destacan principalmente los dinoflagelados, las diatomeas y las cianobacterias. En la Tabla 2 se mencionan algunas especies de fitoplancton que han formado MR y en el **anexo 3** se han seleccionado fotos de especies que forman mareas rojas distribuidas para el océano Pacífico Oeste. El desarrollo de información en diversos sitios webs sobre bases de datos es considerado como uno de los mecanismos importantes en la comunidad científica, disponen de base de datos (Panov y Gollasch, 2004), son ayudas metodológicas taxonómicas, programas de vigilancia y prevención (ver bibliografía-webs).

### **2.1.18. Plan de contingencias ambientales para mareas rojas**

En Estados Unidos y Canada se ha implementado el programa ECOHAB y los países de la Comunidad Europea tienen el Programa EUROHAB. Ambos programas están trabajando en conjunto para conocer la ecología y las causas que dan origen del “bloom” y su nivel de toxicidad (CE, 2002). En la actualidad algunos países Sudamericanos (Argentina, Chile, Uruguay y Perú) contienen Programas de Monitoreo de fitoplancton tóxico, tipo de toxinas y calidad en moluscos bivalvos, incluso aplicación de vedas de captura de mouscos y peces por

motivo de la presencia de MR. En el caso de México, en el plan de contingencia participan instituciones relacionadas al medio ambiente, recursos pesqueros y salud. Las Autoridades de Pesca, Ambiente y la Marítima del Ecuador, deberían acoger estos ejemplos en preparar programas de monitoreo del fitoplancton nocivo en conjunto con el sector industrial camaronero, larvicultor y los institutos de investigación (INOCAR, INP, CENAIM), e implementar programas de contingencia inter-institucional cuando se presente la MR y proponer escenarios futuros en prevención de Riesgos Sanitarios.

#### **2.1.19 Instituciones Científicas en Ecuador**

En Ecuador existen dos institutos de Investigación, el Instituto Nacional de Pesca (desde 1966-actual) y el Instituto Oceanográfico de la Armada (desde 1972-actual), que realizan proyectos de investigaciones tanto en pesquerías, oceanografía y estudios ambientales, en las que se incluyen estudios de fitoplancton y se han ejecutado algunos muestreos relacionados a mareas rojas. Otras instituciones que se relacionan con la actividad acuícola son el CENAIM, CEMA y la Facultad de Ciencias Naturales de la Universidad de Guayaquil.

#### **2.1.20. Principales recursos acuícolas en Ecuador**

En el Golfo, es donde se desarrolla más del 70 % de la actividad pesquera y camaronera. La producción acuícola es principalmente camaronera (Jiménez, 1996b), la misma que ha registrado algunas enfermedades del camarón como cabeza amarilla y mancha blanca, causando pérdida en su producción (Subsecretaria de Acuicultura, julio 2009). Algunos camaroneros prefirieron cambiar hacia la piscicultura de la tilapia (Redmayne, 2001) e ir mejorando las tecnologías de manejo y producción acuícola. A nivel mundial, los eventos de MR han afectado extensas zonas de producción acuícola de moluscos principalmente a moluscos bivalvos. En el país los bivalvos de importancia comercial (*Anadara tuberculosa* y *A. similis*) se encuentran de forma natural en el norte (San Lorenzo) y sur del país (no existe cultivos); su mayor comercialización se lo hace desde mayo a

diciembre al norte, mientras que al sur se efectúa desde abril a diciembre (Mora y Moreno, 2009; Mora et al., 2009). Las principales especies de moluscos comerciales reportadas, 17 corresponden a moluscos bivalvos y son explotadas de forma artesanal o se extraen como pesca acompañante a la pesca industrial arrastrera del camarón (Mora, 1989).

Generalmente las actividades agrícolas y uso de fertilizantes nitrogenados en tierra, están asociadas a los efectos de mayor intensidad de lluvias (El Niño), generando escorrentías que han causado el incremento de nutrientes en áreas costeras y estuarios (Ochoa et al., 2000). En estudios de Laboratorio se han evidenciado que algunas especies de dinoflagelados y cianobacterias, se incrementan con el enriquecimiento de urea, siendo un riesgo potencial a nivel global en áreas costeras para el desarrollo de MR e impactos por hipoxia (Glibert, 2008). Acogiendo estos efectos ambientales y sitios con mayor uso antrópico, los estuarios y algunas bahías semi-encerradas del Ecuador, serían los sitios que conllevan a incrementar el hábitat para la ocurrencia de las MR. En la nueva fase del PMRC incorpora a los Gobiernos Municipales del Ecuador como una herramienta para el desarrollo en armonía con el ambiente (Vásconez, 2006) y proveer un mejoramiento sanitario en el tratamiento de sus aguas en las provincias costeras (Lemay y Llaguno, 2008).

La propuesta del PMRC sobre la Macrozonificación a lo largo de la costa continental, ha considerado un desarrollo sustentable entre la economía y las funciones naturales de los ecosistemas, con la finalidad de amortiguar los efectos indeseables y proporciona su proyección realizada para el 2010 y al 2030 para cada provincia del Ecuador (Ochoa et al., 2000), documento que no ha considerado los efectos causados por el incremento de ocurrencias de mareas rojas, principalmente en el sector camaronero, estuarios y bahías.

### 3. MATERIALES Y METODOS

#### 3.1. Definición de la población

Para este estudio se define a la población en dos componentes:

- **Población 1:** se denominarán a todos los registros nacionales de mareas rojas (MR) en Ecuador, siendo la muestra los artículos científicos e informes no publicados nacionales e internacionales.
- **Población 2:** se relacionará con las especies que formaron eventos MR en Ecuador registrados en este estudio.

#### 3.2. Métodos de colección y análisis de muestras de agua de la MR

Los 52 documentos registrados en este estudio, no todos presentaron una metodología estandarizada como lo describe el manual de fitoplancton de la UNESCO (Hallegraeff et al., 2004; Karlson et al., 2010). Sin embargo, en la mayoría existe similitud de métodos de muestreo: a) muestras de agua colectadas con baldes y botellas Van Dorn (análisis cuantitativo cel/l) preservadas con Lugol (Hallegraeff, 2002) y observadas según la técnica de Utermohl (1958); b) muestras obtenidas con arrastres superficiales de redes cónicas de 55u, 63u y 75u (análisis cualitativo cel/m<sup>3</sup>) aplicando la técnica de UNESCO (Sournia 1978). La mayor parte de los registros de esta investigación correspondieron a muestras de agua (76 %), otras muestras fueron obtenidas con redes (19 %), y el resto solo existe el reporte de MR (5 %) donde no menciona ninguna metodología.

Otros reportes fueron generados durante el proyecto de “Mareas rojas: Monitoreo e Información” desarrollado por el INOCAR (2003-2005), incluyendo los avisos desde pescadores que denunciaron estos eventos raros a las Capitanías de Puertos; en otros casos se efectuaron algunos muestreos con el apoyo del EDC (2004-2005), otros desde algunas comunicaciones desde biólogos del sector

camaronero enviaron muestras, así como los monitoreos solicitados desde la Subsecretaría de Recursos Pesqueros en el seguimiento de mareas rojas y mortalidad de peces, para dar solución a algunos conflictos pesqueros. A continuación se menciona la cooperación recibida:

- a) Avisos por pescadores a través de Capitanías de Puertos durante la MR.
- b) Avisos por técnicos (Autoridades Ambientales y camaroneros)
- c) Desde embarcaciones del INOCAR (Orión, Rigel y Farera)
- d) Logística de muestreo por el EDC.
- e) Avisos (Teléfono-fax) al Director de INOCAR
- f) Muestreo con personal del INOCAR.

En la reunión Interinstitucional en la Autoridad Portuaria de Puerto Bolívar en mayo 2003 sobre el problema de mortalidad de peces y MR, la suscrita coordinó con los pescadores artesanales de algunos sectores de Jambelí para que en casos de futuros eventos de MR se colecten muestras de agua superficial con discoloración (en botellas plásticas de medio litro cubiertas por fundas plásticas oscuras) y enviadas al INOCAR por intermedio de Capitanía de Puerto Bolívar, cuyos resultados formaron parte de los informes, publicaciones y difundidas en la web del INOCAR ([www.inocar.mil.ec](http://www.inocar.mil.ec)). Con esta actividad se inició al Proyecto de MR desarrollado por INOCAR.

Durante el muestreo en algunos sectores de Jambelí, se utilizó la botella Van Dorn para la colecta de agua y se realizaron arrastres superficiales con red de 55 µm por tres minutos (dependiente de la turbidez), se fijaron con solución de Lugol (Utermohl, 1958) y las obtenidas en redes con formol al 2%. Las muestras provenientes de mareas rojas, la mitad se fijo en lugol y la otra se observó directo en vivo en un microscopio a fin de identificar la especie que causó la MR y las especies acompañantes. La fijada con Lugol, se agitaron y sedimentaron en cámaras cilíndricas de 25 ml (con tres diluciones de 3, 6, 12 ml de muestra en agua destilada), y se revisaron después de media hora para estimar cual volumen era más óptimo y se ponen a sedimentar 2 replicas más para ser analizadas en el

microscopio invertido después de 6 horas o al día siguiente. Para la identificación taxonómica se utilizaron los trabajos de Dodge (1982), Pesantes, (1983), Jiménez (1983), Balech (1988), Larsen y Moestrup (1989), Tomas (1997), Hallegraeff et al., (2004). En algunos casos se consultó los catálogos de especies que causan MR en webs especializadas y desde la revista News Lether HABs y a los especialistas de FANSA vía electrónica.

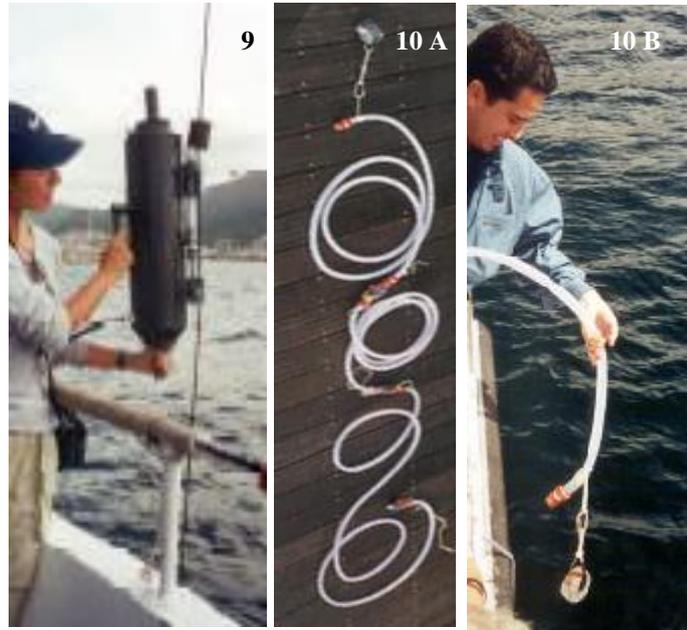
### 3.2.1. Breve descripción del método de muestreo para algas nocivas o MR

La metodología taxonómica estandarizada del manual de fitoplancton de la UNESCO (Hallegraeff et al., 2004; Karlson et al., 2010), menciona que las muestras se colectan mediante lances verticales de redes cónicas (Fotos 6 y 7) con malla entre 10 a 20  $\mu\text{m}$ , con botellas de cierre automático (Nisking o Vand Dorn) y con el método de manguera (Fotos 9 y 10), a una profundidad de 1, 5, 10 o 15m; en aguas muy someras se colecta con baldes (7 B); luego se fija con formol neutralizado y otra se deja en vivo, para ser observadas al microscopio. El diseño de red integrada (Foto 8 Ay B) para microalgas que serán cultivadas.



Fotos 6-7-8. Red pequeña cónica de 10  $\mu\text{m}$  (6), lance vertical (7A) y colecta con balde en red de 20  $\mu\text{m}$  (7B) y redes estratificadas de 100, 25 y 10  $\mu\text{m}$  (8A) y colectando muestras de dinoflagelados para cultivarlas (8B).

Los recuentos celulares y el análisis taxonómico se realizarán en un microscopio invertido en muestras sedimentadas en cámaras cilíndricas, siguiendo la técnica de Utermohl (1958) utilizando textos especializados disponibles.



Fotos 9 y 10. Botella de cierre automático Niskin y manguera integradas de 15m

### 3.3. Análisis de la Información

Los registros retrospectivos correspondieron a un periodo de 42 años comprendidos entre 1968 hasta el 2009. Los registros de eventos de MR (publicados y no publicados) y otras publicaciones regionales contienen fecha, especie causante, mortalidad, densidad celular y autor (Tabla 4).

Con los registros obtenidos, se prepararon cuatro mapas para el ploteo de la ocurrencia: mapa de Galápagos (Fig. 15), margen costero norte (Fig. 16), margen costero central (Fig. 17), margen costero del sur (Fig. 18), con la finalidad de identificar la región ecuatoriana con mayor impacto de ocurrencias de MR. El mapa base de este estudio (Datum WGS-84; Escala 490.000), corresponde al mapa de riesgos naturales por tsunamis del INOCAR (no publicado).

### 3.4. Procedimientos para la evaluación preventiva

Se realizó un análisis de las debilidades, amenazas, fortalezas y oportunidades de la situación actual del país (FODA), dada la complejidad de las causas que incrementan los eventos de mareas rojas se ha optado por efectuar una evaluación con los siguientes procedimientos:

<b>Fortalezas</b>	Capacidades, recursos, posiciones alcanzadas. Ventajas competitivas que deben y pueden servir para explorar oportunidades contra los efectos de las mareas rojas.
<b>Oportunidades</b>	Factores generados por el entorno que puedan suponer ventajas preventivas a futuros eventos de mareas rojas o representar una posibilidad para mejorar la calidad ambiental: provisiones en cuanto al crecimiento poblacional, nuevas normativas comunitarias a nivel nacional, problemas en otros sectores.
<b>Debilidades</b>	Aspectos que limitan o reducen la capacidad de desarrollar la gestión preventiva y constituyen una amenaza para el desarrollo de la misma: deben ser controladas y superadas.
<b>Amenazas</b>	Fuerzas de entorno que pueden impedir el desarrollar la gestión preventiva a los efectos de la marea roja, incrementando los riesgos y recursos que se requieran para su implementación: proyecciones hacia el sector pesquero y camaronero, así como el control efectivo del ambiente acuático, acceso a recursos financieros para la prevención o nueva reforma a la legislación ambiental costera.

En base a estos resultados se sustentó la necesidad de implementar una propuesta de medidas precautorias de control y vigilancia de mareas rojas, siguiendo las sugerencias de referencias bibliográficas especializadas (NOAA, 2001; Reguera, 2002, Fogg, 2002, Lee et al., 2003; Moreno y Chávez, 2005).

### 3.5. Área de estudio

El área de estudio sobre la ocurrencia de MR ha sido el margen costero y área insular oceánica del Ecuador (Fig. 10), subdivida en 5 provincias en el borde

continental del Pacífico Sudeste que bordea el territorio ecuatoriano (Esmeraldas, Manabí, Santa Elena, Guayas y El Oro) y en el área oceánica la Provincia de Galápagos. Esmeraldas ésta situada al norte del país con usos costeros acuícolas y borde costero esta formado por algunos estuarios. Manabí dispone de borde costero con frente oceánico con dos estuarios principales Chone y Cojimiés, su franja costera tiene alto uso pesquero, turismo y agrícola. El Oro, Guayas y Santa Elena, son las provincias con mayor uso costero en la actividad camaronera (83%), agrícola, naviera, mayor población humana y mayores aportes de tributarios (ríos), cuyo borde costero forma parte del Golfo de Guayaquil.

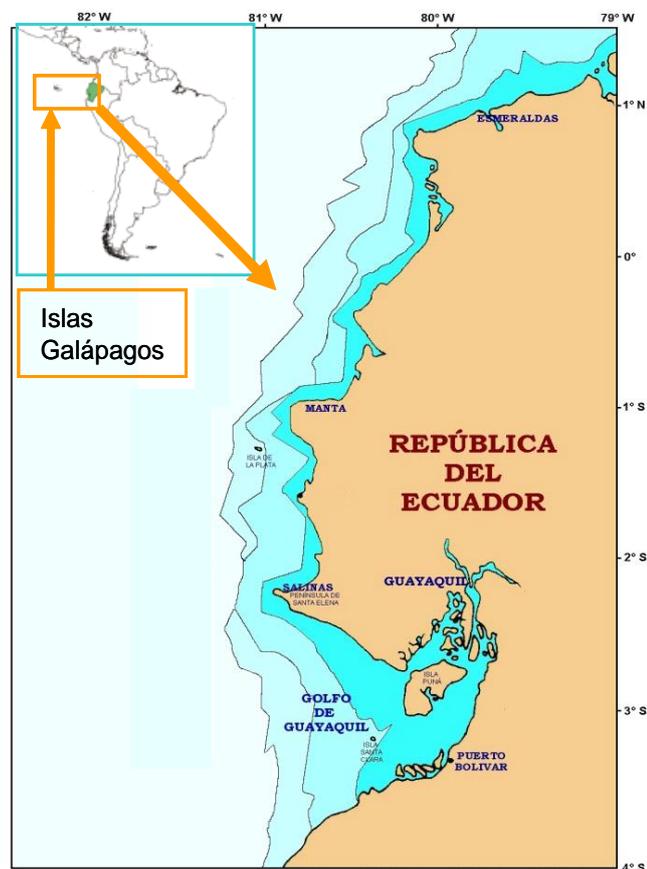


Figura 10. Área de estudio del margen costero del Ecuador.

Al norte limita con Colombia y al sur con Perú; mientras que en el área marina e insular de Galápagos limita al noreste con Costa Rica (Cajiao et al., 2006). El margen costero y región de Galápagos están influenciados por corrientes oceanográficas (Fig. 10) y por eventos El Niño y La Niña (Fig. 11).

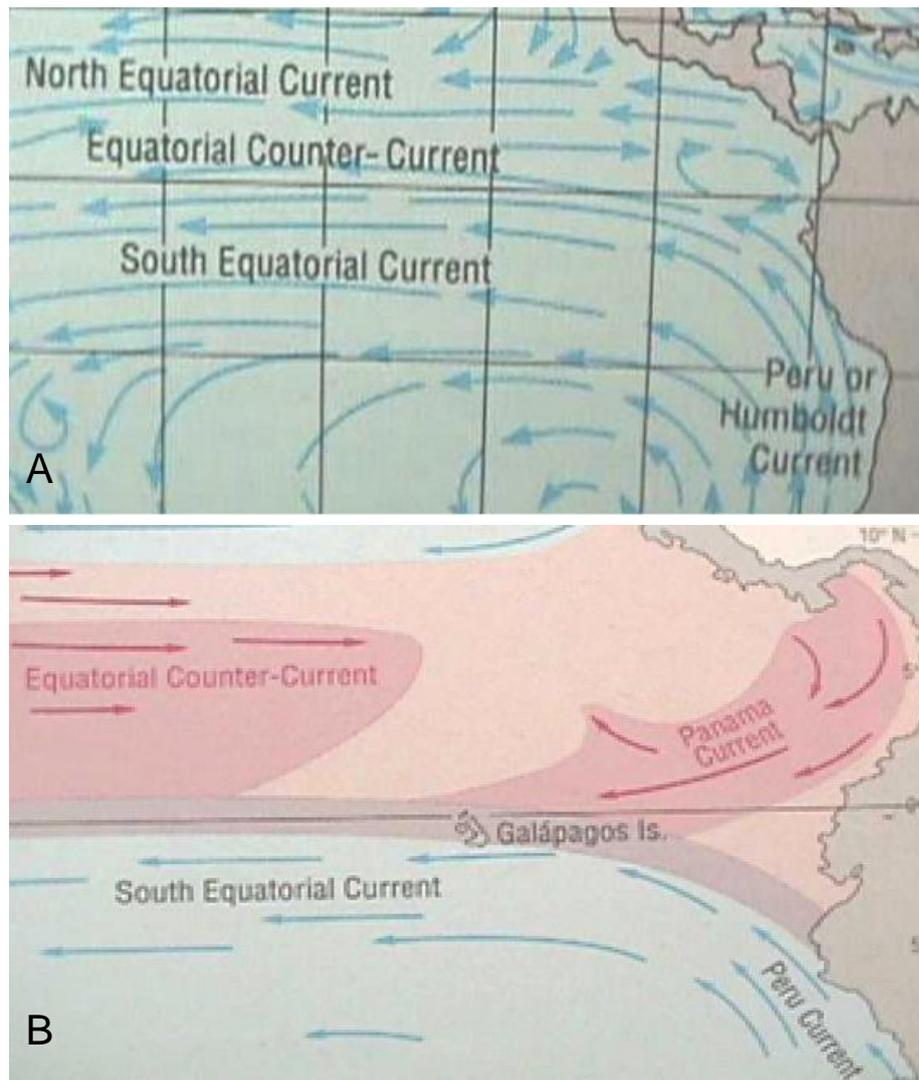


Figura 11. Distribución de las principales Corrientes marinas del Pacífico Ecuatorial (A). Corrientes durante el verano del Hemisferio Sur entre Diciembre a Marzo (B). Mapas tomados desde “The Oceanography Course Team” por Brown et al., (1991).

Frente a las costas de Ecuador, el océano Pacífico está caracterizado por una zona de transición tropical y subtropical; Entre estas dos masas de agua está situada el Frente Ecuatorial, el cual exhibe marcada variación estacional (Cucalón, 1989); Es afectado por el eventos oceánico-atmosférico cálidos como "El Niño" y eventos fríos como "La Niña" influenciada principalmente por los vientos del sur (Levitus, 2000; Zambrano, 1986). Hacia el norte, el agua tropical cálida (Fig. 11-A) y hacia el sur por aguas subtropical fría y salina de la Corriente de Humboldt (Fig. 11-B). Los más fuertes han sido registrados en los años 1982-84 y 1997-1999 según el

índice Oscilación del Sur conocido como ENOS realizados por la NOAA (Fig. 12-A); en los periodos que considerados entre La Niña y El Niño se registraron en 1976-77 y 2006-07 (Fig.12-B).

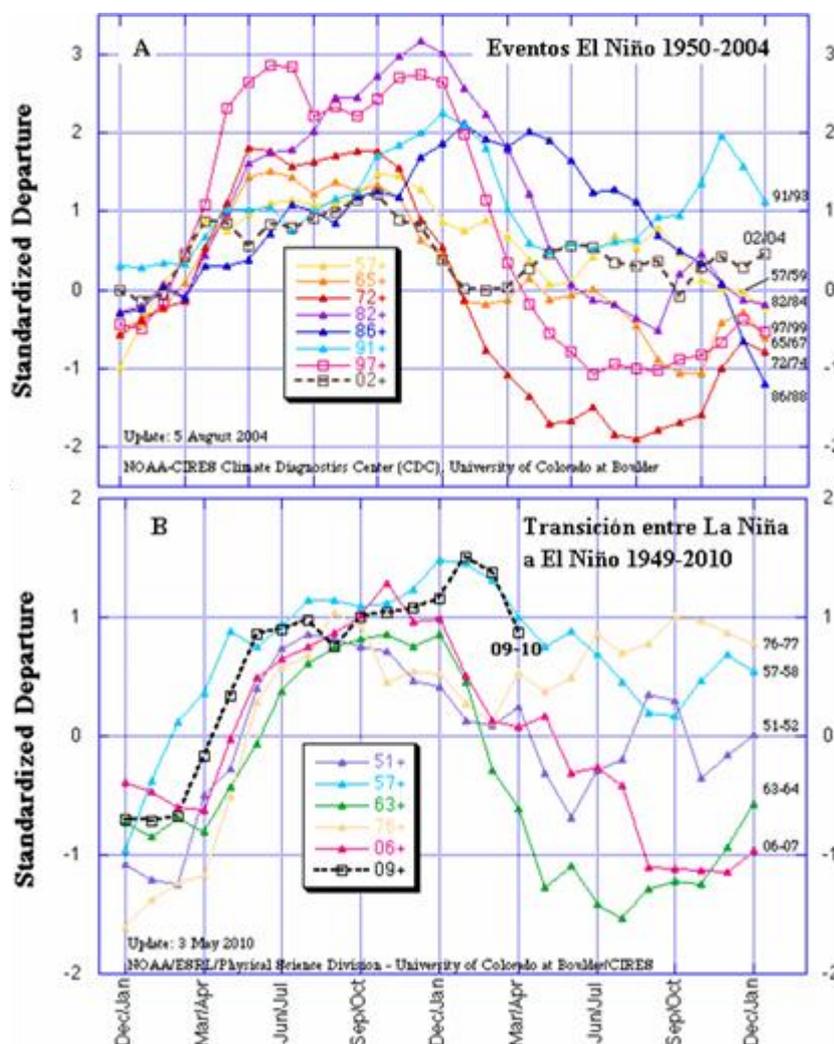


Figura 12. Análisis del Índice Multivariado de ENSO de los eventos de El Niño (A) y las transiciones entre La Niña y El Niño (B).  
Fuente: <http://www.esrl.noaa.gov/psd/people/klaus.wolter/MEI/mei.html>

Durante El Niño, el Frente es desplazado hacia el sur e ingresan al Ecuador aguas cálidas con bajo contenido nutricional y disminuye la biomasa fitoplanctónica e incremento de dinoflagelados (Pesantes, 1983; Torres y Tapia, 1998). La principal zona de afloramiento se ubica al oeste de las Islas Galápagos, con alto contenido de nutrientes; en el margen continental existen pequeñas masas

de aguas afloradas al sureste de la Isla La Plata, hacia el este de la Isla Santa Clara; hacia el sur del margen continental costero se tiene la influencia del ramal costero de la Corriente de Humboldt. Estos eventos causaron modificaciones y alteraciones en los niveles tróficos primario, secundario y terciario (Dugdale, 1985).

El perfil costero del Ecuador tiene 2.860 km de longitud, cuya geomorfología se clasifica en 25 zonas diferentes, desde zonas acantiladas intercaladas con pequeñas bahías y con playas, costas bajas con pequeñas islas cubiertas de manglares (PMRC, 1987). La Puntilla de Santa Elena es el punto más saliente al océano Pacífico; el principal estuario es el Golfo de Guayaquil (CAAM, 1996). El estuario del Guayas está constituido por una zona geográfica de 34000 km<sup>2</sup>, alberga el 45% de la población Nacional (Montaño y Sanfeliu, 2008), donde desembocan 23 cuencas hidrográficas que representan cerca del 54% de la superficie total de la vertiente occidental de los Andes ecuatorianos. El subsuelo tiene depósitos de hidrocarburos (petróleo y gas natural), con una plataforma de gas en funcionamiento y nuevas prospecciones hidrocarburíferas. En el área interna del Golfo, se ubican dos sistemas navegables: Estero Salado y el río Guayas (principal cuenca del Pacífico Sudeste, con un caudal promedio de 230 m<sup>3</sup>/s para la estación seca y se incrementa en la estación lluviosa hasta más de 1500 m<sup>3</sup>/s.) en donde se desarrolla la producción camaronera (cultivos) y soporte de pesquería (CAAM, 1996).

## IV. RESULTADOS

En los capítulos anteriores se mencionaron los problemas, causas, efectos, importancia regional y global de las mareas rojas en la salud humana y en los ecosistemas a nivel regional y mundial. Los resultados de esta tesis reflejan el estado actual del País en esta temática con dos tópicos:

### 4.1. Registros de mareas rojas.

#### 4.1.1. Registros anuales eventos de MR

La información retrospectiva correspondió a un total de 131 eventos de mareas rojas (Tabla 4), registrada durante el periodo 1968 - 2009 (42 años) en Ecuador, que correspondieron a 32 publicaciones y 20 documentos no publicados relacionados al tema de MR y mortalidad de organismos, han sido generadas principalmente por INOCAR (52 %) e INP (23 %). Otros documentos corresponden a consultorías privadas, informes regionales COI-UNESCO-FANSA, publicaciones en revistas especializadas en algas nocivas.

Los documentos con mayor aporte de registros de MR y mortalidad de peces en aguas ecuatorianas, han sido generados por Jiménez (1989) con la ocurrencia de 30 eventos de MR desde 1968 al 1986, período en las que se incluyeron algunas publicaciones (Jiménez, 1974; 1976; 1979; 1980; 1982; Veintimilla-Arcos, 1982; Intriago, 1983), en relación a la importancia del control y vigilancia en piscinas camaroneras sobre los problemas de mortalidad del camarón; en éste periodo se inició la gestión del PMRC (Ochoa, 2000). Posteriormente, Jiménez (1996) agrega 17 eventos que están incluidos en otras publicaciones nacionales (Jiménez e Intriago, 1987; Jiménez, 1993; Jiménez et al., 1995; Jiménez, 1996; Jiménez e Intriago, 2001; Jiménez y Gualancañay, 2006a). Torres (2000) dió un reporte de 20 eventos entre 1989 al 1999.

Algunos reportes de mareas rojas coincidieron con el inicio de las investigaciones marino-costeras en estudios del fitoplancton en Ecuador por el INP

e INOCAR, los cruceros oceanográficos han permitido evidenciar algunos de estos eventos. Durante el periodo de esta tesis, se han identificado los eventos El Niño (1971-72; 1981-82; 1991-92; 1997-98) y La Niña (1996 y 2000).

#### 4.1.2. Áreas Geográficas de mayor ocurrencia

Se registraron ocurrencias de MR tanto en áreas marino costeras influenciadas por condiciones oceanográficas con los afloramientos (Galápagos y hacia el sur de la isla La Plata) y en ambientes marinos costeros como bahías y estuarios afectados por la diversas actividades antrópicas y de multiusos.

En el Golfo de Guayaquil, se evidenció el mayor número de ocurrencia de MR y mortalidad de organismos (Fig. 18) y correspondió al 80% de todos los registros en varios sectores del Golfo: río Guayas, Estero Salado, Puná a Payana, Golfo norte y parte central (Fig. 13 y 14). El área central de las costas de Manabí disminuyó el número de ocurrencia (Fig. 17) con el 14 % de todos los eventos (Fig. 13 y 14). De manera general, la región insular de Galápagos (Fig. 15) y la zona norte del país (Fig. 16) fueron las áreas con menor número de reportes de mareas rojas, correspondiente al 4 % y 2 % respectivamente (Fig. 13 y 14).

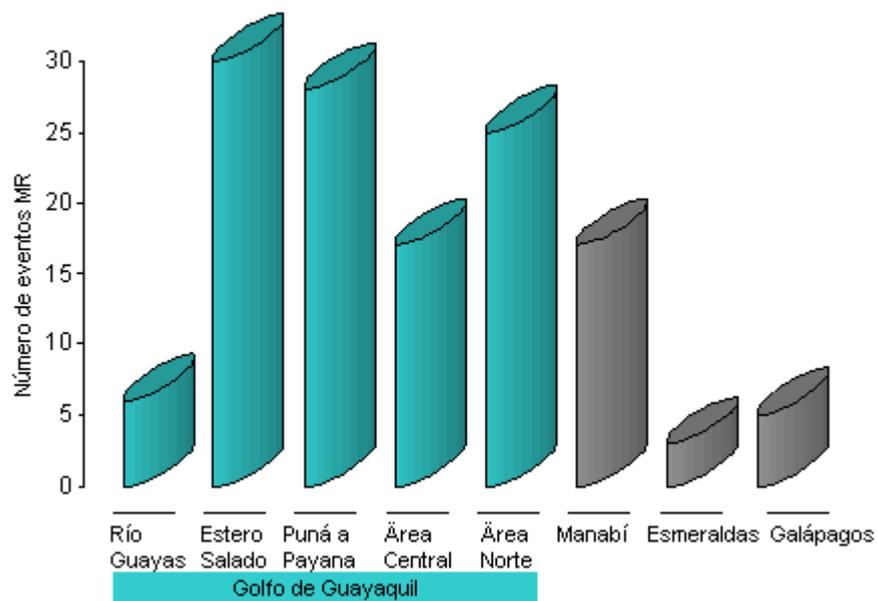


Figura 13. Número de reportes de mareas rojas por área geográfica de la zona costera e insular entre 1968 a 2009.

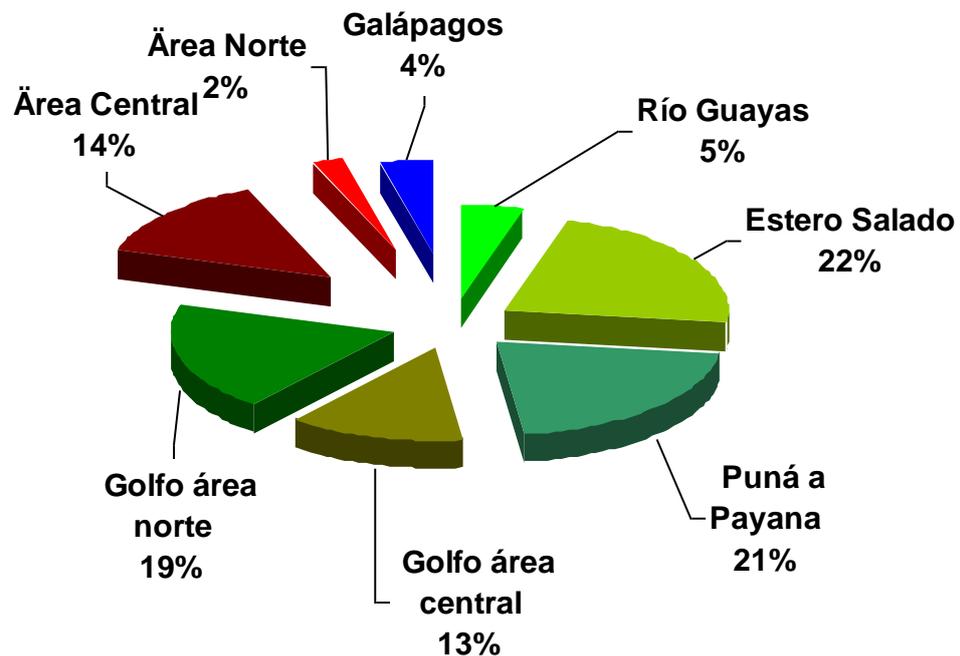


Figura 14. Distribución porcentual de los reportes de mareas rojas por área Geográfica.

Las MR reportadas en Galápagos (Fig. 15), se evidenciaron en la zona de afloramiento del Canal Itabaca y sur de Isabela causadas por *M. rubrum*; así como en la laguna costera las Diablas (Puerto Villamil-Isabela) compuesta por cianobacterias. Al sur de la isla Santa Cruz (Tortuga Bay y Bahía Academia) también se registraron estos eventos, es el sitio más poblado y de visita turística de Galápagos. La MR causada por la diatomea *Bellerochea malleus* en Tortuga Bay fue evidenciada desde el 2000, una pequeña mancha color café rojizo permanente hasta esta investigación, lo cual podría estar asociado a alguna fuga de gas natural de la isla tipo nutritiva para el crecimiento algal. En abril 1980 se reportó la única mortalidad de peces relacionada con la MR causada por *Prorocentrum gracilis*.

En Esmeraldas (Fig. 16) los registros de MR fueron escasos y coincidieron en las cercanías de estuarios y áreas de manglar (Cojimíes, Esmeraldas y San Lorenzo). La zona comprende sectores con menor desarrollo económico y zonas menos pobladas en relación a las otras áreas. En el estuario de Cojimíes (junio 1996), se registró un solo evento de mortalidad de peces en esta provincia fue

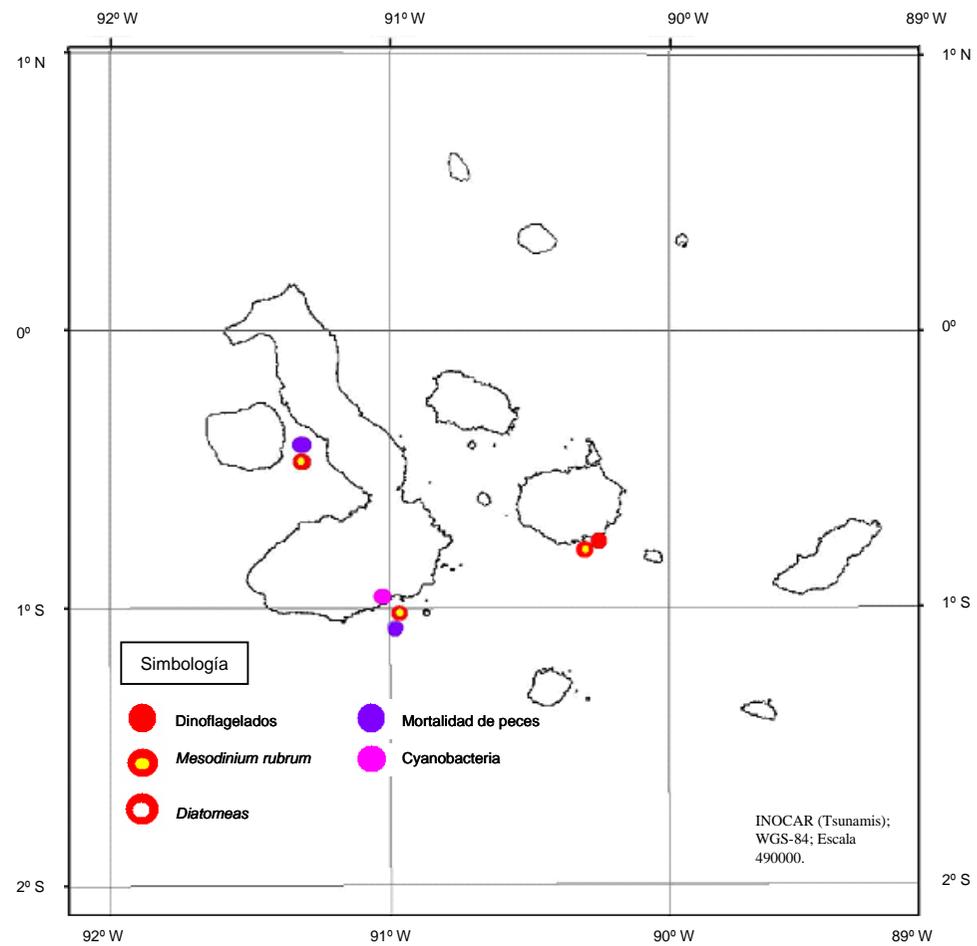


Figura 15. Registros de mareas rojas y mortalidad de peces (1968-2009) en Galápagos.

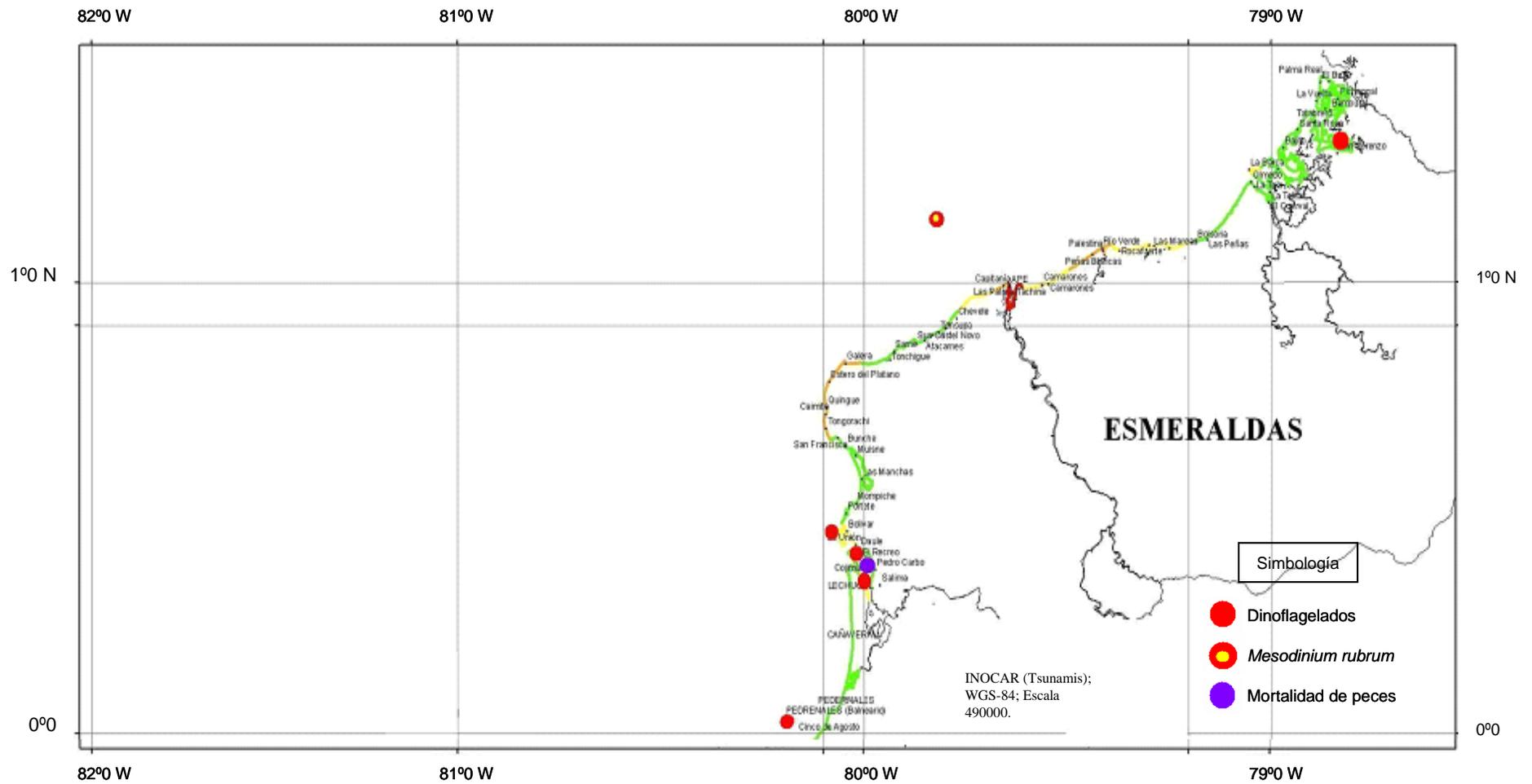


Figura 16. Registros de mareas rojas y mortalidad de peces (1968-2009) al norte de la costa del Ecuador.

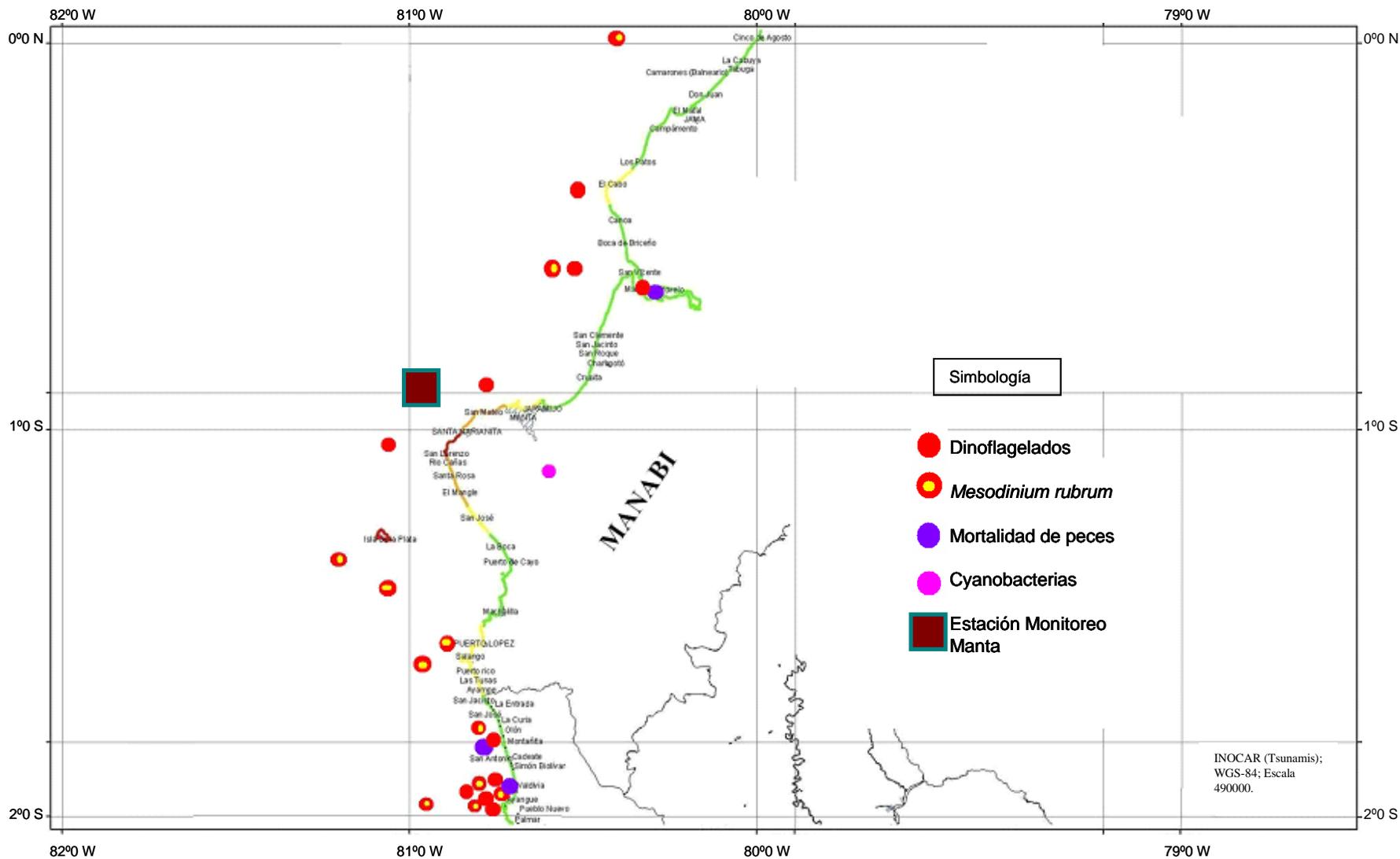


Figura 17. Registros de mareas rojas y mortalidad de peces (1968-2009) en la costa central del Ecuador.

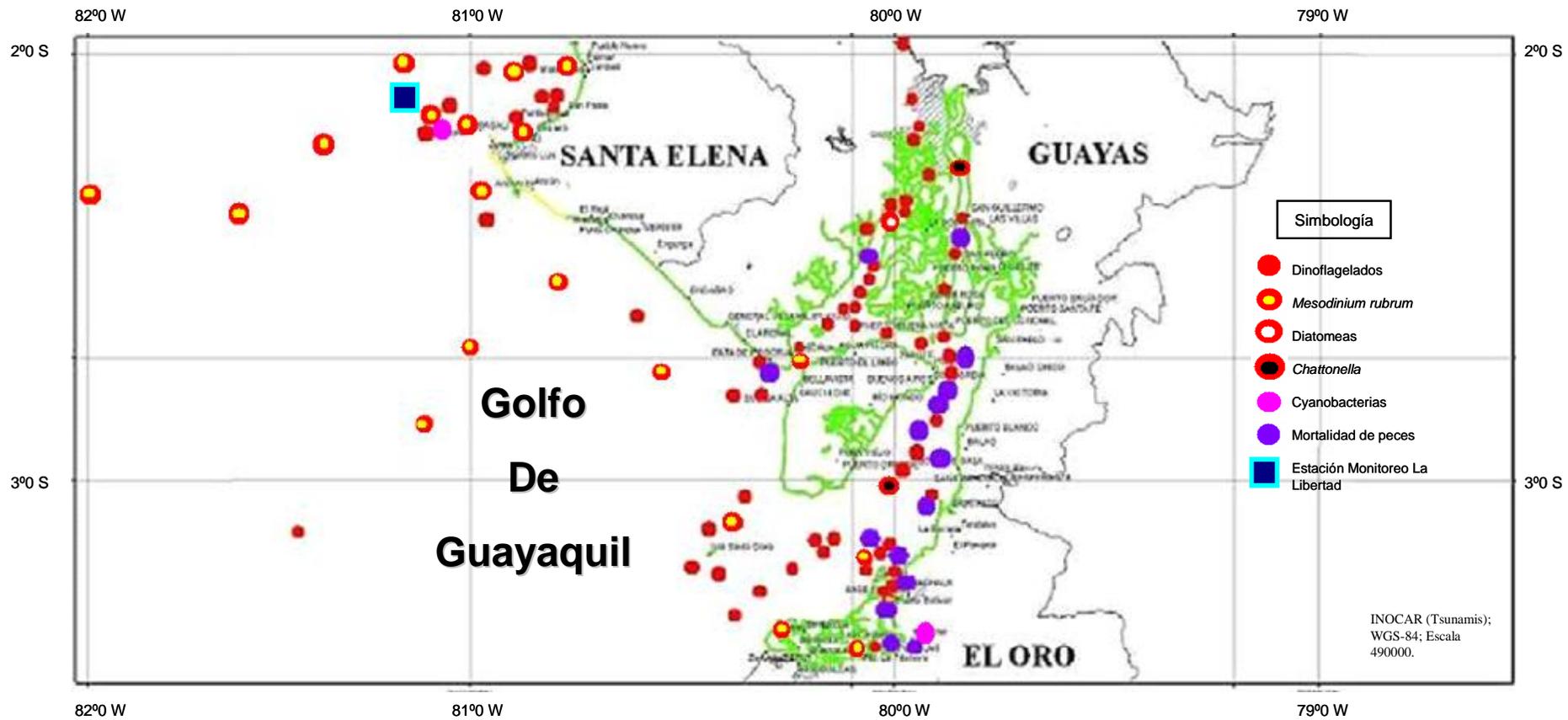


Figura 18. Registros de mareas rojas y mortalidad de organismos (1968-2009) en el Golfo de Guayaquil.

asociada a la MR causada por *Mesodinium rubrum*, posiblemente sea atribuible a que este año correspondió a un evento oceanográfico de condiciones frías.

En la zona central del país correspondiente a la provincia de Manabí (Fig. 17), ha registrado un ligero incremento de MR al sur del margen costero como Olón, Manglaralto, Ayangue, Valdivia, Monteverde, Palmar, San Pablo, principalmente causadas por *M.rubrum* y dinoflagelados, donde se han evidenciado la mortalidad de postlarvas de camarón. Otro evento de mortalidad de peces fue relacionada a la abundancia de cianobacterias en el río Portoviejo. Esta área geográfica registró ambientes marinos influenciados por la posición del Frente Ecuatorial, y correspondió a zonas activas e importantes para la pesca artesanal e industrial.

La mayor ocurrencia de MR (80 %) y mortalidad de peces (77 %) fueron registrados en el Golfo de Guayaquil (Fig. 18). La distribución de estos eventos, correspondieron principalmente en el área central del Golfo (13 %), área norte del Golfo (19 %), en los canales internos del Estero Salado (22 %), Río Guayas (5%), y entre la isla Puná (Provincia del Guayas) y en el borde costero de la Provincia de El Oro con el 21 % (Fig. 13). *M.rubrum* fue la especie de mayor ocurrencia y distribución, seguida por algunas especies de dinoflagelados; mientras que el grupo de diatomeas, rafidofites y cianobacterias fueron escasos y puntuales. Estos resultados han confirmado que el Golfo, es la zona de mayor riesgo de amenazas y vulnerabilidad sobre futuros eventos de MR para el país. Así mismo, es la zona más productiva en recursos pesqueros e industria camaronera, cercanas a sitios de cuarentena de buques de tráfico internacional que ingresan hacía al Puerto de Guayaquil y Puerto Bolívar, considerándose como el sector de mayor resiliencia a los múltiples usos en tierra y en el agua.

#### **4.1.3. Épocas de mayor ocurrencia**

Durante el periodo de este estudio correspondió a un total de 42 años (Fig. 19), solo 32 años registraron eventos de MR y 10 años no se obtuvieron evidencias

o no ocurrieron?. En los años 1983 y 1994 después de El Niño, no se registraron eventos de MR, mientras que el año 2002 fue precedido por La Niña.

Los años 1985, 2001 y 2003 presentaron la mayor ocurrencia de eventos de MR (Fig. 19) y cada año registró diferencias tanto para la época estacional y en el área de ocurrencia, posiblemente sea en respuesta a condiciones oceanográficas costeras locales. En 1985, se registraron en todo el año, con diez MR fueron en el Estero Salado y uno en Galápagos. En el 2001, tres fueron en la época cálida, seis en mayo (mes transicional) y uno en noviembre; nueve eventos ocurrieron en el área central de la costa y bahía Santa Elena, dos en áreas de estuarios (uno en Esmeraldas y uno en Estero Salado). En el 2003, en su mayor parte fueron en la estación cálida, dos en mayo y uno en octubre, ocurrieron en el Golfo (nueve eventos entre Puná y área costera de El Oro; dos en el Estero Salado). En 1984 y 2006, el mayor reporte de MR correspondió a Santa Elena en parte a la Provincia de Santa Elena como a la Provincia de Manabí. En los años 2000 y 2005 se registraron más eventos en Manabí.

En el área sur correspondiente al Golfo de Guayaquil (Fig. 18), la ocurrencia de mareas rojas se registró en 31 años y sin estos eventos en 11 años (Fig. 20), con un total de 93 sucesos (80 %), siendo los años 1985, 2001 y 2003 los que registraron mayor número y no necesariamente coincidieron con los eventos El Niño o La Niña. Sin embargo, en El Niño 1981-82, 1991-92, 1997-98 y La Niña del 1996 y 2000, se relacionaron con la presencia de MR.

En el área central de la costa (Fig. 17), se registró en 12 años del periodo de estudio (Fig. 21) con un total de 20 eventos y tres registros de mortalidad de peces, siendo el año 2000 en que se registraron el mayor número de MR (con tres sucesos en marzo y uno en mayo), posiblemente coincidió con el evento frío de La Niña.

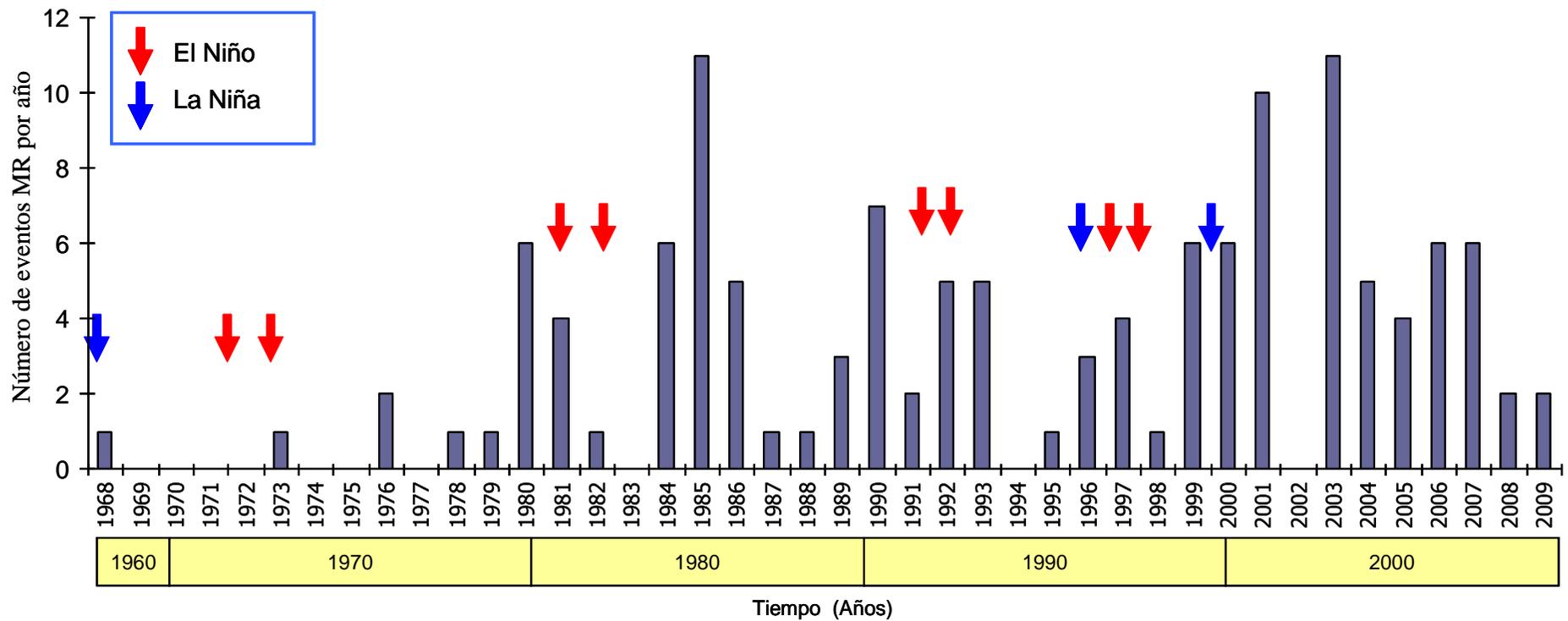


Figura 19. Número de reportes anuales de mareas rojas (1968-2009) Ecuador.

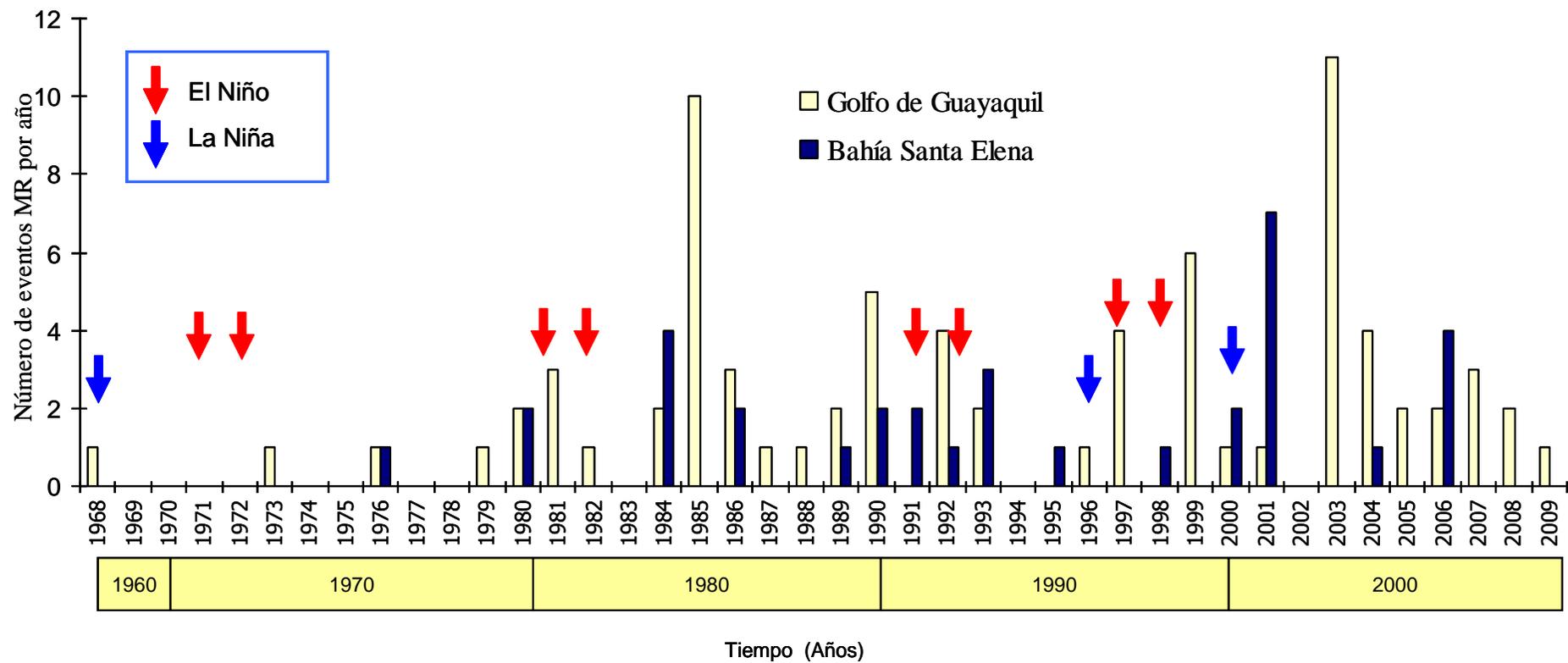


Figura 20. Número de reportes anuales de mareas rojas (1968-2009) en Golfo de Guayaquil y Bahía Santa Elena, Ecuador.

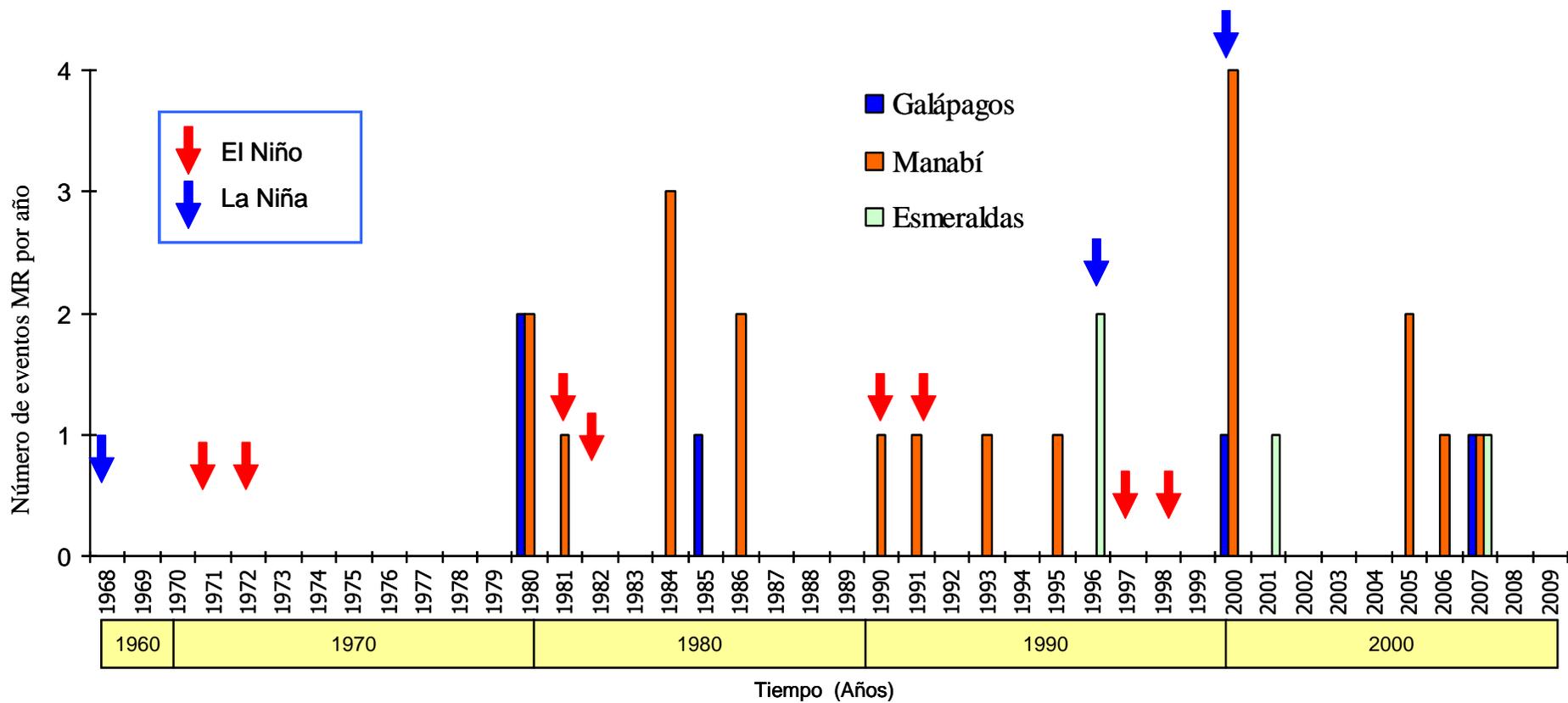


Figura 21. Número de reportes anuales de mareas rojas (1968-2009), en Manabí, Esmeraldas y Galápagos (Ecuador).

En el área norte de la costa (Fig. 16), la ocurrencia se registró en 4 años del periodo de estudio (Fig. 22) con un total de tres eventos en ecosistemas estuarinos y uno de ellos registró mortalidad de peces, siendo el año 2000 en que se registraron el mayor número de mareas rojas (con tres eventos en marzo y uno en mayo), posiblemente coincidió con el periodo frío de La Niña. En Galápagos (Fig. 15), fueron escasos y estos se relacionan con áreas de afloramientos al Este y Sureste de Isabela, en Bahía Academia y Bahía Tortuga en Santa Cruz.

Los registros de MR se evidenciaron en todos los meses del año, siendo los meses de marzo, abril y mayo los de mayor ocurrencia durante el periodo de esta investigación (Fig. 22), coincidentes con la época cálida (mayor radiación solar) y correspondió a la época húmeda o lluviosa del país (invierno); e incremento del aporte de agua dulce por algunos ríos.

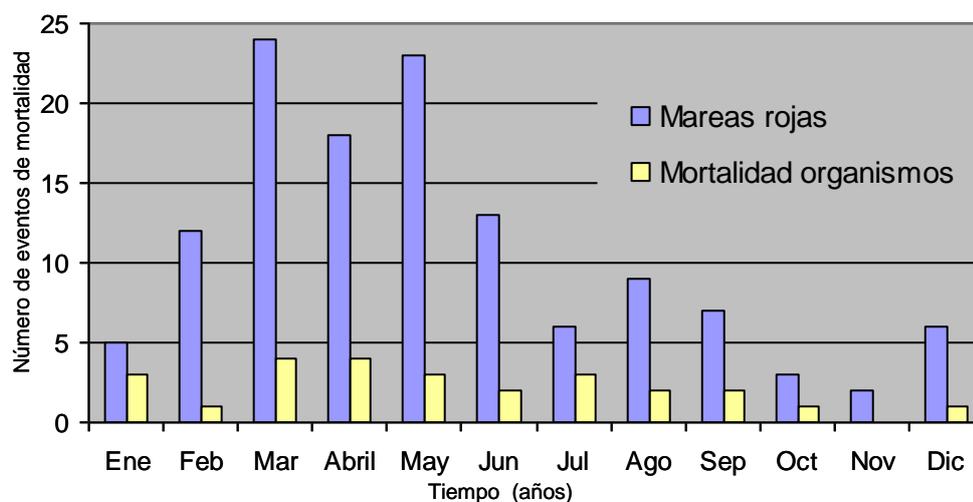


Figura 22. Registro mensual de eventos de marea roja y mortalidad de organismos (1968-2009).

Es de mencionar que durante este estudio el INOCAR tiene dos estaciones de monitoreo (físico-químico-biológico) a 10 millas de la costa, frente a La Libertad (Fig. 17) y Manta (Fig. 18), entre cuyos parámetros biológicos se han colectado y analizado muestras de fitoplancton desde 1989 y 1991 hasta la presente fecha, periodo donde se ha registrado un solo “bloom” de *Nodularia sp.* en La Libertad. Esta base de datos del fitoplancton también puede permitir conocer la

variabilidad mensual de algunos géneros (*Prorocentrum*, *Gymnodinium*, *mesodinium*, *Gyrodinium*, *Ceratium*, *Gonyaulax*, *Pseudonitzschia*, entre otros) que ayuden a conocer el mes de mayor abundancia y su posible relación de formar MR cuando lleguen a áreas más costeras como las bahías y estuarios.

#### 4.1.4. Especies causantes de MR en Ecuador

Durante el periodo de estudio de MR (1968-2009), se registraron treinta y siete especies comprendidas en diecisiete géneros que fueron las causantes de la discoloración en el mar y ocho eventos se consideraron como no identificados por carecer de muestras. El taxón con mayor número de especies fueron la clase Dinophyceae con 29 especies de dinoflagelados, seguidos por Cyanophyceae (2 especies), Bacillariophyceae (3 especies), Raphidophyceae (2 especies) y el ciliado *Mesodinium rubrum* (Tabla 5 y Fig. 23).

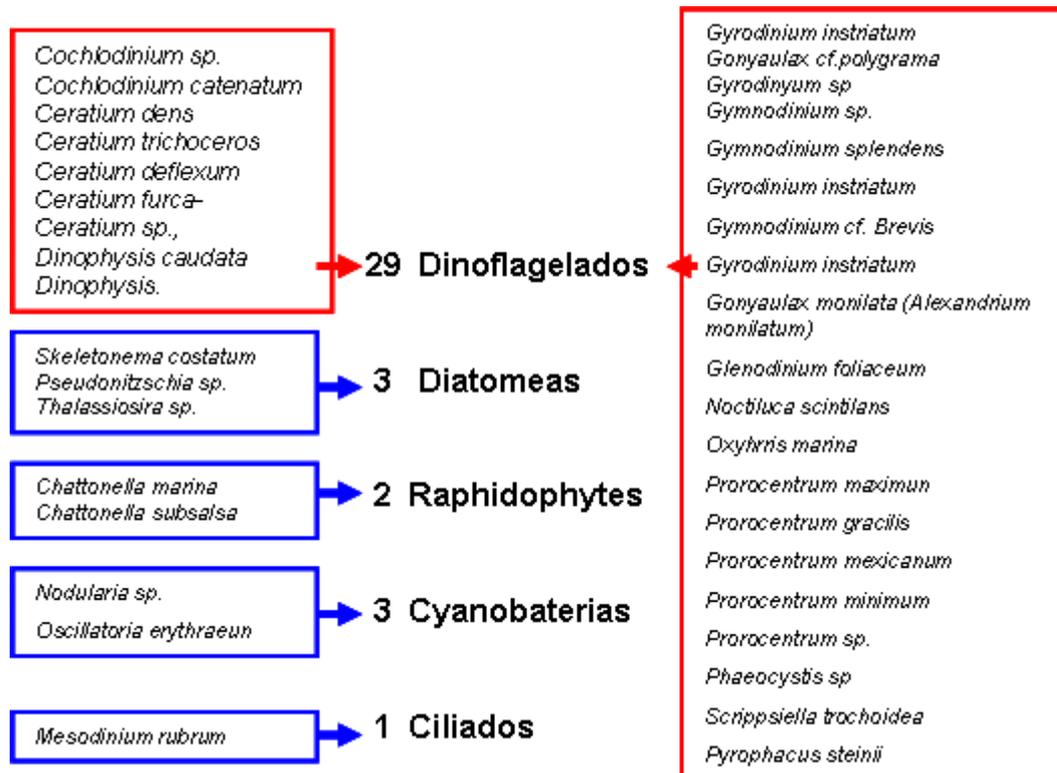


Figura 23. Especies que han causado eventos de mareas rojas en Ecuador (1968-2009).

La especie que ha causado más eventos fue *M. rubrum* con un total de treinta y tres reportes, seguida por *Gymnodinium sp.* con trece eventos, *Noctiluca scintilans* con siete eventos, *Cochlodinium catenatum* con 5 eventos. Otras especies con dos eventos fueron *Gyrodinium sp.*, *Gymnodinium cf brevis*, *Prorocentrum minimum*, *P. gracile*, *Ceratium dens*, *Gonyaulax monilata* (*Alexandrium monilatum*). Entre las especies de dinoflagelados que causaron un solo evento fueron *Ceratium trichoceros*, *C. deflexum*, *Ceratium furca*, *Ceratium sp.*, *Prorocentrum mexicanum*, *Prorocentrum sp.*, *Gymnodinium sanguineum*, *G. splendens*, *Glenodinium foliaceum*, *Gonyaulax cf. polygrama*, *Oxyhrris marina*, *Pyrophacus steinii*, *Phaeocystis sp.*; las diatomeas que causaron un solo evento fueron *Skeletonema costatum*, *Bellerochea malleus*, *Pseudonitzschia sp.*, *Thalassiosira sp.* En el grupo de rafidoficias con un solo evento fueron *Chatonella marina* y *C. subsalsa*. En el grupo de cianobacterias *Oscillatoria erythraeum*, *Nodularia sp.* También se evidenció que en 8 eventos reportados no se obtuvieron muestras para la identificación de especies.

Los géneros del grupo de dinoflagelados más frecuentes fueron *Prorocentrum* y *Ceratium* cada uno con 5 especies, seguida de *Gymnodinium* (4 especies) y *Gonyaulax* (3 especies). Los géneros con mayor eventos de mareas rojas fueron *Gymnodinium* (17 eventos), *Gyrodinium* (12), *Prorocentrum* (12), *Cochlodinium* (11), *Noctiluca* (7), *Ceratium* (6), *Scrippsiella* (6), *Gonyaulax* (4). Con estos registros se evidenció que el grupo de dinoflagelados fueron los que prevalecieron en los eventos de mareas rojas.

La mayoría de las especies causantes de MR se encontraron en el área del Golfo de Guayaquil y se relacionan con el mayor reporte de estos eventos al sur del país (Fig. 18). Se registraron 29 especies que formaron MR, siendo las de mayor ocurrencia *M. rubrum* (15 eventos) y *Gymnodinium sp.* (12 eventos), *N. scintilans* (6 eventos), *Prorocentrum maximum* (6 eventos), *Cochlodinium catenatum* (4), *Gyrodinium sp.*, (3), y el resto de especies menor a 2 eventos (Tabla 6).

Frente a las costas de Manabí, *M. rubrum* fue la especie que causó nueve eventos de mareas rojas (Fig. 17); el grupo de dinoflagelados registró siete especies que causaron estos eventos, se presentó el listado de todas las especies registradas en el periodo de estudio, con su respectivo taxón, número de eventos causados y tipo de ecosistemas registrados (Tabla 7).

A continuación se da una descripción de los eventos por cada género y algunos aspectos ecológicos:

***Mesodinium rubrum*** (Foto11): Durante el periodo de estudio catorce años registraron eventos por *M. rubrum* con un total de treinta y tres ocurrencias (Fig. 25), con siete eventos en los años fríos como La Niña (1996 y 2000) y dos eventos durante El Niño (años 1981 y 1991). En el reporte mensual (Fig. 24), en mayo evidenciaron ocho MR (mes considerado como cambio estacional), en la época cálida con quince eventos (febrero, marzo y abril) y en los meses de época seca (junio a diciembre) se registraron once. La mayor parte de reportes fueron al sur del país (15 eventos entre los años 1978 y 2006) y en la zona central (once eventos entre 1968 y 2007), en la parte norte solo se registraron dos eventos (1996 y 2007) y en Galápagos tres eventos (1980, 1986 y 2001). Los eventos de mortalidad de peces asociados a *M. rubrum* fueron en 1986 y 1996 (Tabla 4).

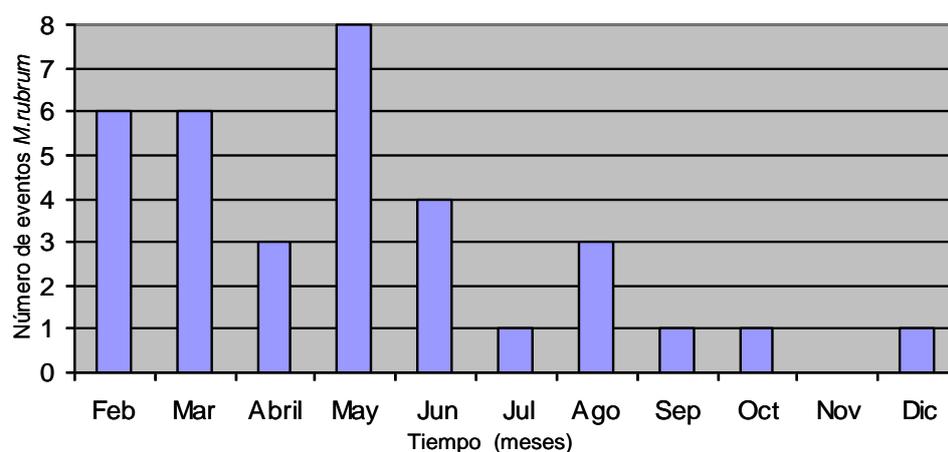


Figura 24. Registro mensual de mareas rojas causadas por *Mesodinium rubrum* durante 1968-2009 en Ecuador.

**Distribución:** cosmopolita. Aguas estuarinas y afloramientos (Proenca, 2004). Alrededor de Galápagos y toda la zona costera del Ecuador (Torres y Tapia, 2002).

**Comentarios de toxicidad:** *M. rubrum* es un ciliado fotosintético no tóxico (Heil et al., 2001; Proenca 2004; Jiménez y Gualancañay, 2006).

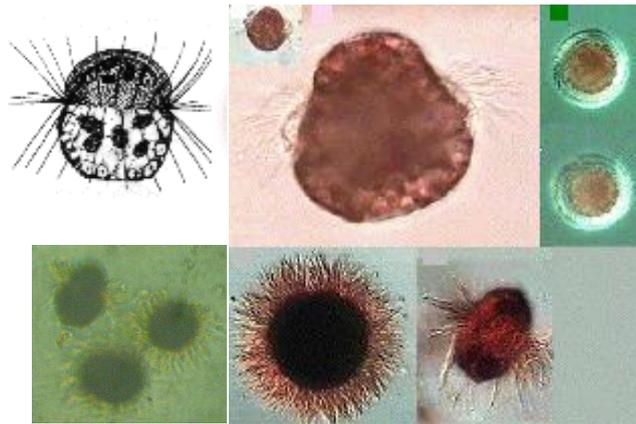


Foto 11. *Mesodinium rubrum*.

*Noctiluca scintillans* (Foto 12): se han evidenciado 7 eventos de mareas rojas en dos sectores del país, hacia la bahía de Santa Elena (1980, 1990 y 1991) y hacia el sector de Jambelí 2003 y 2004). Estos periodos de discoloración registraron serios impactos negativos relacionados con la mortalidad de peces en Valdivia y Jambelí; además los pescadores artesanales de Puerto Bolívar mencionaron que la presencia de MR para ellos significa escases en la pesca en sitios tradicionales, gasto de combustible ya que tienen que ir a otros sitios de pesca y bajo sustento económico en sus familias. En Puerto Bolívar estos eventos generaron conflictos pesqueros por la alta mortalidad de peces en mayo 2003 y agosto 2004. Los meses de ocurrencia de esta especie no definen una preferencia de estacionalidad en Ecuador. Es un dinoflagelado no fotosintético, fagotrófico (fitoplancton, copépodos y huevos de peces). Esta especie ha sido reportada en muestras de fitoplancton y zooplancton (335  $\mu\text{m}$ ), debido a su tamaño va desde 200 a 2000  $\mu\text{m}$  por lo que se lo encuentra en ambos tipos de muestreos (fitoplancton y zooplancton); on un tamaño promedio entre 500-600  $\mu\text{m}$ , con un menor tamaño principalmente en estuarios.

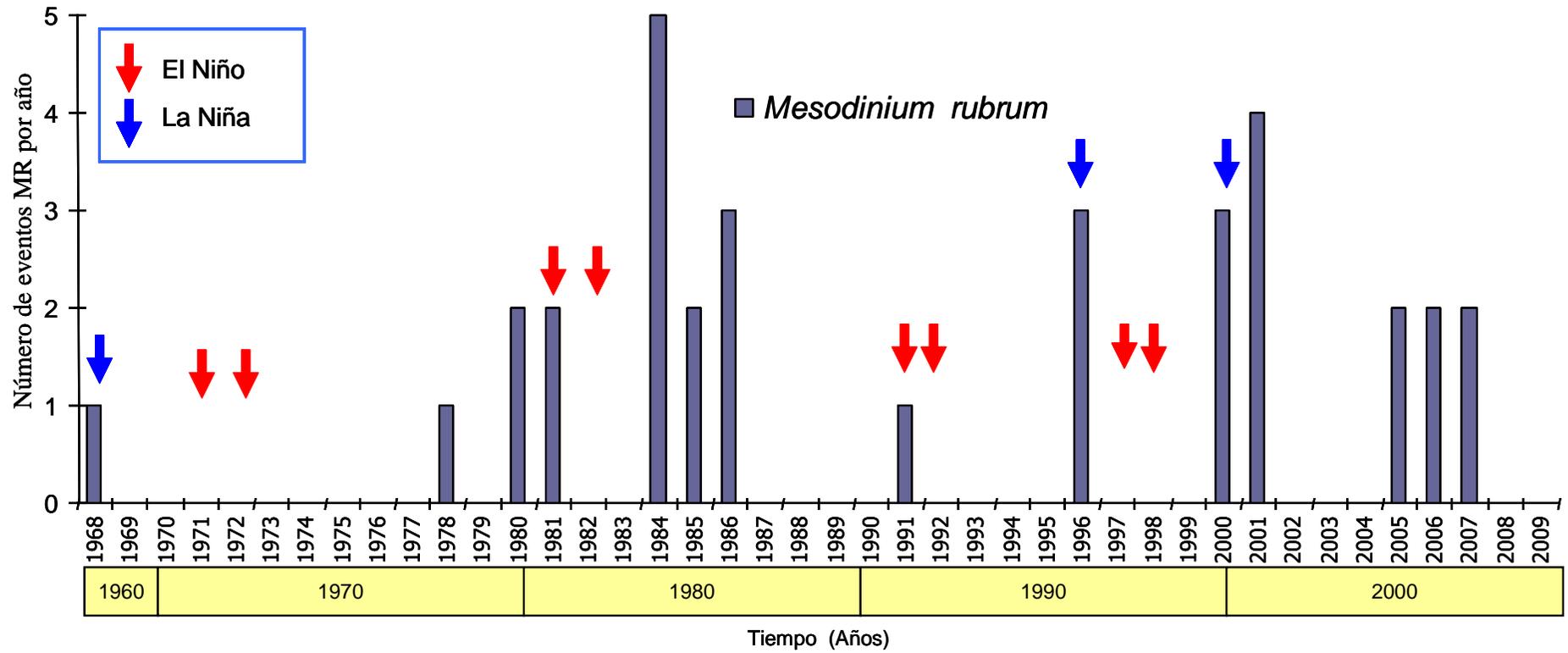


Figura 25. Registros de mareas rojas (1968-2009) causadas por el ciliado *Mesodinium rubrum* en Ecuador.

**Distribución:** Cosmopolita de aguas tropicales y frías no polares (Balech, 1988); nerítica y costera de regiones tropicales y subtropicales (Dodge, 1982),

**Comentarios de toxicidad:** Se la considera como MR nociva, no tóxica (Reguera, 2002); es conocida por formar MR comunes en algunas regiones (Puget Sound; sudeste de Australia; Mar Negro, Golfo de México); algunos MR de esta especie están asociados con mortalidad de peces e invertebrados, niveles tóxicos de amonio el que es excretado dentro del agua y posiblemente actúa como agente que mata a los organismos (<http://www.nmnh.si.edu/botany/projects/dinoflag/Taxa/Nscintillans.htm>).

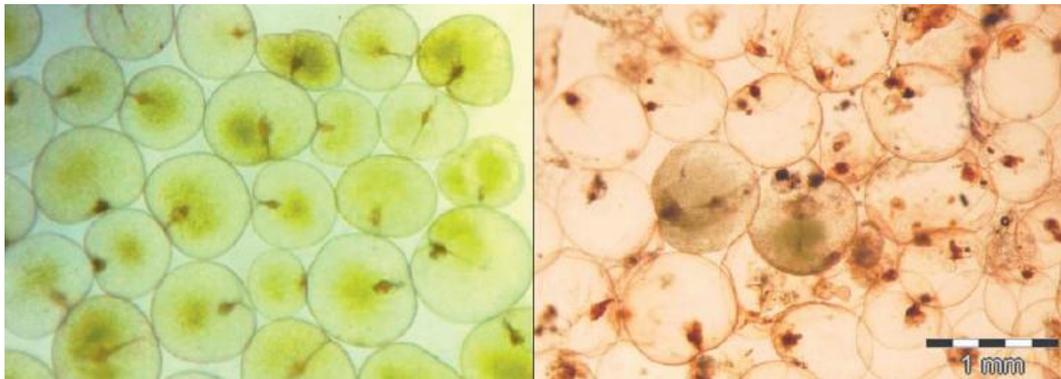


Foto 12. *Noctiluca scintillans* cuando están vivos (verdes) y cuando decae el bloom (café). (Desde Al-Busaidi et al., 2008).

***Cochlodinium* (Foto 13):** Este género (*Cochlodinium sp.* y *C. catenatum*), ha causado 10 eventos de mareas rojas. *C. catenatum* fue registrado en 1979, 1990, 1992, 1997; *Cochlodinium sp.* fue registrado en 1990, 1992, 1999 y 2003. Casi todos los registros fueron reportados para aguas del Golfo de Guayaquil y un solo evento en Ayangue, entre los meses de marzo a julio. Estos eventos no han sido relacionados con mortalidad de especies.

**Distribución:** Costa este de norte América, Japón, Korea, Puerto Rico.

**Comentarios de toxicidad:** Varias especies no identificadas e identificadas (*C. catenatum*, *C. citron*) han causado eventos nocivos; pero solo *C. polykrikoides* está incluida como tóxica (Taylor et al., 2004); algunas son tóxicas en peces juveniles.

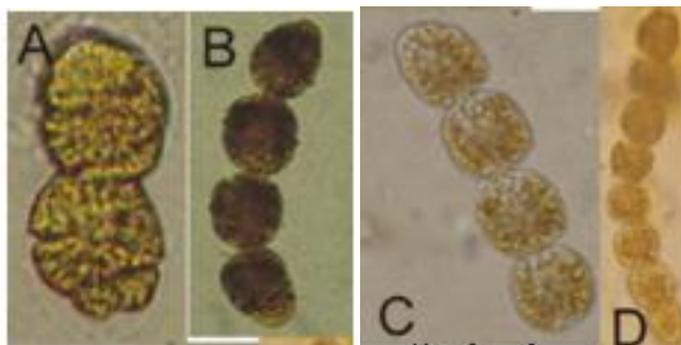
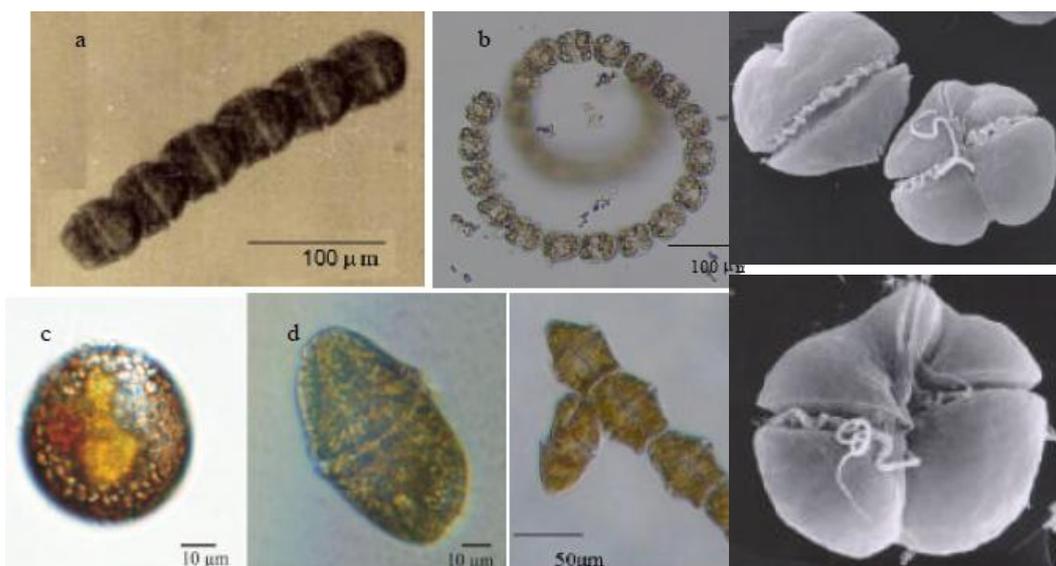


Foto 13. Morfología de *C.catenatum*. A) cadena 2 células; B y C) cadena 4; D) cadena de 8 células (Desde Carrillo et al, 2007).

***Gymnodinium*** (Foto 14): Este género (*Gymnodinium sp.*, *G. splendens*, *G. sanguineum*, *G. brevis*, *Gymnidinium catenatum*), ha causado 16 eventos de mareas rojas registrados principalmente en los meses cálidos con excepción de 4 eventos que fueron en la época seca. Los años que registraron estos eventos 1985, 1988, 1993 1997 1999, 2003, 2005 y 2006. El sector de mayor ocurrencia fue en el Golfo de Guayaquil, con excepción de dos sitios en la Bahía de Santa Elena (1993, 2006) y San Pablo (*G. sanguineum*). Pescadores de Puerto Bolívar y Bajo Alto, relacionaron a estos eventos con la disminución de pesca.

**Distribución:** Australia, Japón, Florida, Italia y New Zealand; reportada en agua de lastre.

**Comentarios de toxicidad:** *G. catenatum* es productor de toxinas PSP.



Fotos 14. *Gymnodinium catenatum*, cadenas vegetativas (a,b), quiste (c), Células vegetativas desde cultivos (d,e) (desde Masó et al., 2005).

**Gyrodinium** (Foto 15): Este género (*Gyrodinium sp.*, y *G. instriatum*) ha causado 12 eventos de mareas rojas en el Golfo de Guayaquil interno (1982, 1984, 1987, 1999, 2001) y en la bahía de Santa Elena (1995, 1993, 2000, 2001). Los meses de mayor incidencia en la bahía correspondieron a la época cálida, mientras que al interior del Golfo no evidenciaron marcada estacionalidad.

**Distribución:** cosmopolita

**Comentarios de toxicidad:** *G.corsicum* es Ictiotóxica; alta biomasa esta relacionada com mortalidad de peces (ICES 2004).

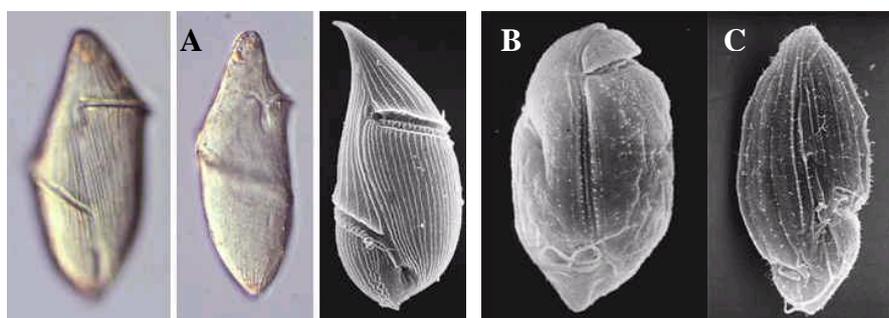


Foto 15. *Gyrodinium spirale* (A); *Gyrodinium viridescens* (B); *Gyrodinium glaucum* (C).

**Ceratium** (Foto 16): Este género (*Ceratium sp.*, *C. deflexum*, *C. trichoceros*, *C. dens*, *C. furca*, *C. fusus*) registraron 4 eventos en el sector del Golfo de Guayaquil y Bahía de Santa Elena, abril 1976, 2000; junio 1986, marzo 2006.

**Distribución:** aguas costeras y pueden tolerar un amplio rango de salinidad.

**Comentarios de toxicidad:** No produce toxinas. *C. tripos* se ha relacionado con varios eventos anóxicos o hipóxicos. *C. fusus* ha sido involucrado con daños en las branquias de salmonidos.

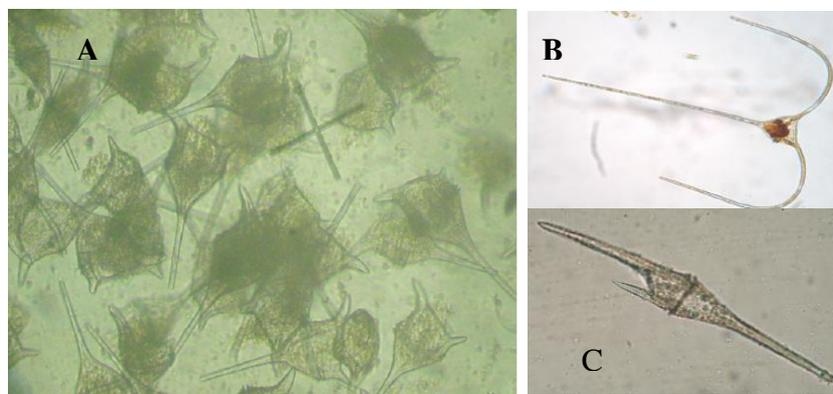


Foto 16. *Ceratium dens* (a) colectada frente a Jambelí; *Ceratium trichoceros* (b) y *Ceratium furca* (c).

**Prorocentrum** (Foto 17): Este género (*Prorocentrum sp.*, *P. gracilis*, *P. maximum*, *P. mexicanum*, *P. minimum*), ha causado 6 eventos de mareas rojas en 1981, 1985, 1989, 2003 y 2009, principalmente en los meses cálidos. El evento del año 1985 registrado en el Estero Salado fue el de mayor durabilidad y permanencia de casi un año, evento que ocasionó serios problemas de mortalidad en piscinas camaroneras (Jiménez, 1996, 1997). En abril 2003 y en junio del 2009, se lo relacionó con la mortalidad de peces en las cercanías de Jambelí y Bajo alto, ambos eventos se refirieron con conflictos pesqueros en Puerto Bolívar y Bajo Alto. Las formas epibénticas han desarrollado episodios de envenamiento en áreas tropicales y subtropicales: *P. concavum*, *P. cordatum* (*P. minimum*), *P. emarginatum* y *P. hoffmannianum*, *P. lima* y *P. rhathymum* (*P. mexicanum*).

**Distribución:** El género tiene 21 especies planctónicas y epibénticas (ticoplanctónica) sobre macroalgas, corales y en el detritus del manglar; es de amplia distribución marino costera y estuarios tropicales (Taylor *et al.*, 2004).

**Comentarios de toxicidad:** La sustancia tóxica reportada para *P. minimum* es la venerupin pero su propiedad aún no ha sido esclarecida y no es persistente (Hashimoto, 1979); esta especie ha causado envenamiento por comer ostras y almejas; en Japón se han reportado 542 intoxicados con 18 casos fatales. En *P. lima* produce varias clases de toxinas como el ácido okadaico, DSP y algunas veces causa la ciguatera. Altas densidades de *P. dentatum* y *P. minimum* se han observado en áreas de cultivo de camarón pero no hay casos de envenamiento.

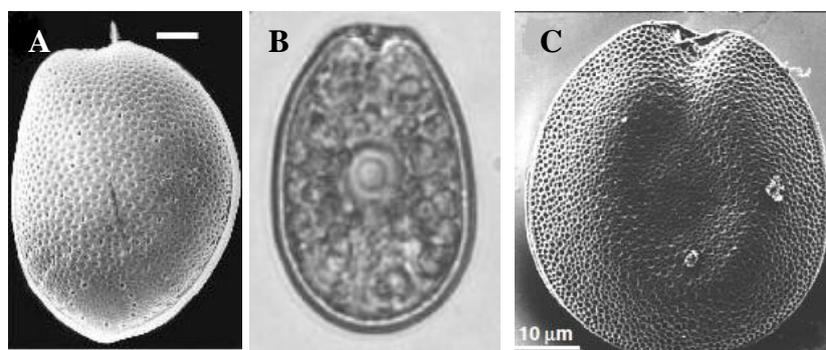


Foto 17. *Prorocentrum mexicanum* (A), *P. lima* (B) y *P. concavum* (C).

**Chattonella** (Foto 18): El primer registro de *Chattonella subsalsa* fue reportada en el Canal Jambelí en enero 1990 (Jiménez, 1989) y *C. marina* en el río Guayas en enero 2007 (Torres en prensa). Algunas especies de *Chattonella* han causado mortalidad de peces. Sin embargo en el sector de Churute en algunas camaroneras se registró un comportamiento atípico en el comportamiento de las tilapias sin eventos de mortalidad. En la región de Sudamérica se tiene registros en Brasil en mayo 1995 (Odebrecht y Abreu, 1995). En las costas del Pacífico Mexicano en abril 2003 (Barraza *et.al*, 2004); en abril 2005 (Band-Schmidt *et al.*, 2005). En el área costera de Piura (enero y febrero 2007), también se registró mareas rojas formadas por *Heterosigma cf akashivo*.

**Distribución:** aguas costeras estuarinas y pueden tolerar un amplio rango de salinidad. Considerada como especie invasora en algunos sitios de Europa (Wolff, 2005).

**Comentarios de toxicidad:** La Clase Raphidophyceae comprende algunas especies dañinas causantes de mortandad de peces (ictiotoxinas) en el medio marino y baja salinidad; dañan el epitelio de las brankias produciendo la muerte de peces (Moestup, 2002).

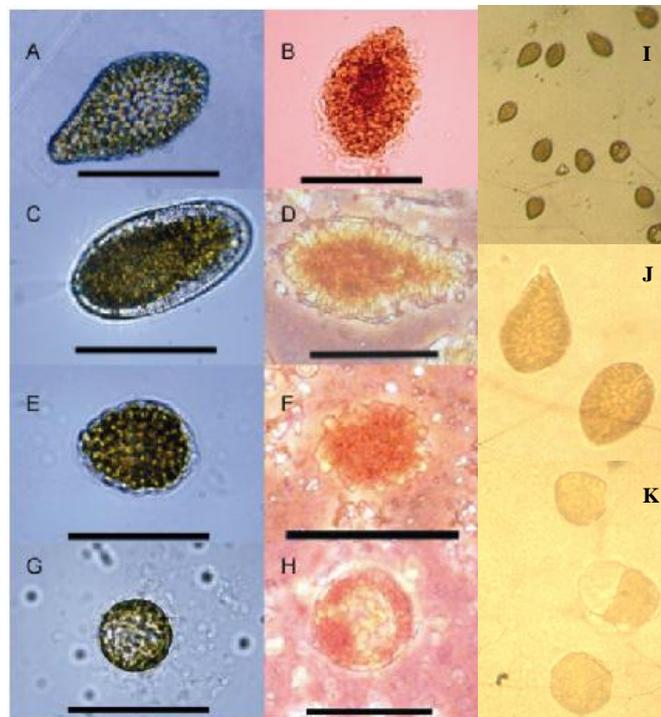


Foto 18. *Chattonella marina* (C-D), *C.cf ovata* (E-F); Quistes temporales de *C. marina* (scala=50um) (Cortéz-Altamirano et al., 2006); *C. marina* en vivo (I-J) y formación de quistes (K) (Torres, en prensa).

Otras especies no tóxicas pero que forman MR nocivas son *Nitzschia longissima*, *Cylindrotheca closterium*, *Heterocapsa circularisquama*, *Dinophysis caudata*, *Scrppsiella trochoidea*, *Trichosdesmium erythraeum*, *Ceratium furca* y *Pyrodinium bahamense* entre otras que constan en el anexo 2.

#### **4.1.5. Densidad algal relacionada a MR**

Durante el periodo de este estudio (1968-2009) se evidenciaron 73 datos de densidad celular (56 %), el 44 % de reportes no tenían datos de contajes celulares (Tabla 4). Adicionalmente los datos de esta información, carecían de otros datos de campo, por consiguiente la densidad celular es solo referencial, su biomasa podría variar por varios motivos como: inicio o declinación de la discoloración del “bloom”, hora que se colectó la muestra, del sitio de toma de la muestra si fue cerca de la mancha o en la mancha, del tamaño de la especie causante, de la dinámica de la marea local, época estacional y la diversidad en poblaciones de fitoplancton. *M. rubrum* fue la especie con mayor número de datos celulares relativos a MR, seguida de *Gymnodinium sp.*, *P. maximum*, *G. instriatum*, *N. scintilans*, *Cochlodinium sp.*, *Ceratium dens*, *C. catenatum*, *P. gracilis* y *S. costatum* (Tabla 10).

Los meses que registraron mayor densidad algal fueron abril y mayo, mientras que los meses de febrero, junio, julio, agosto septiembre y octubre registraron un solo máximo. La densidad algal que se relacionó con la mortalidad de organismos fluctuó entre 90.000 cel/l y 93`000.000 cel/l, solo 22 casos de mortalidad coincidieron con la mayor densidad algal (> 5`000.000 ce/l) que correspondió al 30% de datos, fueron registrados principalmente en el Golfo de Guayaquil (Canal de Jambelí, Santa Rosa, Estero Salado, Puná, Río Guayas); uno en el Estuario del río Esmeraldas y un evento en Galápagos.

#### **4.1.6. Mortalidad de organismos**

Durante el periodo de registros de mareas rojas (1968-2009), veintiséis eventos de mortalidad de organismos ocurrieron en 14 años (Fig. 26), correspondieron

principalmente a peces (84 %), camarón (8 %) y Postlarvas de camarón (8 %), fueron evidentes en el Golfo de Guayaquil. En la década de los años 80 se evidenciaron seis años con ocho eventos de mortalidad de peces; en los años 90 sólo se reportaron dos años con cinco eventos, en la última década con trece eventos; siendo en el 2003 en que se obtuvo cinco reportes de mortalidad (Fig. 22). En todos los meses del año durante éste estudio se obtuvieron registros de mortalidad (Fig. 22) y su mayor incidencia también fue en la época de invierno coincidentes con los eventos e MR; se evidenciaron doce eventos (enero, marzo, abril) y diez en verano en su mayor parte sucedieron en el Golfo de Guayaquil en ambas épocas. Las especies que han formado MR y se han relacionado con mortalidad de peces fueron: *Gonyaulax monilata*,

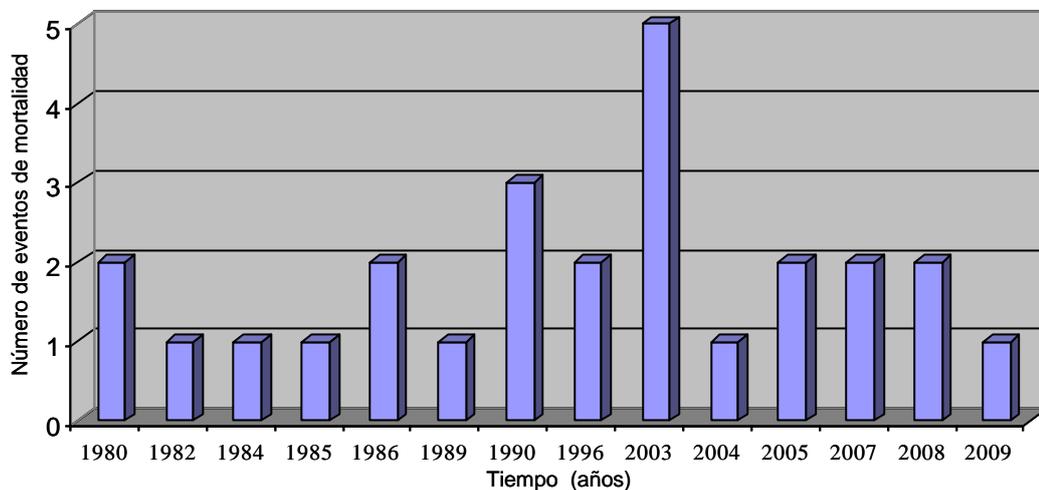


Figura 26. Registros anuales de mortalidad de organismos relacionados a mareas rojas durante 1968-2009 en Ecuador.

*Prorocentrum gracilis*, *P. maximum*, *P. minimum*, *Oxyhris marina*, *Scrippsiella trochoidea*, *Chattonella subsalsa*, *Messodinium rubrum*, *Noctiluca scintilans*, *Gymnodinium sp.*, *Gymnodinium cf. brevis*; y las relacionadas con la mortalidad de larvas de camarón fueron: *Gyrodinium instriatum*, *M. rubrum*, *Chattonella marina* y *Gymnodinium sp.*

En Ecuador, no se han evaluado las pérdidas económicas causadas por la ocurrencia de las mareas rojas; sin embargo, estos resultados han evidenciado la mortalidad de peces en algunos de estos eventos (Fig. 24; Tabla 4), pero se carece de datos de tasas de mortalidades relacionados a mareas rojas, no han tenido una explicación científica, ni seguimiento por las autoridades ambientales y pesqueras, en

dar a conocer cual fue a causa de mortalidad. En algunos eventos han sido denunciados por pescadores artesanales a las Capitanías de Puerto (Salinas y Puerto Bolívar) y en el Retén Naval de Bahía de Caraquez. El INP e INOCAR han realizado muestreos de la calidad del agua después de algunos días de haber pasado la mortalidad y no durante el evento, y los parámetros analizados no han demostrado la causa de muerte. Para este estudio se agregan dos fotos de mortalidad de peces y langostas ocurrido en las costas del sur en Africa (Foto 19).

La comunidad de pescadores artesanales locales de Puerto Bolívar, Puná y Bajo Alto, frente a estos eventos generaron protestas y denuncias a la Capitanía de Puerto Bolívar, por la falta de control de la calidad del agua del Golfo y escaso interés de las autoridades ambientales por investigar la causa u origen de la mortalidad de peces relacionada con eventos de marea roja (abril 1980; junio y agosto 1996; mayo 2003; agosto 2004; junio 2008; junio 2009).



Foto 19. Mortalidad de langosta por deficiencia de oxígeno al decaer el bloom de *Ceratium furca* (A); mortalidad de peces causada por la alta biomasa de *Ceratium furca* y *Prorocentrum micans* (B), en la costa sur oeste de Africa (desde Kudela et al., 2005).

#### 4.1.7. Nivel de avance tecnológico para enfrentar este problema en Ecuador

El avance tecnológico de las investigaciones del Ecuador en fitoplancton y mareas rojas, se basa en la identificación de especies en el grupo de diatomeas, dinoflagelados flagelados, ciliados, densidad algal, concentraciones de clorofila en

pocos casos, distribución de especies por micro-ecosistemas (bahías, estuarios). Algunos artículos realizaron solo análisis cualitativos, cuantitativos (biomasa celular), otros ambos métodos o uno de ellos. Los laboratorios existentes (INOCAR, INP, CENAIM), no cuentan con equipos de alta tecnología para análisis de toxinas, laboratorios de Bioensayo de ratón, laboratorios para cultivo de quistes y dinoflagelados.

## **4.2. Estrategias de Prevención, control y mitigación de mareas rojas en Ecuador**

### **4.2.1 Situación del estado actual del Ecuador a eventos de MR (Análisis FODA)**

Con el siguiente análisis FODA, fueron identificados los problemas y las necesidades, cuyos resultados constituyen el fundamento de las prioridades yestratégicas en la gestión preventiva a los efectos de las mareas rojas en Ecuador.

#### **4.2.1.1 Fortalezas**

- El Ecuador forma parte del grupo Regional expertos en Floraciones Algales Nocivas de Sudamerica (FANSA), siendo el INOCAR el punto focal para el país. Existe el programa global de la COI-UNESCO denominado GEOHAB.
- Existencia de las Subsecretarías de Pesca y Acuicultura, Gestión Ambiental Costera, Nacional del Agua, Nacional de Riesgo y la Dirección Nacional de Espacios Acuáticos, con sus respectivas políticas ambientales y son las que tendrían que gestionar un Plan Nacional de Prevención y Control en mareas rojas y/o especies invasoras marinas.
- Presencia de ecosistemas naturales de alta diversidad y gran dinámica oceánica del Frente Ecuatorial y la corriente de Humboldt, han permitido que en el Ecuador las mareas rojas no sean prolongadas en tiempo de ocurrencia.

- Existencia de Capitanías de Puerto y sus lanchas guardacostas que realizan patrullajes; pescadores artesanales cuyas faenas de pesca son en áreas costeras, vuelos de avionetas entre Guayaquil-Machala, serían los grupos claves para visualizar las discoloraciones y/o mortalidad de organismos.
- Existencia de pocas instituciones de investigación (INP, INOCAR) soporte operacional para el plan de prevención.

#### **4.2.1.2 Oportunidades**

- El país fortalecerá los mecanismos de intercambio regional, asistencia técnica y tecnología científica con los programas para el medio ambiente que se interesan por HAB (UNEP, UNIDO, GEF, UNESCO/IOC, FAO, WHO, Banco Iberoamericano de Desarrollo y OIEA), FANSA y acuerdos regionales como ARCAL: ejemplo de estos son los Objetivos de Desarrollo del Milenio (MDGs), la Agenda 21 sobre medio ambiente.
- Existencia en la región de convenios y protocolos internacionales en temas ambientales: Convenio de Biodiversidad (CDB), CONVEMAR, Convenio de Basilea y del proyecto Globallast-IMO-CPPS (2008-2012). El artículo 8 (h) de la CDB da una base legal para la protección de las especies y ecosistemas nativos contra los efectos nocivos de especies exóticas.
- Existencia de becas para cursos de capacitación IOC-IEO y DANIDA, la COI-UNESCO en algas nocivas, biotoxinas, monitoreo y vigilancia epidemiológica, se dan cada dos años y ya han participado algunos biólogos del Ecuador.
- Las técnicas y equipos están disponibles en el *Manual on Harmful Marine Microalgae* de la COI-UNESCO y Floraciones Algales Nocivas en el Cono Sur, las revistas del News Lether Hab, y la ayuda de Internet de ayudas taxonómicas y artículos científicos relacionados a FANs.

- Las Subsecretarías de Pesca y Acuicultura, Gestión Ambiental Costera, Nacional del Agua, Nacional de Riesgo y la Dirección Nacional de Espacios Acuáticos, tendrían que gestionar un Plan Nacional de Prevención y Control, en coordinación con las instituciones de investigación (INP, INOCAR y Universidades) para el financiamiento, equipamiento y formación de un Grupo Nacional.
- Las lanchas Guardacostas de Capitanías de Puerto realizan patrullajes en áreas costeras; pescadores artesanales cuyas faenas de pesca son en áreas costeras, vuelos de avionetas entre Guayaquil-Machala, sector camaronero, serían grupos claves para la coordinación de vigilancia de discoloraciones del mar y/o mortalidad de organismos, los mismos que deberían formar parte del Plan de Prevención y Vigilancia costera.
- Preparar y concientizar a la comunidad del margen costero, sobre los riesgos establecidos en la salud humana, que sean causados por eventos de MR y consumo de organismos con biotoxinas algales. Se debería incluir este tema en los niveles de educación primaria y secundaria. A nivel académico de emergencias médicas se deberían actualizar los diversos tratamientos.
- Elaborar estrategias de información técnica entre científicos, entre manejadores y desidores del control de políticas de calidad de agua y seguridad alimentaria, que cada institución tenga enlaces *web* sobre este tema.
- Evidencias de mareas rojas en el Golfo de Guayaquil, bahía de Santa Elena y otros sectores costeros identificados en esta tesis; y existencia a nivel regional y mundial del problema que han generado.

#### **4.2.13 Debilidades**

- Poco conocimiento e interés de los causas que generan las MR por diversos componentes del gobierno que se relaciona con el control y calidad del agua, control de especies invasoras del fitoplancton contenidas en el agua de lastre de buques,

control de pesticidas y herbicidas agrícolas con alto contenido de nutrientes (fósforo, nitrato y urea), que afectan en la habitat y riesgos a la salud, ambiente y diversidad biológica.

- Escaso conocimiento del público general, principalmente pescadores y vendedores de mariscos, a los problemas que causan las mareas rojas al ambiente acuático, a sus recursos y a la salud humana.
- Existe escasa información científica de los efectos e impactos y cual fue la causa probable que dió origen a la discoloración y/o mortalidad de organismos.
- Escaso conocimiento del Sector Salud en los síntomas clínicos causados por las intoxicaciones o efectos nocivos en pacientes que han consumido mariscos con toxinas causadas por la MR.
- Marcado divorcio entre las instituciones que se relacionan con el ambiente y las que ejecutan su control, supervisión y monitoreo; existe muy poca relación entre el sector institucional y el científico, lo que se suma al habitual desconocimiento sobre los efectos de las mareas rojas, tema que requieren una mejor comunicación entre el sector científico, centros de control y regulación sanitaria, centros de salud y los responsables de la elaboración de políticas.
- Ausencia o falta de cumplimiento del control de la calidad acuática y de sus recursos vivos: El Ministerio del Ambiente (MAE) y la Dirección de Espacios Acuáticos (DIRNEA), carecen de laboratorios para ejecutar el control a los problemas de contaminación, de mareas rojas, a la mortalidad de organismos acuáticos, ni del seguimiento de parámetros estandarizados adecuados de calidad ambiental para los diversos ecosistemas del país
- Las instituciones científicas en Ecuador requieren de la existencia de laboratorios que estén en acorde a la legislación y políticas armonizadas, relacionadas al control y prevención de MR o mortalidad de organismos.

- Falta de continuidad en las políticas aplicadas desde el sector gubernamental: frente a problemas sociales como falta de control del agua potable o enfermedades transmisibles (colera, salmonella, algas nocivas). Es necesario aumentar su difusión entre el público y los sectores gubernamentales responsables de la calidad de los ecosistemas acuáticos y de sus recursos alimenticios.
- Las instituciones científicas (INP, INOCAR, CENAIM) no cuentan con laboratorios acreditados o certificados, ni tienen equipos de alta tecnología para el análisis de toxinas, ni laboratorios para cultivos de quistes de dinoflagelados.

#### **4.2.1.4 Amenazas**

- Carencia de un Plan Nacional, comité o formación de un Grupo inter-institucional frente a los riesgos a eventos naturales y antropogénicos que generan o causan las mareas rojas (contaminación versus monitoreo ambiental).
- Instituciones del Estado que trabajan con programas separados en ecosistemas vinculantes en la diversidad de usos costeros, generando conflictos inter-institucionales por carecer de esfuerzo multidisciplinario.
- El desarrollo económico se está aprovechando de los bienes y servicios ambientales por más de cuatro décadas (como la industria camaronera, municipios e industria naviera), con un desarrollo costero desordenado, generando conflictos y deterioro ambiental (sin ejecutar investigaciones de la calidad del agua ni sostenibilidad de sus recursos).
- El incremento en la economía mundial y que esta se transporta principalmente por buques comerciales y petroleros con alto contenido de agua de lastre, tienden a introducir especies del fitoplancton nocivas a través del deslastre en áreas costeras, puertos o zonas de cuarentena de buques.

- Algunas especies de dinoflagelados que causan mareas rojas tóxicas pueden generar quistes en su ciclo de vida, pueden tener un proceso acumulativo en el sedimento; estos pueden reestablecer un “bloom” con ciertas condiciones ambientales y/o por dragado de sedimentos en zonas de tráfico marítimo, principalmente áreas de cuarentena cercanas a los puertos.
- La carencia de regulaciones sanitarias de ciudades que se ubican en el entorno del Golfo de Guayaquil, lo que incrementan la carga de nutrientes creando habitats propios para MR.
- Carencia de control fitosanitario (microalgas nocivas) en las fuentes naturales donde se extrae el agua para su potabilización.
- Percepción social desfavorable y falta de comprensión de las enfermedades toxicológicas (por consumo de mariscos y/o agua para consumo humano), por lo que se necesita incluir este tema en la especialidad de emergencias médicas.
- Programa extenso y actualizado de educación a profesores en todos los niveles primarios, secundarios; con textos actualizados y orientados a crear conciencia del riesgo de las mareas rojas en su salud y en los recursos costeros, e indicar del papel crítico que tienen en el futuro del Ecuador.
- Falta de compromiso del gobierno e instituciones para la sostenibilidad de proyectos de asistencia técnica: la resolución de la problemática ambiental requiere esfuerzos a largo plazo, independientes de los cambios políticos que puedan afectar a la región.

#### **4.2.2. Identificación de los recursos que hay que proteger**

Las razones para establecer un monitoreo de MR son múltiples (ambientales, estética, seguridad de mariscos y calidad de agua) y también son diversos los usuarios costeros (Twilley *et al.*, 1999), en la prevención y protección pública en áreas propensas a

brotos o episodios de mareas rojas (Andersen et al., 2004). A continuación se da un breve esquema a priorizar los recursos que necesitan protegerse y se mencionan algunos impactos considerados en Andersen et.al (2004):

<b>Recursos a proteger</b>	<b>Impactos causados por eventos de mareas rojas</b>
<b><i>Impacto directo a humanos</i></b>	
Sitios de uso recreacional y turísticos (lagos, ríos, playas)	Pérdida de valor estético y paisajista por la discoloración del agua. Mal olor y sabor del agua por la degradación del “bloom” algal. Intoxicación por exposición a toxinas algales (aerosol y aire).
Moluscos para consumo humano	Toxicidad debido a la acumulación de tóxicas en la carne de mariscos. Comercialización de mariscos contaminados a nivel nacional
Peces para consumo humano	Toxicidad debido a la acumulación de tóxicas en el plancton y este es consumido por peces. Comercialización de peces muertos durante eventos de MR a nivel nacional
Agua dulce para consumo	Toxicidad debido a las toxinas algales en aguas superficiales y plantas desalinizadoras. Mortalidad de animales domésticos por el consumo de aguas reposadas y soleadas (aguas verde azuladas). Alto costo en el mantenimiento de filtros en plantas de agua potable.
<b><i>Impactos socioeconómicos</i></b>	
Stock de peces	Mortalidad masiva de peces nativos, estrés.
Acuicultura	Mortalidad de camarón, peces, inhibición de crecimiento, estrés.
<b><i>Impacto ambiental</i></b>	
Biota y ecosistemas	Cambios en la estructura trófica. Inhibición de crecimiento por la intoxicación Deficiencia de oxígeno (eutrofización)
Impacto a la Conservación y especies protegidas	Mortalidad de especies acuáticas y terrestres Estrés Inhibición de crecimiento y reproducción de especies

En el esquema (Fig. 27), del modelo propuesto para el Estuario del Guayas (Twilley *et al.*, 1999), se debería implementar los monitoreos multidisciplinarios incluyendo el monitoreo de especies claves de fitoplancton nocivo.

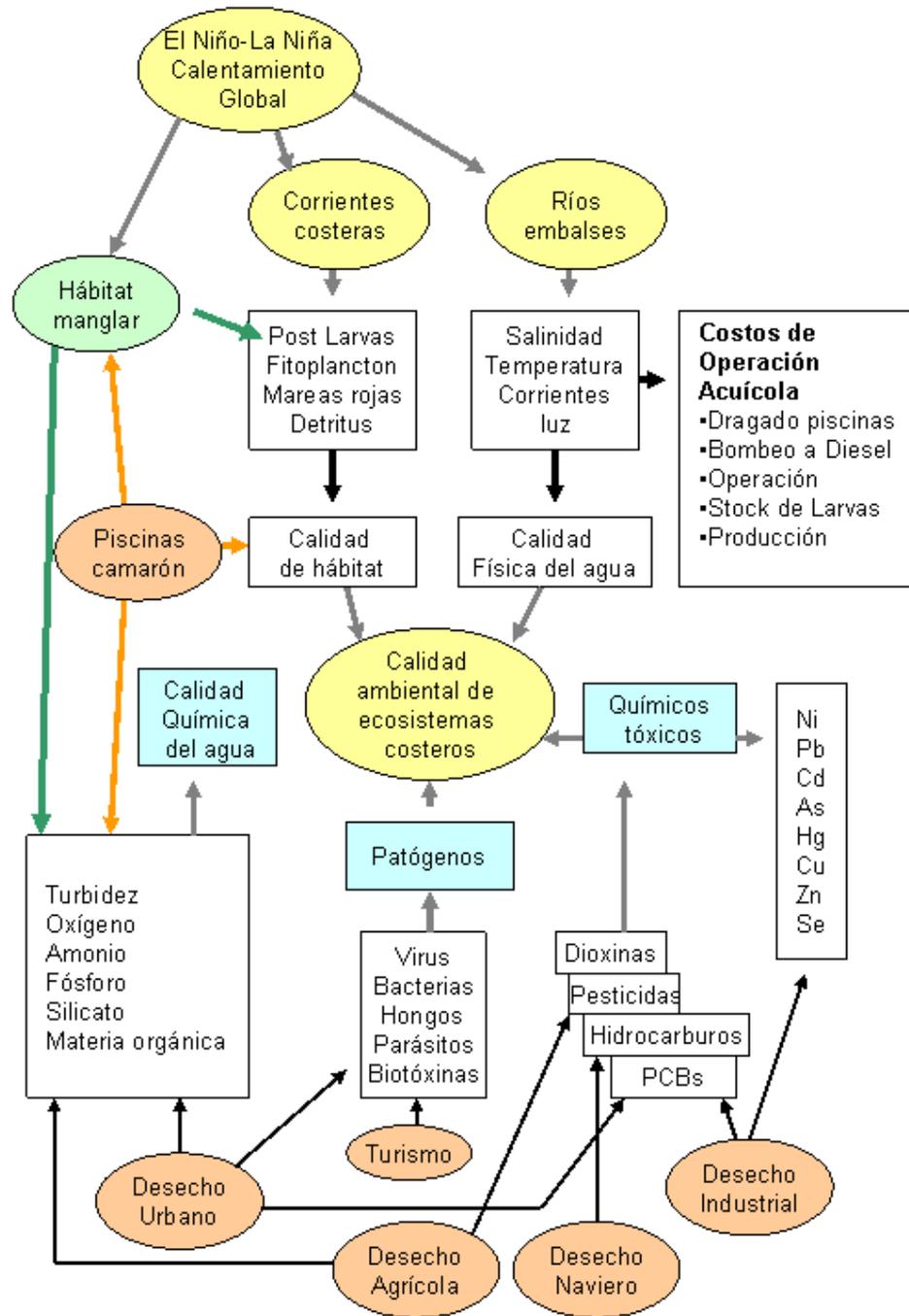


Figura 27. Modelo conceptual de Ecología del Golfo de Guayaquil y estuario del Río Guayas (adaptado desde Twilley *et al.*, 1999), donde se realiza la interacción de funciones de servicios ambientales y resiliencia antropogénica.

### **4.2.3. Propuesta del Plan Nacional de Manejo Preventivo a MR**

En atención a la situación del problema de las mareas rojas en Ecuador, visualizados en los resultados de esta tesis (4.1), deben priorizarse los esfuerzos de programas de monitoreo costero, para la detección de especies centinelas en la formación de mareas rojas, son actividades observacionales costeras para pronosticar y predecir “blooms” algales y su frecuente impacto en el ambiente costero (Sellner et al., 2003) y que se vienen ejecutando en Perú Chile y en otros países.

Entre las “Estrategias Precautorias”, es prioritario implementar el monitoreo durante los meses de mayor ocurrencia y en los sitios de mayor aporte de nutrientes; el pronóstico permitirían a las entidades afectadas tomar medidas para prevenir o disminuir daños a la salud humana e impactos a la producción acuícola; las medidas de emergencia están comunicadas entre las entidades de monitoreo y el sector acuacultor, en casos extremos de “bloom” algal nocivo, es de considerar adelantar la cosecha en cultivos acuáticos, control del oxígeno en piscinas, y que los pescadores no deben comercializar los peces muertos en estos eventos. Para la comunidad en general, las medidas pueden incluir no consumir mariscos provenientes de sitios afectados por MR.

Para la priorización preventiva a los eventos de MR, se han considerado cuatro estrategias: Integración y capacidad institucional, Información y difusión, Plan de Contingencia y Plan de Medidas de Mitigación.

#### **4.2.3.1 Integración y capacidad institucional**

**Objetivo:** Efectivar la integración y capacitación mediante la formación de un grupo institucional a nivel nacional y representación internacional, con desarrollo de acciones de responsabilidad en los ecosistemas acuáticos (Monitoreo y control) para la gestión preventiva a eventos de MR.

**Acciones:** Preparar una resolución para la creación de un Grupo de Trabajo en Mareas Rojas (GTMR) institucional y multidisciplinario con sus respectivos Términos de

Referencia, quienes serán los responsables de cumplir el Plan preventivo a estos eventos (liderado por la Subsecretaría de Recursos Pesqueros, Subsecretaría de Gestión Ambiental Costera, Subsecretaría de Riesgos, Subsecretaría Nacional del Agua, Dirección de Espacios Acuáticos, Municipios e instituciones de investigación):

- Revisar y actualizar las políticas y regulaciones sectoriales para controlar diversas actividades en la costa que incrementen los nutrientes en los cuerpos de agua receptores.
- Preparar un proyecto de financiamiento para que el Plan tenga soporte para su ejecución y presentado a la SEMPLADES.
- Formar un subgrupo de trabajo facultados para investigar, entender y minimizar los problemas de HABs con la ejecución del monitoreo, control y vigilancia (Institutos de Investigación, gremios camaroneros, gremios pescadores y Capitanías de Puertos).
- Formar otro subgrupo para el fortalecimiento en el equipamiento con las nuevas tecnologías para análisis de toxinas algales en las instituciones de investigación existentes.
- Formar otro subgrupo de autoridades para el diseño de un sistema de alerta en dos categorías: programados (alerta temprana o preventivos); emergentes o durante la ocurrencia de MR (Plan de contingencia); y la coordinación regional con los países de la CPPS en tener enlaces con una red de alerta HABs y su relación con la vigilancia y monitoreo de agua de lastre.
- Diseñar una base de datos y registros de MR y parámetros indicadores de la calidad del agua; ampliar la base de datos a ecosistemas que puedan presentar riesgos de eutrofización.
- Continuar con la participación de los talleres sudamericanos sobre MR (FANSA).
- Continuar aplicando a las becas de entrenamiento taxonómico de la COI-UNESCO.
- Proponer cronograma e indicadores de cumplimiento de tareas con informes anuales.

#### 4.2.3.2 Información y difusión

**Objetivo:** Empezar un plan de información y difusión para el esparcimiento del problema e impactos de las MR entre las Autoridades Ambientales y la comunidad local.

**Acciones:** Preparación de medidas de divulgación, difusión y educación de la comunidad a nivel nacional, sobre los problemas o impactos que se relacionan con las mareas rojas y seguridad alimentaria.

- Desarrollar protocolos de información en dos categorías: programados (alerta temprana o preventivos); emergentes o durante la ocurrencia de marea roja (Plan de contingencia).
- Diseñar Campañas de conferencias a periodistas de radio, TV entre otros medios locales y nacionales, con procedimientos de divulgación de estándares para los incidentes o impactos de la MR.
- Diseñar Campañas de conferencias dirigidas a profesores de escuelas, colegios, gremios pesqueros-camaroneros, centros de emergencias médicas.
- Difundir en los médicos de los Centros de Salud costeros las diversas enfermedades e intoxicaciones por consumo de mariscos contaminados por las toxinas de algas; información que también debe incluirse en las Facultades de Ciencias Médicas y salud pública en general.
- Incorporar las toxinas algales en los estándares de la calidad del agua para beber y las recreacionales.
- Preparar documentos de ayuda taxonómica de las especies algales nocivas y difundirlos a investigadores y al sector camaronero.
- Crear un link sobre este tema en la web de las instituciones participantes a fin del avance del Plan Nacional (incluya listas de especialistas, dirección de fax, número celular de donde realizar las denuncias de la presencia de mareas rojas o mortalidad de peces).
- Preparar un Plan de Emergencia Piloto y su diseño de comunicación en las Provincias de El Oro, Guayas y Santa Elena, para valorar los futuros impactos

relacionados por la Marea Roja (cuando la MR ha causado mortalidad de peces y escasez de otros organismos). Su comunicación y difusión se la realizará mediante elementos de prensa local (radio, TV, folletos en capitanías de puertos, periódico).

#### **4.2.3.3 Plan de Monitoreo y Contingencia**

**Objetivo:** Empezar medidas preventivas a los riesgos que pueden causar las MR en la comunidad a nivel nacional.

**Acciones:** Los procesos socio-ecológicos y sus actividades interactuantes requieren de control y prevención a los efectos negativos del “bloom” algal, mediante la implementación de planes de contingencia sistemas de alerta temprana y vigilancia epidemiológica.

- Desarrollar modelos de la cadena alimentaria para tratar de predecir los efectos de las toxinas en áreas adyacentes del Golfo de Guayaquil, principalmente en áreas cercanas a la producción acuícola.
- Obtener una base de datos de parámetros de nutrientes que permitan establecer sus rangos dentro de los parámetros de calidad de agua para la producción de especies acuáticas, o los rangos de nutrientes en áreas recreacionales, cercanas a sitios susceptibles a la formación de mareas rojas. La alta concentración de fosfatos y nitratos se relacionan con la ocurrencia de mareas rojas.
- Proponer cuatro estaciones de monitoreo fijas al interior del Golfo de Guayaquil (Sector del Cerro de los Morreños, Puná, frente a la población de Jambelí e Isla Santa Clara), mensual (febrero a octubre), actuarían como alertas a posibles eventos de mareas rojas, a fin de proteger la producción camaronera y la salud de las comunidades al interior del Golfo.
- Preparar un proyecto de monitoreo en áreas prioritarias como el Golfo de Guayaquil, zonas portuarias, áreas de cuarentena de buques, principales tributarios que llegan al golfo, desechos sanitarios urbano industriales, áreas recreacionales y

de conservación (playas turísticas, sitios de pesca, sitios de reproducción de ballenas, sitios Ramsar y áreas protegidas).

- Proponer a los Municipios que tienen inherencia al interior del Golfo de Guayaquil y otros estuarios (Cojimies, Bahía Caraquez, San Lorenzo) la implementación efectiva de tratamientos sanitarios urbano-industrial. El borde costero es vinculante con el hábitat para mareas rojas como fenómenos sanitarios (Reguera, 2002), la propuesta de macrozonificación de la zona costera continental del PMRC (Ochoa et al., 2000) sería de gran aporte en la iniciativa de ordenamiento de usos.
- Preparar un plan de contingencia de Sistema de Alerta Temprana en casos de eventos de mortalidad de peces u otros organismos en áreas costeras, estos no deberían ser comercializados en otras provincias; en casos de mareas rojas cercanas a camaroneras se alertarían vía celular o correo electrónico a las otras camaroneras cercanas y evitar mortalidad por anoxia.
- Las instituciones que conformen el Grupo Tarea de Mareas Rojas, debe coordinar las posibles vedas a los recursos pesqueros cuando ocurran mareas rojas de gran magnitud y prevalezcan mayor tiempo, así como realizar la evaluación de su impacto en la comunidad y al ambiente y difundirla por los medios locales.
- El Ministerio de Salud debería implementar un Centro de Diagnóstico en el área de epidemiología, para la intoxicación de personas que hayan consumido mariscos; así como disponer de un laboratorio para análisis de toxinas en humanos durante la MR.

En base a los resultados obtenidos en esta tesis y del análisis FODA, se propone implementar las siguientes acciones aplicadas al monitoreo, obtenidas desde experiencias y acciones realizadas en otros países frente a eventos de “bloom” algal y/o mareas rojas (NOAA, 2001; Lee et al., 2003; Reguera, 2002; Fogg, 2002; Moreno y Chávez, 2005; HARRNESS, 2005; Glegg, 2010)

<b>Plan</b>	<b>Acciones</b>
Área prioritaria de Monitoreo	Golfo de Guayaquil: Zonas portuarias, áreas de cuarentena de buques, principales tributarios que llegan al golfo, sitios de evacuación de desechos sanitarios urbano industriales. Áreas costeras de alta producción acuícola. Ampliar muestreos a áreas de uso recreacional y de conservación (playas turísticas, sitios de mayor pesca, sitios de reproducción de ballenas, sitios Ramsar y áreas protegidas)

Metodologías de muestreo (Manual)	<p>Se desarrollan protocolos de muestreo mensuales (principalmente entre febrero a agosto) como alerta temprana o preventiva; con excepción de algún evento fuera de estos meses.</p> <p>Se desarrollan protocolos de muestreo emergentes o durante la ocurrencia de marea roja (Plan de contingencia).</p> <p>Personal de muestreo entrenado en el uso de equipos, calibración de equipos.</p> <p>Datos ambientales (lista de parámetros): Físicos (influencias oceanográficas), químicos y biológicos.</p>
Metodologías de Análisis (Manual)	<p>Se desarrollan protocolos de análisis microscópicos cuantitativos y cualitativos (considerando la tecnología y su proyección).</p> <p>Diseño de un programa de entrada de datos y de iniciar una metadata, que incluya el rango de densidad celular de especies que puedan ser centinelas precursoras de eventos de mareas rojas o daño a otras especies.</p> <p>Personal entrenado en taxonomía de algas nocivas, técnicas microscópicas y en la interpretación de resultados.</p>
Línea Base de datos en especies fitoplancton	<p>Una institución será de coordinadora para la custodia de la base de datos, reportes de la base de datos, mantenimiento.</p> <p>Se implementará los protocolos de la base de datos de análisis de fitoplancton y parámetros ambientales anexos.</p>
Avisos de alerta	<p>Los avisos serán dirigidos al sector pesquero, camaronero, naval y las instituciones de control y seguimiento de tareas.</p> <p>Entrenamiento a pescadores, camaroneros y repartos navales en formar parte del programa de observación y vigilancia de eventos de mareas rojas.</p> <p>Las Instituciones tendrán en su página web los resultados y reportes del seguimiento de la alerta o plan de contingencia.</p> <p>Comunicación y difusión, mediante elementos de prensa local (radio y en Capitanías de Puertos).</p>
Plan de contingencias en casos emergentes	<p>Emprender diferentes niveles de regulación durante las mareas rojas (Ejemplo prohibir la pesca)</p> <p>Conocer técnicas y protocolos de mitigación dirigidas a minimizar daños en áreas de cultivos acuícolas.</p> <p>Rol institucional bien definido para la vigilancia, muestreo, regulación y plan de contingencia de seguridad alimentaria.</p> <p>En caso de mortalidad de peces (u otros organismos), prohibir su venta e investigar sus causas; remover los organismos muertos y optar acciones para minimizar otros problemas como malos olores, pérdida de estética de playas turísticas entre otros.</p> <p>Lista de recursos y referencias a nivel nacional e internacional.</p>
Involucramiento del sector industrial marítimo	<p>Las industrias deben estar involucradas en los programas de manejo del Plan Nacional de algas nocivas.</p> <p>El sector industrial realiza buenas prácticas y uso de los servicios ambientales; para su control el grupo de tarea nacional efectuarán auditorías ambientales y costos de remediación.</p>
Reportes mensual y anual	<p>Una de las tareas es difundir los eventos mediante reportes o informes de los resultados obtenidos; control en la calidad de ecosistemas acuáticos; reformas y mejoras en las políticas sectoriales en reducir los nutrientes (nitrato y fosfato) desde aguas municipales y desde escorrentías de tierras de uso agrícola, ganadera y pecuario.</p>

Representación Nacional y regional	Participar a nivel regional en los talleres de estandarización en los programas de Vigilancia, Monitoreo y difusión, con entrenamiento del personal. Pasantías en laboratorios de referencias acreditados para análisis de Biotóxicas.
Coordinación de políticas	Incluir el control de normativas ambientales en el área industrial marítima, que entiendan y contribuyan en disminuir la entrada de fosfatos y nitratos en los ecosistemas acuáticos (incluyendo escorrentías durante EL Niño). Evaluar las industrias con mayor impacto al ambiente (pasado, presente y futuro), para implementar un impuesto razonable a la protección ambiental para ser utilizado en el monitoreo. Incluir políticas de predicción y manejo de prevención (datos meteorológicos y factores físicos) frente a incremento poblacional, contaminación y calentamiento global. Incluir políticas de sanción por la venta de peces muertos por FANs en prevención de la seguridad alimentaria. Incluir políticas y normativas en el proceso de eviscerado de mariscos.

#### 4.2.3.4 Plan de Medidas de Mitigación

**Objetivo:** Empezar medidas de mitigación preventivas a los riesgos que pueden causar las mareas rojas en la comunidad costera.

**Acciones:** En los resultados de esta investigación, fue evidente que en áreas costeras con mayor influencia humana y los sitios más críticos fueron el Estero Salado, Río Guayas, canales adyacentes a la isla Puná y archipiélago de Jambelí, donde su calidad de agua está afectada por los diversos usos y por descargas de aguas residuales del sector urbano e industrial, la resiliencia de estos ecosistemas dependerán de las medidas de control implementadas y de los indicadores químicos y biológicos. A continuación se mencionan algunas medidas de mitigación para que sean implementadas en el Plan Nacional:

<b>Impacto</b>	<b>Medidas de Mitigación</b>
<b>Ambiente del borde costero</b>	Mantener e Implementar medidas de conservación y reforestación del manglar en la riberas, mediante un Plan de manejo del manglar como barrera natural de protección y de vital hábitat de la diversidad de especies terrestres y acuáticas. Promover los derechos del uso y aprovechamiento de los servicios ambientales del manglar a través de la emisión de acuerdos de

	<p>concesiones, y educación.</p> <p>El Plan debe estar coordinado entre agencias, al gobierno municipal, adecuada respuesta del gobierno local en atender las dificultades políticas y sociales que deberían enfocarse hacia la conservación de la buena calidad del hábitat, de sus especies y el hombre.</p>
<b>Vigilancia epidemiológica</b>	<p>La autoridad en pesca, salud y municipal, en casos de MR asociadas a mortalidad de peces u otros organismos de importancia comercial, prohibirá la pesca, la venta local de mariscos e incluso decomisos en los mercados. Este ítem sería incluido en el Plan de contingencia, junto con el monitoreo del seguimiento de la MR, incluirá el involucramiento compañías aéreas para tomar fotos aéreas sobre la dimensión y dispersión de la discoloración.</p>
<b>Paisajístico</b>	<p>Promover un Plan de conservación del paisaje urbanístico en las cercanías de zonas portuarias y sitios donde son más concurrentes a MR y a estrés antropogénico, que incluya acciones para concientizar al componente comunitario local y turístico en la conservación del manglar, recolección de basura evitar arrojar desperdicios plásticos, que causan un impacto paisajístico negativo para el turismo en zonas costeras.</p> <p>Promover un plan de recolección de basura al término de temporadas playeras, en ríos u otros centros recreacionales.</p>
<b>Ambientales y bioseguridad</b>	<p>Los municipios locales implementen en su infraestructura sanitaria monitoreos continuos a fin de restaurar la calidad ambiental del agua de mar en sitios potencialmente turísticos y pesqueros.</p> <p>Minimizar los riesgos a través de obras sanitarias tanto por el Municipio como por el Ministerio de Salud.</p> <p>Disminuir los problemas identificados como nemátodos y bacterias fecales.</p> <p>Proponer plantas de tratamiento especiales para el eviscerado de peces y de los camales situados en el borde costero o ríos.</p> <p>Prohibir la pesca en lugares muy costeros asociados con arrecifes de coral o macroalgas, a fin de disminuir el riesgo de palitoxinas y ciguatera.</p> <p>Proponer un programa de monitoreo en el Golfo de Guayaquil y en bahía de Santa Elena.</p> <p>Diagnóstico de especies exóticas de fitoplancton nocivo que se transporta en el agua de lastre de los barcos en zonas portuarias y su respectivo monitoreo de control.</p> <p>Realizar diagnósticos ambientales continuos para la efectividad de recuperación ambiental posterior a las obras sanitarias.</p>
<b>Socio-Económico</b>	<p>Los pescadores artesanales son capacitados sobre los problemas de MR y los eventos de mortalidad de peces, conocen el proceso para denunciar estos eventos y acogen las medidas de manejo costero y el desajuste ecológico por la sobrepesca.</p>
<b>Seguridad global</b>	<p>Reconsiderar algunas normativas de calidad de agua (físico-químico) e incrementar los indicadores ecológicos y biológicos) que tiene el Ecuador; normativas para control sanitario de mariscos y monitoreo ambiental de mariscos con toxinas algales y entender los derechos a tener un ambiente sano.</p>

#### 4.2.3.5 Control de mareas rojas

**Control Biológico:** Es el uso de especies que se alimentan e infectan por consumir algas nocivas, principalmente copépodos y ciliados que consumen algas y dinoflagelados, algunos virus, parásitos y bacterias que son prometedores como agentes de control, debido a que son abundantes en ecosistemas acuáticos y marinos y tienen tasas de reproducción altas, siendo necesario entender el rol trófico donde ocurren los eventos de mareas rojas.

**Control Químico:** Se han probado muchos productos químicos para matar o reducir el número de células de especies relacionadas con mareas rojas. Entre estos se encuentran el sulfato de cobre, esteroides, hipoclorito de sodio, hidróxido de magnesio y muchos otros. Por lo general, la mayoría de los productos han sido demasiado caros y demasiado generalistas (causan daños a otros componentes del ecosistema).

**Control Físico:** El control físico incluye eliminación de las células nocivas por medio de filtración, rascado de la superficie, ultrasonido, electrolisis, y métodos similares. Por varias razones, la mayoría de estas técnicas no han dado buenos resultados para el control de las FAN. Una prometedora estrategia no química es el tratamiento de florecimientos con arcillas floculantes que capturan partículas del agua, incluyendo las células tóxicas, y las trasladan a los sedimentos en el fondo. Las consecuencias ambientales de esta estrategia aún no han sido evaluadas.

**Precauciones:** se mencionan las siguientes:

- Manténgase alejado de aguas donde se han reportado mareas rojas o si el agua tiene color anormal, espuma o contiene peces muertos.
- No coma, pesque, ni use peces u otros organismos provenientes de esas aguas.
- No permita que sus animales domésticos se bañen en esas aguas, ni que beban o coman peces de ellas.
- No coma peces ni mariscos de sitios donde se han reportado mareas rojas recientemente.

## V. DISCUSIÓN

La percepción estacional en el desarrollo de MR con temperaturas relativamente altas y mayor radiación solar, registrados en Europa y Sudafrica ocurren entre mayo a noviembre, mientras que en América del Norte ocurren entre julio y septiembre (FAO, 2005), en Alaska entre 1973 al 1994 ocurrieron en mayo y julio (Gessner y Schloss, 1996), otros ocurren durante la época lluviosa en aguas de Indonesia, lo que se relaciona con la disponibilidad de nutrientes en aguas costeras (Sidabutar et al., 1997). En las costas del Ecuador, estas condiciones ambientales se relacionarían con la mayor ocurrencia de MR obtenidos en este estudio principalmente en marzo y abril; mientras que en mayo y los meses de verano, las MR posiblemente estarían influenciadas por las condiciones oceanográficas de la corriente fría de Humboldt. Sin embargo, durante las aguas cálidas de eventos El Niño no todos registraron ocurrencias de MR; pero en los eventos fríos de La Niña (1996 y 2000) si se relacionaron.

Considerando la ecología del fitoplancton en el margen costero e insular del Ecuador (Torres, 2002), en la época cálida hay mayor diversidad de especies de dinoflagelados que al encontrarse con aguas nutritivas de la bahía de la Península de Santa Elena y algunos estuarios pueden causar brotes de MR de corta duración; mientras que en la época seca hay mayor densidad y diversidad de diatomeas, notándose la disminución de ocurrencias de MR. Sin embargo, la ocurrencia de MR causadas por especies de dinoflagelados registradas en casi en todo el año no presentó un patron estacional definido para estas eventos.

El PMRC con la asesoría de USAID y Universidad Rode Island han documentado los problemas soioeconómicos de la maricultura del camarón, con la contaminación, escasez de postlarva y ocurrencia de MR (Olsen y Arriaga, 1989; Jiménez, 1989). Twilley et al., (1999), consideran la situación de la MR como un problema de calidad de hábitat del Golfo de Guayaquil, elaborando un primer modelo integrado (Fig. 26). Coello (1999), menciona que el estero de Data de Posorja tiene problemas de degradación ambiental, con fuertes descargas de nutrientes que habrían sobrecargado la capacidad de autodepuración del Estero. Gaibor (2000), mencionan que el aumento de temperatura y sólidos en suspensión provocaría cambios en la

distribución normal de organismos que habitan en el Golfo Interior de Guayaquil, así el fitoplancton producirá mayor eventos de MR y afectar a otros niveles tróficos. Estos antecedentes confirman que el Golfo de Guayaquil, ha presentado problemas ambientales y coinciden con la mayor ocurrencia de MR registradas en esta investigación.

La iniciativa de la protección ambiental del Golfo de Guayaquil donde se desarrolla la principal producción acuícola como la industria del camarón (CAAM, 1996), no tuvo la suficiente proyección en el control y monitoreo ambiental para un desarrollo sostenible de los recursos del estuario (Tobey et al., 1998), lo que ha generado protestas y denuncias por los pescadores (al Ministerio del Ambiente, Subsecretaria de Recursos Pesqueros, y al Departamento Ambiental del Ministerio de Energía y Minas durante el 2003 al 2008 en El Oro), sobre los eventos de mortalidad de peces y MR, lo cual es un problema socio-económico que también sería un indicador de la degradación de la calidad del agua.

Se han comprobado la abundancia de dinoflagelados en tanques de agua de lastre en puertos de Tumaco, Perú y Chile (CPPS, 2010); en Ecuador aún no se ejerce ningún control sobre especies invasoras contenidas en el agua de lastre de los buques que llegan a los puertos (Guayaquil y Pto. Bolívar), áreas que tienen más del 80% del comercio marítimo internacional. Posiblemente la calidad del agua del estuario con alta concentración de nutrientes se convierte en un habitat propicio para generar blooms algales, lo que se puede relacionar con la mayor ocurrencia de MR en el Golfo de Guayaquil.

Estas condiciones antrópicas y la diversidad de dinoflagelados que han generado MR, advierte la necesidad de implementar un proyecto de monitoreo a largo plazo para la vigilancia preventiva a estos eventos de MR y mortalidad de organismos, así como disminuir otros impactos económicos al sector acuícola.

## VI. CONCLUSIONES

Durante en el periodo retrospectivo entre 1968 hasta el 2009, se evidenciaron 131 eventos de mareas rojas. Los años de mayor ocurrencia fueron en 1985, 2001 y 2003, posiblemente sea en respuesta a condiciones oceanográficas costeras locales y no necesariamente coincidieron con los eventos El Niño o La Niña.

En marzo, abril y mayo, fueron los meses de mayor ocurrencia de MR y mayor densidad algal, que correspondieron a los meses más cálidos y lluviosos, mientras que en mayo es un mes transicional hacia el verano y en los otros meses las MR fueron poco frecuentes. Esta tendencia mensual de ocurrencia permitirá establecer una planificación en los futuros monitoreos de calidad de agua de los ecosistemas costeros.

El área geográfica de mayor vulnerabilidad a la ocurrencia de MR y mortalidad de organismos se localizó en el Golfo de Guayaquil (principalmente en los canales internos del Estero Salado y Río Guayas y frente al borde costero de la provincia de El Oro), lo cual sustenta la hipótesis de “mayor MR en áreas de mayor uso antrópico”, la misma que es coincidente con el área más productiva del sector camaronero, sectores con mayor población y uso agrícola. En las costas de Manabí, Esmeraldas y en Galápagos su incidencia fue menor, lo que se relacionaría con la dinámica oceanográfica del Frente Ecuatorial y afloramientos, circunstancias locales que escasamente favorecen la formación de MR y que sean de corta duración.

Se registraron treinta y siete especies causantes de mareas rojas, siendo la clase Dinophyceae que presentó mayor número de especies de dinoflagelados, mientras que las Cyanophyceae, Bacillariophyceae y Raphidophyceae registraron el menor número de especies.

El Ciliado *Mesodinium rubrum* registró la mayor ocurrencias de MR preferentemente en los meses cálidos, seguida por otras especies como *Gymnodinium sp.*, *Noctiluca scintilans*, *Cochlodinium catenatum* como especies frecuentes (13, 7 y 5 eventos respectivamente) y especies con dos eventos fueron *Gyrodinium sp.*,

*Gymnodinium cf. brevis*, *Prorocentrum minimum*, *P. gracile*, *Ceratium dens*, *Gonyaulax monilata* (*Alexandrium monilatum*); especies que causaron un solo evento fueron *Ceratium trichoceros*, *C. deflexum*, *Ceratium furca*, *Ceratium sp.*, *Prorocentrum mexicanum*, *Prorocentrum sp.*, *Gymnodinium sanguineum*, *G. splendens*, *Glenodinium foliaceum*, *Gonyaulax cf. polygramma*, *Oxyhrris marina*, *Pyrophacus steinii*, *Phaeocystis sp.* Las diatomeas que causaron un solo evento fueron *Skeletonema costatum*, *Bellerochea malleus*, *Pseudonitzschia sp.*, *Thalassiosira sp.* En el grupo de rafidoficias con un solo evento fueron *Chatonella marina* y *C. subsalsa*. En el grupo de cianobacterias *Oscillatoria erythraeun* y *Nodularia sp.* Las especies con mayor densidad algal fueron *M. rubrum* *Gymnodinium sp.*, *P. maximum*, *S. trochoidea*, *G. instriatum*, *N. scintilans*, *Cochlodinium sp.*, *Ceratium dens*, *C. catenatum*, *Prorocentrum gracilis* y *Skeletonema costatum*.

El taxón con mayor número de especies que causaron MR fueron la clase Dinophyceae con 28 especies de dinoflagelados, seguidos por Cyanophyceae Bacillariophyceae, Raphidophyceae y el ciliado *Mesodinium rubrum*, correspondieron al Golfo de Guayaquil. Ochoa (2003), también presentó un esquema con tendencias similares para el Golfo de México, lo cual se relaciona con un gran número de especies que forman “blooms” nocivos y en su mayor parte son cosmopolitas y formadoras de quistes en su ciclo de vida (Taylor et al., 2004).

Se reportaron 26 mareas rojas relacionadas con la mortalidad de organismos (principalmente peces, seguido de crustáceos) en catorce años del periodo del estudio, en su mayor parte ocurrieron en el Golfo de Guayaquil. Eventos que no han tenido una explicación científica, ni seguimiento por las autoridades ambientales y pesqueras en investigar cual fue la causa, los que han sido denunciados por los pescadores de algunos sectores de la Provincia de El Oro desde casi tres décadas. En el país no existe una Autoridad ambiental-pesquera-acuícola, responsables para monitoreo de algas nocivas y biotoxinas en relación a la calidad de los recursos y a la seguridad de salud pública, la misma que debe realizarse de forma integrada con el sector camaronero, quienes realizan conteos y taxonomía de fitoplancton diariamente.

Estos resultados han evidenciado el alto riesgo de tener futuros episodios tóxicos en nuestra costa como los registrados en los países vecinos (Perú y Colombia), hay que considerar la urgencia de establecer reformas en las políticas sectoriales y programas de manejo que disminuyan en crear habitats propicios para la formación de blooms algales (mayor contaminación y nutrientes), en implementar laboratorios con equipos especializados para biotoxinas, difusión de esta problemática a todo nivel, así como las medidas de preventivas y de control de especies invasoras contenidas en el agua de lastre de buques, cuya efectividad dependerán de la gestión de las diversas autoridades (marítimas, ambientales, municipios, acuicultor pesquero y salud) a fin de brindar seguridad alimentaria.

Las condiciones oceanográficas en la zona costera del mar ecuatoriano, han permitido escasos eventos de MR de corta duración, lo cual puede ser aprovechado para implementar la maricultura, considerando la tendencia futura global en desarrollar la maricultura (Olsen, 2011), pero con un buen manejo de los nutrientes (Tsukamoto, 2002) y el monitoreo de especies claves del fitoplancton, serían las principales variables ambientales claves en la prevención de blooms y evitar pérdidas económicas.

## VII. RECOMENDACIONES

Las investigaciones del fitoplancton, trata en la medida de sus posibilidades proyectarse hacia posibles eventos futuros de microalgas nocivas (marea roja tóxica), mediante las siguientes recomendaciones:

1. Realizar alianzas estratégicas entre las Subsecretarías de Gestión Ambiental costera, de Pesca y Acuicultura, Riesgo, SEMPLADES, Marítimas, Municipios, con los Institutos de Investigación Científicas (INOCAR, INP, CENAIM y de Universidades) y el sector industrial camaronero y larvicultor, para formar un Grupo Nacional en Mareas Rojas con su respectivo TDR y Resolución ministerial para la implementación de un plan de monitoreo sobre calidad de agua y especies MR en zonas costeras consideradas con alto riesgo por diversas actividades antrópicas.
2. Realizar talleres técnicos para la revisión de las políticas sobre los parámetros de calidad del agua y sus concentraciones permisibles (dulce, marina, estuarios, acuícola, sitios acuáticos para turismo y áreas marinas protegidas) asociado a MR y su proyección con los cambios derivados de los Programas Globales como el calentamiento global, especies invasivas, incremento poblacional, acuícola, maricultura y contaminación.
3. Socializar la importancia de los monitoreos del fitoplancton en el sector acuicultor y maricultor seleccionar especies claves que puedan generar MR mediante formatos estandarizados nacional y regional.
4. Sugerir que el delegado del punto focal de COI-UNESCO y FAO (Ecuador), realice la difusión de los programas de seguridad alimentaria que el país debe cumplir a las respectivas autoridades ambientales, de control sanitario de los mariscos y de salud, sobre la necesidad de laboratorios de biotoxinas certificados.
5. Incluir el tema de MR como una amenaza dentro de la Subsecretaría de Riesgo y SEMPLADES, debido a los múltiples impactos tanto al ambiente acuático, agua de

consumo humano y su biodiversidad, mortalidad de peces y camarones y posibles enfermedades en humanos.

6. Implementar un Laboratorio equipado y con personal especializado bajo la norma ISO 17025, para determinar toxinas marinas en mariscos (técnicas para biotóxicas acreditadas por un organismo oficial de acreditación, los cuales puede ubicarse en el INP o el INOCAR).
7. Preparar un Plan de Comunicación de alerta temprana frente a avistamientos de eventos de MR entre los diversos usuarios del borde costero; Ejemplo entre pescadores, sector camaronero y Capitanías; entre zonas geográficas de grupos de camarónicas, entre institutos de investigación, autoridades ambientales, pesqueras y sanitarias.
8. Implementar monitoreos de control en la Gestión de Agua de Lastre de los Buques internacionales comerciales y petroleros que llegan a puertos así como en las normativas de sanciones o incumplimientos que debe ejercer la autoridad marítima y ambiental en minimizar la introducción de especies invasoras acuáticas.
9. Estimar la valoración ambiental de las pérdidas económicas en próximos eventos de MR y mortalidad de peces, acogiendo el modelo propuesto por Morgan et al. (2009) e implementar un Plan de Emergencia con los pescadores artesanales y sector camaronero que sean impactados/afectados por MR y minimizar sus impactos económicos.
10. Efectuar un Proyecto para la implementación de un programa de monitoreo interinstitucional (pesca, acuicultura, salud, ambiente e investigación, marítimo, cancillería).
11. Formalizar cursos continuos sobre taxonomía de fitoplancton nocivo al sector larvicultor y camaronero, con diseño de formatos y difusión virtual, a fin de contar

con un método de comunicación efectiva para la predicción y el control de los crecimientos masivos de algas nocivas.

12. A continuación se dan unas breves recomendaciones a la comunidad en general:

- **PESCADORES:** No deben realizar faenas de pesca (peces, conchas) mientras dure la marea roja.
- **COMUNIDAD:** cuando exista una mortalidad masiva de peces, no consumir mariscos hasta confirmar si la MR es nociva por el INOCAR u otra institución científica.
- **CENTROS DE SALUD:** A nivel mundial se han reportado los siguientes cuadros clínicos de las personas que han consumido mariscos intoxicados: dolores estomacales (vómitos y/o diarreas) y/o dolores de cabeza y del cuerpo.
- **CENTROS DE EDUCACION:** Difundir la MR a nivel nacional en los textos de primaria y secundaria, conferencias a los pescadores, camaroneros etc.
- **CENTROS DE INVESTIGACION:** Desarrollar proyectos de monitoreo asociados a las microalgas tóxicas.
- **LEGISLACION AMBIENTAL:** Gestionar la integración de normativas sanitarias en las zonas costeras y en los mariscos de consumo en el mercado nacional, enfocados hacia la seguridad alimentaria y turismo.

## VIII. BIBLIOGRAFIA

**Abalde S., Garet, E., Pérez D., Fuentes-González J., y A., González-Fernández. 2006.** Inmunotecnología aplicada al campo marino. *Immunología*: 25 (4): 239-247.

**Ahmed S., E. Jaime, M. Reichelt and B. Luckas, 2000.** Paralytic Shellfish poison in Freshwater Puffer Fish (*Tetraodon cutcutia*) from the river Burigonga, Bangladesh. In Harmful Algal “bloom”. Hallegraef G. Blackburn S. Bolch C. and R. Lewis (eds), Intergovernmental Oceanographic Commission of UNESCO.

**Al-Busaidi S., Raishdi K. Gheilani H., and S. Amer. 2008.** Hydrological observations during a Red Tide with Fish Mortalities at Masirah Island, Oman. *Agricultural and Marine Sciences*, 13: 63-72.

**Alexandrov B., Bashtanny R., Clarke C., Hayes T., Hilliard R., Polglaze J., Rabotnyov V., and S. Raaymakers, 2003.** Ballast water risk Assessment, Ports of Odessa, Ukraine. Final Report Globallast, Monograph Series N° 10. IMO London.

**Alvarez C. y J. Herrera.** Cuando el mar cambia de Color: Florecimientos algales. Avance y Perspectiva. Laboratorio de Plancton de la Unidad de Mérida del Cinvestav, Departamento de Recursos del Mar.

**Andersen P., 1996.** Design and Implementation of some Harmful Algal Monitoring Systems. Prepared jointly with the International Council for the Explorations of the Sea. Intergovernmental Oceanographic Commission Technical series N° 44. UNESCO.

**Anderson D., A. Cembella and G. Hallegraeff, 1998.** Physiological Ecology of Harmful Algal “blooms”. *NATO ASI Series G: Ecological Sciences*, 41: 1-662.

**Anderson, D.M., P. Andersen, V.M. Bricelj, J.J. Cullen, and J.E. Rensel. 2001.** Monitoring and Management Strategies for Harmful Algal “bloom”s in Coastal Waters,

APEC #201-MR-01.1, Asia Pacific Economic Program, Singapore, and Intergovernmental Oceanographic Commission Technical Series No. 59, Paris.

**Andersen P., Enevoldsen H., and D. Anderson, 2004.** Harmful algal monitoring programme and action plan design. In Manual on Harmful Marine Microalgae. Edited by G. Hallegraeff, D. M., Anderson, and A.D. Cembella, N°22: 627-655.

**Anderson D., 2007.** The Ecology and Oceanography of Harmful Algal Blooms: Multidisciplinary Approaches to Research and Management. IOC Technical Series 74. IOC/2007/TS/74.

**Anderson D., Reguera B., Picher G., and H. Enevoldsen, 2010.** The IOC International Harmful Algal Bloom Program: History and Science impacts. Oceanography Society. 23 (3): 73-8

**Anil A., Clarke C., Hayes T., Hilliard R., Joshi G., Krishnamurthy V., Polglaze J., Sawant S., and S. Raaymakers, 2003.** Ballast water risk Assessment, Ports of Mumbai and Jawaharlal Nehru, India. Final Report Globallast, Monograph Series N° 11. IMO London.

**AOAC, 1990.** Biological Method. Association of Official Analytical Chemists. USA.

**ARCAL-OIEA, 2008.** Perfil Estratégico Regional para America Latina y el Caribe (PER) 2007-2013: Medio Ambiente en America Latina y el Caribe a la luz del PER.

**Awad A., Clarke C., Greylin L., Hilliard R., Polglaze J., and S. Raaymakers, 2003.** Ballast water risk Assessment, Ports of Saldanha Bay, Africa. Final Report Globallast, Monograph Series N° 13. IMO London.

**Backer L., Fleming L., Rowan A., and D. Baden. 2004.** Epidemiology, public, health and human diseases associated with harmful marine algae. In Manual on Harmful

Marine Microalgae. Edited by G. Hallegraeff, D. M., Anderson, and A.D. Cembella, A.D., UNESCO. 26: 724-749.

**Balech, E., 1988.** Los dinoflagelados del Atlántico Sudoccidental. Instituto Español de Oceanografía, 1: 1-300.

**Balech E. 2002.** Dinoflagelados tóxicos del cono sur Americano. En Floraciones Algales Nocivas en el Cono Sur Americano, Sar E., M. Ferrario y B. Reguera (eds). Instituto de Oceanografía.

**Band-Schmidt C, Martínez-López A., and I. Garate-Lizárraga, 2005.** First record of *Chattonella marina* in Bahía de la Paz, Gulf of California (*Mexico*). In Harmful Algal News 28, IOC Newsletter on toxic algae and algal blooms.

**Barber, R., Chavéz F., y J. Kogelschatz, 1985.** Efectos Biológicos de El Niño, Bol. ERFEN, 14: 3-29.

**Barraza R, Cortés R., and A. Sierra. 2004.** Marine die-offs from *Chattonella marina* and *Ch. Cf ovata* in Kun Kaak Bay, Sonora en el Golfo de California. Harmful Algal News 25, IOC Newsletter on toxic algae and algal blooms.

**Black E. 2001.** A Risk Assessment Approach to HAMM for Aquaculturists. HAMM. In <http://www.cfsan.fda.gov/~frf/hamm01ab.html>.

**Brown, J., Colling A., Park D., Phillips J., Rothery D., and J. Wright, 1991.** Case Studies in Oceanography and Marine Affairs. By An Open University Course Team. 248 pp.

**CAAM, 1996.** Sistemas Biofísicos del Golfo de Guayaquil. Comisión asesora Ambiental de la Presidencia de la República.

**Cajiao M., Flores M., Gonzalez A., Hernández P., Martans C., Porrás N. y J. Zornosa, 2006.** Manual de legislación Ambiental para los países del Corredor Marino de Conservación del Pacífico Este Tropical: Isla del Coco-Costa Rica, Isla Coiba-Panamá, Islas Malpelo y Gorgona-Colombia e Islas Galápagos-Ecuador. Fundación Mar Viva.

**Cárdenas W., y J. Espinoza 1990.** Marea Roja en el Golfo de Guayaquil ocasionada por el Dinoflagelado *Cochlodinium cf. catenatum* Okamura. Instituto Nacional de Pesca (no publicado).

**Carreto J., 2008.** Florecimientos de Algas Nocivas en Argentina. Instituto Nacional de Investigación y Desarrollo Pesquero. Informe reunión VIII Taller COI-FANSA.

**Carrillo L., Cortés R., Leiva V. and V. Ramirez, 2007.** *Cochlodinium catenatum* on Guatemala coast (2004-2007). Harmful Algae News 33: 15-16.

**CE, 2002.** The EU-US Scientific Initiative on Harmful Algal “bloom”s: A Report from a Workshop Jointly Funded by the European Commission. Environment and Sustainable Development Programme.

**CEPAL 2000.** EL Programa de Acción de Washington para la protección del medio marino de las actividades realizadas en Tierra: Una evaluación inicial a cuatro años de adopción. Comisión Económica para América Latina y el Caribe. LC/R.1984.

**Clarke, C., Hilliard R., Junqueira A., Neto A., Polglaze J., and S. Raaymakers, 2003.** Ballast water risk Assessment, Port of Sepetiba, Brasil. Final Report Globallast, Monograph Series N° 14. IMO London.

**Clarke, C., Hilliard R., Liuy Y., Polglaze J., Zhao D., Xu X., and S. Raaymakers, 2004.** Ballast water risk Assessment, Port of Dalian, China. Final Report Globallast. Monograph Series N° 12. IMO London.

**Clement A., M. Seguel, G. Arzul, L. Gusman and C. Alarcon, 2000.** Widespread outbreak of a haemolytic ichthyotoxic *Gymnodinium* sp. in Chile. In Harmful Algal "bloom". Hallegraeff G. Blackburn S. Bolch C. and R. Lewis (eds), Intergovernmental Oceanographic Commission of UNESCO.

**Coello S. 1999.** Pesca y acuicultura en el Golfo de Guayaquil. Informe Consultoría a la CAMM.

**Coello S., 2006.** Propuesta de: Política costera de Ecuador. Costas vivas y saludables para el Desarrollo Nacional. PMRC. ECOBIOTEC.

**Coello D. 2003.** Mareas rojas en el Ecuador. Informe del Instituto Nacional de Pesca. VI Taller REGIONAL COI FANSA sobre Floraciones Algales Nocivas en Sudamérica, Guayaquil.

**Coello D. 2007a.** Marea roja ocasionada por *Scirpsiella trochoidea* en el estuario del río Chone (mayo 2007). Informe INP.

**Coello D., 2007b.** Distribución del fitoplancton en la zona costera ecuatoriana durante octubre de 2007. Reporte Interno. Instituto Nacional de Pesca. Guayaquil-Ecuador. 7 pp.

**Coello, D. y J. Cajas. 2007.** Plancton del Crucero Demersal T07/06/02, junio de 2007. Reporte Interno. Instituto Nacional de Pesca. Guayaquil-Ecuador. 6 pp.

**Coello D., Cajas J., Macias P., Calderón G., y J. Lindao. 2009.** Calidad de agua frente a Bajo Alto (Canal de Jambelí), durante junio 2009. Informe INP. 11pp.

**COI-FANSA, 1997.** III Taller Regional de Planificación Científica sobre Floraciones de Algas Nocivas en Sudamérica, Punta Arenas, Chile 28-30 de julio de 1997. Workshop Report No. 132.

**COI-FANSA, 2001. IV** Taller Regional de Planificación Científica sobre Floraciones de Algas Nocivas en Sudamérica. Montevideo-Uruguay, 16-18 de octubre de 2001. UNESCO. IOC Workshop 186.

**COI-FANSA, 2004. V** Taller Regional de Planificación Científica sobre Floraciones de Algas Nocivas en Sudamérica. Guayaquil-Ecuador, 24-26 de octubre de 2003. UNESCO. IOC Workshop.

**COI-FANSA, 2006. VII** Taller Regional de Planificación Científica sobre Floraciones de Algas Nocivas en Sudamérica. Lima-Perú, junio de 2006. UNESCO. IOC Workshop.

**COI-UNESCO, 1992.** Intergovernmental Panel on Harmful Algal “bloom”s. First Session. Report of Governin and Mayor Subsidiary Bodies. Paris. SC-92/WS-50.

**Cortés-Altamirano, R., A. F. Manrique and R. Luna-Soria. 1997.** Harmful phytoplankton “bloom”s in shrimp farms from Sinaloa, Mexico. Pp.56. In: VIII th International Conference on Harmful Algae. Vigo, Spain. Abstract book. Xunta Galicia and IOC-UNESCO.

**Cortes-Altamirano Roberto. 1998.** Las Mareas Rojas. AGT Editor, S.A. México, D. F. 161 pp.

**Cortés-Altamirano, R. y S. Licea-Durán. 1999.** Florecimientos de microalgas nocivas en estanques para cultivo semi-intensivo de camarón en México. *Rev. Latinoam. Microb.* 41: 157-166.

**Cortés-Altamirano, R., A. Sierra-Beltrán y R. Barraza-Guardado. 2006.** Mortandad de peces debido a microalgas nocivas y toxicas: Cinco casos de marea roja en la costa continental del Golfo de California (2003-2004). Pp: 79-90. En: Memorias de la 1a Conferencia de Pesquerías Costeras en América Latina y el Caribe. Evaluando, Manejando y Balanceando Acciones. Salas, S., Cabrera, M. A., Ramos, J. Flores, D. y Sánchez J. (eds). Mér., Yuc., México.

**Cortés-Atamirano R., Alonso-Rodríguez R. and A. Sierra, 2006.** Fish mortality associated with *Chattonella marina* and *C. cf. ovata* (Raphidophyceae) blooms in Sinaloa (Mexico). Harmful Algae News, 31: 7-8.

**Cortés-Lara., M. 2005.** La Ciguatera: Intoxicación de los peces por biotoxinas marinas que puede afectar al ser humano. Rev. Gaceta: Febrero, N° 30: 6.

**CPPS 2010.** Taller de estandarización de metodologías para la Gestión de Agua de Lastre. Valparaíso, Chile mayo 2010. Informe de la Secretaria Ejecutiva para la Protección del Medio Marino y Areas costeras del Pacífico Sudeste.

**Cucalón, E., 1989.** Variabilidad oceanográfica frente a la costa del Ecuador, durante el período 1981-1986

**Dickman M., 2000.** Hong Kong's worst red tide induced fish kill (March-April 1998). In Harmful Algal "bloom". Hallegraeff G. Blackburn S. Bolch C. and R. Lewis (eds), Intergovernmental Oceanographic Commission of UNESCO.

**Dodge J., 1982.** Marine Dinoflagellates of the British Isles. Universidad de London.

**Dugdale, R., 1985.** The effects of varying nutrient concentration on biological production in upwelling regions. CalCOFI Rep. Vol XXVI: 93-96

**Enevoldsen H., y A. Aguilera, 2002.** Organizaciones Internacionales y regionales relacionadas con programas y actividades sobre floraciones algales nocivas. En Floraciones Algales Nocivas en el Cono Sur Americano, Sar E., M. Ferrario y B. Reguera (eds). Instituto Español de Oceanografía.

**FAO. 2000.** *The State of World Fisheries and Aquaculture.* FAO, Rome, Italy.

**FAO. 2005.** Biotoxinas marinas. Estudio FAO: Alimentación y nutrición.

**Falconer I., 1997.** Toxic Cyanobacteria in drinking water Supplies. In Harmful Algae. VIII International Conference, UNESCO, Vigo 1977. 37-38.

**Figueroa R., 2006.** Ciclo de vida em dinoflagelados marinos: Sexualidad y formación de quistes. VII curso COI-AECI-IEO sobre fitoplancton toxico y biotoxinas marinas.

**Fraga S., 2006.** Microalgas marinas nocivas. In Curso COI-AECI-IEO sobre Fitoplancton Tóxico y Biotoxinas Marinas Programas de seguimiento de Fitoplancton Tóxico y Biotoxinas según la Reglamentación Europea. Vigo, España.

**Franks P., and B. Keafer, 2004.** Sampling techniques and strategies for coastal phytoplankton “bloom”s. In Manual on Harmful Marine Microalgae. Edited by G. Hallegraeff, D. M., Anderson, and A.D. Cembella, A.D. UNESCO. 2: 51-76.

**Fogg G. 2002.** Harmful Algae: A Perspective. Harmful Algae 1: 1-4.

**Fournier M., 2009.** La zona Marino Costera. Undécimo informe sobre el estado de la nación en desarrollo humano sostenible. Informe final.

**Gaibor N., 2000.** Estrategias de adaptación al Cambio climático en la cuenca Baja del Río Guayas y golfo Interior de guayaquil. Comité Nacional sobre el Clima GEF-PNUD, Ministerio del Ambiente, Proyecto ECU/99/G31 Cambio Climático. Instituto Nacional de Pesca, Subsecretaría de Desarrollo Sostenible y Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo.

**Garcés E., Masó M., and J. Camp, 1999.** A recurrent and localizad dinoflagellate bloom in a Mediterranean beach. Journal of Plankton Research, 21(12): 2373-2391.

**Gessner, B. and M. Schloss 1996.** A population-based study of paralytic shellfish poisoning in Alaska. Alaska Medicine 38(2): 54-58.

**GEF-UNDP-IMO-GLOBALLAST PARTNERSHIP and IOI, 2009.** Guidelines for National Ballast Water Status Assessment. Globallast Monographs, Series 17.

**GESAMP, 2001.** Protecting the oceans from land-based activities – Land-based sources and activities affecting the quality and uses of the marine, coastal and associated freshwater environment. Joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Environmental Protection (IMO/FAO/UNESCO-COI/WHO/WMO//IAEA/UN/UNEP). Rep. Stud. GESAMP N. 71:162pp.

**GEOHAB, 2003.** Global Ecology and Oceanography of Harmful Algal “blooms”, Implementation Plan. P. Gentien, G. Pitcher, A. Cembella, and P. Glibert, eds. SCOR and IOC, Baltimore and Paris, 36 pp.

**GEOHAB, 2004.** Global Ecology and Oceanography of Harmful Algal “bloom”: Science Plan. P. Glibert and G. Pitchers (Eds.). SCOR and IOC, Baltimore and Paris, 87.pp.

**Glibert P., 2008.** Scientists take a stand against Ocean Ocean Fertilization with Urea. A world of Science, 6 (3): 1-16.

**Gregorio D. and L. Connell, 2000.** Range of *Heterosigma akashiwo* expanded to include California, USA. In Harmful Algal “bloom”. Hallegraef G. Blackburn S. Bolch C. and R. Lewis (eds), Intergovernmental Oceanographic Commission of UNESCO.

**Hallegraeff G. 2002.** Aquaculturist Guide to Harmful Australian Microalgae. 2<sup>nd</sup>.Edition. Universidad de Tasmania, Australia.

**Hallegraeff G. 1995.** Harmful Algal “blooms”: A Global Overview. In Manual on Harmful Marine Microalgae, G. M., Anderson, D. M., Cembella, A.D., (Eds): IOC-UNESCO manual and Guides, N° 33.

**Hallegraeff G., Anderson D. and A. Cembella, 2004.** Manual on Harmful Marine Microalgae. Monographs on Oceanographic Methodology. UNESCO-COI. Pp. 793.

**Hallegraeff G. 2004.** Harmful Algal “bloom”s: A Global Overview. In Manual on Harmful Marine Microalgae. Edited by G. Hallegraeff, D. M., Anderson, and A.D. Cembella, A.D.

**Hansen G., Turquet J., Pasca J., Ten-Hage L., Lugomela C., Kyewalyanga M., Hurbungs M., Wawiye P., Opongo B., Tunja S., and H. Rakotoarinjanahary. 2001.** Potentially Harmful microalgae of the Western Indian Ocean: a guide base a preliminary survey. IOC Manuals and Guides N° 41, UNESCO.

**Heil C., Glibert P., Al-Sarawi M., Faraj M., Behbehani M. and M. Husain, 2001.** First record of a fish-killing *Gymnodinium sp.*, bloom in Kuwait Bay, Arabian Sea: Chronology and Potential causes. Marine Ecology Progress Series, 214: 15-23.

**Hernandez F., y E. Zambrano. 2009.** Relación entre la temperatura superficial del mar del Oceano Pacífico Oriental y las precipitaciones en la costa del Ecuador, durante 1981-2006. Acta Oceanografica del Pacífico, 15 (1): 1-5.

**HARRNESS, 2005.** Harmful Algal Research and Response: A National Environmental Science Strategy 2005–2015. Ramsdell, J.S., D.M. Anderson and P.M. Glibert (Eds.), Ecological Society of America, Washington DC, 96 pp.

**Hodgkiss I. y Z. Yang, 2000.** New and dominant species from Sam Xing Wan, Sai Kung during the 1998 massive fish killing red tide in Hong Kong. In Harmful Algal “bloom”. Hallegraeff G. Blackburn S. Bolch C. and R. Lewis (eds), Intergovernmental Oceanographic Commission of UNESCO.

**ICES 2002.** Report of the working group of phytoplankton Ecology. Oceanography Committee. The Hague, Netherlands. International Council for the Exploration of the Sea. Ref. ACME ACE.

**ICES 2004.** Report of the ICES-IOC working group of Harmful Algal Bloom Dynamics (WGHABD). Oceanography Committee. The Corsica, France. International Council for the Exploration of the Sea.

**IMO, 2009.** Guidelines for National Ballast water status Assessment. Globallast Monographs Series N°17. GEF-UNDP-IMO Globallast Partnership.

**Intriago P., 1983.** Fertilidad de aguas ecuatorianas durante los primeros meses del 1984. Rev. Cien. Mar. Limn, 2 (1): 237-238.

**Jiménez R., 1974.** Marea roja, debida a un ciliado en el Golfo de Guayaquil, Ecuador. Instituto Oceanográfico de la Armada del Ecuador. Pag. 1-11.

**Jiménez R., 1976.** The Oceanography of the region north of the Equatorial Front: Biological aspects. FAO. Informes de Pesca N° 185: 335-348.

**Jiménez R., 1979.** Mareas rojas recientes en aguas ecuatorianas. Bol. ERFEN 3, (3-4) 11-15.

**Jiménez R., 1980.** Marea roja en el Golfo de Guayaquil en abril de 1980. Bol. Inf. Instituto Nacional de Pesca, 1 (1): 11-13.

**Jiménez, R. 1982.** Registros de Mareas Rojas en aguas ecuatorianas. Inf. UNESCO sobre Ciencias del Mar, Montevideo Uruguay, 19: 12-17.

**Jiménez R., 1983.** Actas de Consulta de expertos para examinar los cambios en la abundancia y composición por especies de recursos de peces neríticos. FAO, San José, Costa Rica, abril 1983.

**Jiménez R., y P. Intriago. 1987.** Observations on “bloom”s of *Mesodinium rubrum* in the Upwelling area off Ecuador. Oceanol.Acta. Special. N° 6: 145-154.

**Jiménez R. 1989.** Red Tide and Shrimp Activity in Ecuador. Establishing a Sustainable Shrimp Mariculture Industry in Ecuador. Ed. S. Olsen and L. Arriaga. pp 185-194. "[http://www.crc.uri.edu/download/Shrimp\\_Book\\_RedTide\\_Jimenez .pdf](http://www.crc.uri.edu/download/Shrimp_Book_RedTide_Jimenez.pdf)"

**Jiménez R., 1993.** Ecological factors related to *Gyrodinium instriatum* “bloom” in the inner estuary of Gulf of Guayaquil. Toxic Phytoplankton “bloom”s in the sea. T.J.Smayda and Y. Shimizu editors.

**Jiménez R., L. de Barniol, Machuca M. y W. Quinde. 1996.** Informe preliminar sobre la mortalidad de bagres marinos en el río Guayas, Ecuador. Acuicultura del Ecuador: 23-32.

**Jiménez R., 1996-a.** Annual cycle of *Prorocentrum maximum* red tides in the inner Estuary of the Gulf of Guayaquil Ecuador. Harmful and Toxic Algal “bloom”s. Yasumoto T. Oshima Y., and Fukuyo Y., (Eds). COI of UNESCO.

**Jiménez R., 1996-b.** Biología, Ecología y Acuicultura (segunda parte). En Sistemas Biofísicos en el Golfo de Guayaquil. Comisión Asesora Ambiental de la Presidencia de la República (CAAM).

**Jiménez R., 1997a.** Aspectos Ecológicos del Ecosistema marino en el área de Prospección Sísmica del Campo Amistad, en el Golfo de Guayaquil. Plan de Monitoreo Ambiental del campo Amistad en el Golfo de Guayaquil. Informe noviembre 1997.

**Jiménez R., 1997 b.** Actividades y novedades de FAN en Ecuador. Third IOC Regional Science Planning Workshop on Harmful Algal “bloom”s in South America. Punta Arenas, Chile 28-30 July 1997 COI Informe de reuniones de trabajo No. 132. Anexo IV - página 17

**Jiménez, R., 1998.** Aspectos ecológicos del Ecosistema marino en el área de prospección sísmica del Campo Amista, en el Golfo de Guayaquil. Plan de monitoreo ambiental del Campo Amistad en el Golfo de Guayaquil, Ecuador: 1-30.

**Jiménez, R. and P. Intriago, 2001.** Red tides-in Ecuador during La Niña 2000. Newlether Harmful 22.

**Jiménez R. 2003.** Modulo de Biodiversidad de Ecosistemas en aguas ecuatoriales (3). Maestría de Manejo Sustentable de Recursos Bio-acuáticos y el Medio Ambiente. Facultad de Ciencias Naturales, Univ. de Guayaquil/Univ.

**Jiménez R., y E. Gualancañay, 2006-a.** Floraciones de *Mesodinium rubrum* en los procesos de surgencia en el Pacífico Ecuatorial. Informe presentado en VII Taller Regional COI –FANSA sobre floraciones algales nocivas en Sudamérica, Lima-agosto 22-24 del 2005.

**Jiménez R., y E. Gualancañay, 2006-b.** Floraciones de *Mesodinium rubrum* en los procesos de surgencia en el Pacífico Ecuatorial. Acta Oceanográfica del Pacífico, INOCAR. 13 (1): 65-72.

**Karlson B. Cusack C. and E. Bresnan, 2010.** Macroscopic and Molecular methods for quantitative phytoplankton analysis. COI Manuals and Guides, N° 55.

**Kudela R., Picher G., Probyn T., Figueiras F., Moita T., and V. Trainer, 2005.** Harmful Algal Blooms in coastal upwelling Systems. Oceanography, 18(2): 184-197.

**Lapworth C., G. Hallegraeff and P. Ajani, 2000.** Identification of Domoic Acid producing *Pseudo-nitzschia* species in Australian waters. In Harmful Algal “bloom”. Hallegraeff G. Blackburn S. Bolch C. and R. Lewis (eds), Intergovernmental Oceanographic Commission of UNESCO.

**Larsen J. y O. Moestrup, 1989.** Guide to toxic and Potentially toxic marine algae. Published by The Fish Inspection Service, Ministre of Fisheries. University of Copenhagen.

**Lee S., Kim H., Seob E., y Ch. Lee. 2003.** Harmful algal “bloom”s (Red Tides): Manejo y Mitigación in the Republic of Korea. In Harmful Algal “bloom”s in PICES region of the North Pacific. PICES Scientific Report N° 23: 3- 4.

**Lemay y LLaguno, 2008.** Proyecto de Apoyo a la pesca Artesanal costera. Documento del Banco Interamericano de Desarrollo (EC-L1059).

**Levitus, S., 2000.** Conferencia sobre “World Ocean Database Proyect” IOC-GODAR. Agosto 7-8, INOCAR.

**Lindehoff E., Granéli E., and W. Granéli, 2009.** Effect of tertiary sewage effluent additions on *Prymnesium parvum* cell toxicity and stable isotope ratios. *Harmful Algae*, 8: 247-253.

**Mafra L., Fernández L., and L. Proenca. 2006.** Harmful Algae and Toxins in Paranagua Bay, Brazil: Bases para monitoreo. *Brazilian Journal of Oceanography*, 54 (1/2): 107-121.

**Martínez-López A., and D. Escobedo-Urías, 2006.** Bloom of *Chattonella subsalsa* in an impacted coastal lagoon in the Gulf of California. *Harmful Algae News*, 31: 1-5.

**Matsuoka K. and Y. Fukuyo, 2000.** Guía Técnica para el estudio de Quistes de Dinoflagelados actuales. IOC-UNESCO. WESTPAC-HAB/WESTPAC/IOC.

**Masó M., Garces E., Pages F., and J. C. 2003.** Drifting plastic debris as a Potential vector for dispersing Harmful Algal Bloom (HAB) species. *Sciencia Marina*, 67: 107-111.

**Masó M. 2003.** Harmful Algal Blooms and Nutrients. Workshop on Marine-Based Public Health Risk International Marine Center. Italy.

**Masó M., Figueroa R., and K.Van-Lenning. 2005.** Detection of toxic *Gymnodinium catenatum* (rahan, 1943) in Algerian waters (SW Mediterranean Sea). Harmful Algae News, 29: 10-12.

**McLeod, K., J. Lubchenco, S. Palumbi, and A. Rosenberg. 2005.** Scientific Consensus Statement on Marine Ecosystem-Based Management. Signed by 221 academic scientists and policy experts with relevant expertise and published by the Communication Partnership for Science and the Sea at.

**Moestrup O., 2002.** Fitoflagelados potencialmente toxigenicos en el Cono Sur Americano. En Floraciones Algales Nocivas en el Cono Sur Americano, Sar E., M. Ferrario y B. Reguera (eds). Instituto Español de Oceanografía.

**Montaño M., y T. Sanfeliu, 2008.** Ecosistema Guayas (Ecuador), Medio ambiente y Sostenibilidad. Introducción. Revista Tecnológica ESPOL, 21 (1): 1-6.

**Montoya N., Reyero I., Akselman R., Franco J., and J. Carreto. 1997.** Paralytic shellfish in the anchovy *Eugraulis Anchoita* from the Argentinian Coast. In Proceedings of the VIII International Conference on HAB, Vigo, Spain, pp. 72-73.

**Mora E., 1989.** Moluscos de importancia comercial en el Ecuador: Estado actual y sus perspectivas. En Memorias del Simposio Internacional de los Recursos Vivos y las Pesquerías del Pacífico Sudeste. CPPS- Rev. Pacífico Sur (Número Especial), pp. 435-454.

**Mora E., y J. Moreno, 2009.** La pesquería artesanal del recurso concha (*Anadara tuberculosa* y *A. similis*) en la costa Ecuatoriana durante el 2004. INP. Bol.Cient. y Tec. (1): 1-13.

**Mora E., Moreno J., y V. Jurado, 2009.** La pesquería artesanal del recurso concha en las zonas de Esmeraldas y El Oro, durante el 2008. INP. Bol.Cient. y Tec. (1): 17-35.

**Moreno G., y O. Chávez, 2005.** Marea roja en Nicaragua. Boletín Epidemiológico, N° 52. Ministerio de Salud de Nicaragua. <http://www.minsa.ob.ni>.

**Morgan K., Larkin S., and C. Adams, 2009.** Firm-level economic effects of HABs: A tool for Business loss assessment. Harmful Algae, 8: 212-218.

**NOAA. 2001.** Prevention, control and Mitigation of harmful algal “bloom”s: A research Plan. National Sea Grant, College Program, NOAA.

**Ochoa E., Olsen S., y L. Arriaga, 2000.** Macrozonificación de la zona costera Continental: Propuesta para el ordenamiento y desarrollo de la costa ecuatoriana. Programa de Manejo de Recursos Costeros.

**Ochoa J., 2003.** ENSO Phenomenon and Toxic red tides in Mexico. Geofísica International, 42 (3): 505-515.

**Ochoa, J., Nuñez-Vazquez, Erick y J. Saad. 2003.** Diferentes términos utilizados para describir las "Mareas Rojas. Rev. biol. Trop., 51 (3-4): 621-627.

**Odebrecht C. and P. Abreu, 1995.** Raphidophycean in southern Brasil. In Harmful Algal News 12-13.

**Odebrecht C., Azevedo S. Garcia V., Huszar V., Magalanes V., Menezes M., Proenca L., Rorig L., Tenenbaum D., Villac C., y J. Yunez, 2002.** Floraciones Microalgales Nocivas en Brasil: Estado del Arte y Proyectos en curso. En Floraciones Algas Nocivas en el Cono Sur Americano, Sar E., M. Ferrario y B. Reguera (eds). Instituto Español de Oceanografía.

**Olsen Y., 2011.** Resources for fish feed in future mariculture. *Aquacul. Environ. Interact.* 1: 187-200.

**OMI, 1997.** Directrices para el control y la gestión del agua de lastre de los buques a fin de reducir al mínimo la transferencia de organismos acuáticos perjudiciales y agentes patógenos. Resolución A.868 (20).

**OMI, 2003.** Harmful Aquatic Organisms in Ballast Water. Concept of the Continuation of the IMO/UNDP/GEF Project "Ballast Water Management (Globalballast). MEPC 49/2/6.

**Pearse I., Marshall J., and G. Hallegraeff, 2000.** Toxic epiphytic Dinoflagellates from East Coast Tasmania, Australia. In Harmful Algal bloom. Hallegraeff G. Blackburn S. Bolch C. and R. Lewis (eds), Intergovernmental Oceanographic Commission of UNESCO.

**Pesantes, F., 1983.** Dinoflagelados del Fitoplancton del Golfo de Guayaquil. *Acta Oceanográfica del Pacífico, INOCAR*, 2 (2): 283-399.

**Piumsomboon A. C. Songroop C., Kungsuwam A., and P. Polpunthin 2000.** Species of the Dinoflagellate genus *Alexandrium* (Gonyaulacales) in the Gulf of Thailand. In Harmful Algal bloom. Hallegraeff G. Blackburn S. Bolch C. and R. Lewis (eds), Intergovernmental Oceanographic Commission of UNESCO.

**PMRC, 1987.** Ecuador Visión Global del Desarrollo de la Costa. Guayaquil Ecuador.

**Polanco. 1984.** Análisis del desarrollo de cultivos: medio agua y especies. *Rev. Tecn. Hig. Alim.* 150:34-39. Fundación Alfonso Martín Escudero.

**Proenca L., 2004.** A Red Water caused by *Mesodinium rubrum* on the coast of Santa Catarina, Southern Brazil. *Brazilian Journal of Oceanography*, 52 (2): 153-161.

**Quevedo M. y S. Sánchez, 2008.** Informe de Perú: III Taller Regional COI-FANSA. Servicion Nacional de Sanidad Pesquera. Programa de Control de Moluscos Bivalvos.

**Redmayne P., 2001.** Auge en el abastecimiento de filetes frescos de tilapia. Rev. Panorama Acuícola, 6 (5).

**Reguera B., 2002.** Establecimiento de un programa de seguimiento de microalgas tóxicas. En Floraciones Algales Nocivas en el Cono Sur Americano, Sar E., M. Ferrario y B. Reguera (eds). Instituto Español de Oceanografía.

**Rey J., 2008.** Las Mareas Rojas. Universidad de Florida. (UF/IUFAS). ENY851S (IN767). Disponible en: <http://edis.ifas.ufl.edu>.

**Reyes E, P. Intriago. Krauss E., Barniol R., Espin M., y R. Jiménez, 2002.** *Gymnodinium catenatum*, microalga tóxica aislada en la costa ecuatoriana y sus efectos sobre larvas de camarón *Litopenaeus vannamei*. Informe Aqualab.

**Roset J., Aguayo S., y M. Muñoz, 2001.** Detección de cianobacterias y sus toxinas: Una Revisión. Rev. Toxicol, 18: 65-71.

**Sellner K., Doucette G. and G. Kirkpatrick. 2003.** Harmful algal “bloom”s: causes, impact and detecttion. J. Ind. Microbiol. Biotechnol, 30: 383-406.

**Shumway, S., Von-Egmond H., Hurst J., and L. Bean, 1995.** Management of Shellfish resources. In Hallegraeff, G.M., D.M. Anderson and A.D. Cembella (eds.). Manual on Harmful Marine Microalgae. IOC of UNESCO.

**Siddorn J., 2006.** Harmful Algae: A review of HAB species important in Northern European waters with emphasis on the posible development of a fuzzy logic expert system. NCOF Technical Report 3. Pp.23.

**Sidabutar T., D. Praseno and Y. Fukuyo 2000.** Harmful Algal “bloom”s in Indonesian Waters. In International Conference in Harmful Algal “bloom”. Hallegraef G. Blackburn S. Bolch C. and R. Lewis (eds), Intergovernmental Oceanographic Commission of UNESCO.

**Smayda T., 1992.** Global epidemic of noxious blooms and food chain consequences in large ecosystems, p, 275-307. In K. Sherman et al. [eds.], Food chains, yields, models and management of large marine ecosystems.

**Sournia A. 1978.** Phytoplankton manual. Monographs on Oceanographic methodology 6. UNESCO.

**Suárez B., López A., Hernández C., Clement A., y L. Guzmán 2002.** Impacto económico de las floraciones de microalgas nocivas en Chile y datos recientes sobre la ocurrencia de veneno amnésico de los Mariscos. En Floraciones Algales Nocivas en el Cono Sur Americano, Sar E., M. Ferrario y B. Reguera (eds). Instituto Español de Oceanografía.

**Suárez B., y L. Guzmán. 2005.** Floraciones de algas nocivas, Mareas rojas y toxinas marinas. Capítulo 3.1 factores que contribuyen a la formación en FAN.

**Tamelander J., Riddering L., Haag F. y J. Matheickal. 2010.** Procedimientos para el desarrollo de la Estrategia Nacional de control y Gestión de Agua de lastre y sedimentos de los buques. Traducido al español, versión Latinoamericana por Plata J., y M. Criales-Hernandez. GEF-UNDP-IMO Globalasr, UK, IUCN, Globalast Monographs N°18.

**Taylor F. and V. Trainer (eds.). 2002.** Harmful algal blooms in the PICES region of the North Pacific. North Pacific Marine Science Organization (PICES), Sidney, B.C., Canada. (PICES Scientific Report No. 23) 152p. GC781. P535 no.23.

**Taylor F., Fukuyo Y., Larsen J., and M. Hallegraeff. 2004.** Taxonomy of Harmful dinoflagellates. In *Manual on Harmful Marine Microalgae*. Ed., G. Hallegraeff, D. Anderson y A. Cembella. UNESCO.

**Tomas C., 1997.** Identifying Marine Phytoplankton. Academic Press.

**Tobey J., Clay J., y P. Vergne. 1998.** Impactos Económicos, Ambientales y Sociales *del Cultivo de Camarón en Latinoamérica: Manteniendo un Balance*. Proyecto de Manejo de Recursos Costeros II. Una Cooperación del USAID/G/ENV y el Centro de Recursos Costeros, Universidad de Rhode Island.

**Torres G., 1997.** Algunos eventos de mareas rojas. Resumen presentado en Curso Regional de Entrenamiento: taxonomía y biología de microalgas marinas nocivas del 4-14 de marzo/97, Universidad Do Río Grande/Brasil.

**Torres G., y M. Tapia, 1998.** Indicadores Biológicos del Primer Nivel Trófico en la costa ecuatoriana y su influencia en las pesquerías, durante El Niño 1997-98. Trabajo presentado en el Seminario Internacional "El Fenómeno El Niño 1997-1998: Evaluación y Proyecciones", 9-12 noviembre de 1998, Guayaquil.

**Torres-Zambrano G., 2000.** Ocurrencias de Mareas Rojas durante 1989-1999, en aguas Ecuatorianas. *Acta Oceanográfica del Pacífico (INOCAR, Ecuador)*, 10 (1): 127-136.

**Torres G., y M. Tapia, 2001.** Investigaciones del fitoplancton y mareas rojas en Ecuador. Informe presentado en el V Taller COI-FANSA, Uruguay.

**Torres G. y M. Tapia. 2002.** Distribución del fitoplancton en la región costera del mar ecuatoriano, durante diciembre-2000. *Acta Oceanográfica del Pacífico (INOCAR, Ecuador)*, 11 (1): 63-72.

**Torres G. 2002.** Ecología del fitoplancton en el mar Ecuatoriano y su relación con el Niño 1991-1992. Tesis doctoral. Universidad de Guayaquil.

**Torres G., 2003.** Estudio del Plancton Ecuatorial Tropical. Anuario del INOCAR 2003.

**Torres G. 2004.** Sexto Taller Regional de Planificación Científica sobre Floraciones de Algas Nocivas en Sudamérica. Informe Regional de FANSA para COI-UNESCO. Sixth IOC Regional Science Planning Workshop on Harmful Algal “bloom”s in South America, 22-24 October 2003 Guayaquil, Ecuador. <http://ioc.unesco.org/hab/IPHABVII.htm>.

**Torres G., Tapia M., Coello D. y R. Jiménez. 2003.** Monitoreos de Fitoplancton y eventos de Mareas Rojas En El Pacífico Ecuatorial (Ecuador). Presentado en el Sexto Taller Regional de Planificación Científica sobre Floraciones de Algas Nocivas en Sudamérica. Informe Regional de FANSA para COI-UNESCO, octubre 2003, Guayaquil, Ecuador.

**Torres G. y L. Burgos 2003.** Informe Preliminar de la Calidad Ambiental Acuática asociado a Mortalidad de Peces en el área Adyacente a Puerto Bolívar - Julio 3-2003. Informes Internos. Copia a la comunidad durante la reunión convocada en Puerto Bolívar en agosto 2004.

**Torres G. y Palacios C. 2004.** Informe Preliminar de la calidad ambiental acuática asociada A Mortalidad de Peces en Laguna Tembladera (EL Oro) en Julio 4/2004. Informes Internos. Copia a la Capitanía de Puerto Bolívar en la reunión convocada en julio 2004. Copia a la comunidad durante la reunión convocada en Puerto Bolívar en agosto 2004.

**Torres G., T. Calderón, M. Mero y V. Franco, 2004a.** Procesos pelágicos en Campo Amistad (julio-agosto/2001), Golfo de Guayaquil. Acta Oceanográfica del Pacífico (INOCAR, Ecuador), 12 (1):81-91.

**Torres G., Calderón G., Franco V., Cedeño E., Calderón T. y E. Salazar, 2004b.** Composición del Plancton en la Puntilla de Santa Elena, durante agosto 2002. Acta Oceanográfica del Pacífico (INOCAR, Ecuador), 12 (1): 62-73

**Torres G., 2005.** Importancia ecológica del Fitoplancton durante El Niño 1991-1993, en el mar Ecuatoriano. Acta Oceanográfica del Pacífico (INOCAR, Ecuador), 13 (1): 35-50.

**Torres G., y L. Burgos. 2005.** Monitoreo de Microalgas Nocivas y variables ambientales en el Golfo de Guayaquil durante la época cálida del 2005 (parte 1). Informe Científico con el apoyo del EDC.

**Torres G., y C. Andrade. 2005.** Presencia de Marea Roja en Monteverde. Informe INOCAR. Pp 4.

**Torres G. 2006a.** Eventos de Mareas Rojas en el Pacífico Ecuatorial (Ecuador). Informe y exposición en el Curso COI-AECI-IEO de Taxonomía y Biotoxinas de Fitoplancton toxico, Vigo-España, febrero 2006.

**Torres G. 2006b.** Participación en VII Curso COI-AECI-IEO de Fitoplancton tóxico y Biotoxinas marinas. Anuario de INOCAR.

**Torres, 2007.** Estrés ambiental asociado a mareas rojas y mortalidades de peces. Anuario del INOCAR.

**Torres G., y C. Andrade. 2007a.** Diagnóstico ambiental del medio biótico marino costero del canal Santa Rosa adyacente al cuerpo de Infantería de Jambelí (Puerto Bolívar-El Oro). Informe INOCAR.

**Torres G., y C. Andrade. 2007b.** Diagnóstico ambiental del medio biótico marino costero de Bahía Academia, Adyacente a la Capitanía de Puerto Ayora, Santa Cruz-Galápagos, Informe INOCAR.

**Torres G., y C. Palacios, 2007 (a).** “bloom” de *Noctiluca scintilans* y *Ceratium dens* en el Golfo de Guayaquil (2004). Informe científico. Acta Oceanográfica del Pacífico (INOCAR, Ecuador), 14 (1): 125-130. Presentado en las Jornadas Nacionales de Biología en Manta, Noviembre 2005.

**Torres G. y C. Palacios 2007 (b).** Calidad Ambiental del “bloom” algal en el área urbana del Estero Salado (Ciudad de Guayaquil) en Junio 2005. Acta Oceanográfica del Pacífico (INOCAR, Ecuador), 14 (1): 115-124. Presentado en las Jornadas Nacionales de Biología en Manta, Noviembre 2005.

**Torres G., 2009.** Mortalidad de peces en Bajo Alto (Reunión comunidad de pescadores). Informe INOCAR. Pp.5.

**Torres G., 2010.** Mareas rojas en los ríos Daule y Guayas (2007). Acta Oceanográfica del Pacífico (INOCAR, Ecuador). En Prensa.

**Trainer V., N. Adams, and J. Wekell, 2000.** Domoic Acid-producing *Pseudo-nitzschia* species off the U.S. West Coast associated with Toxication events. In Harmful Algal “bloom”. Hallegraef G. Blackburn S. Bolch C. and R. Lewis (eds), Intergovernmental Oceanographic Commission of UNESCO.

**Tsukamoto R., 2002.** Tratamiento Primario Avanzado: El Paradigma moderno de tratamiento de aguas residuales sanitarias.

**Turquet J., Quod J., Coute A. and M. Faust, 1998.** Assemblage of dinoflagellates and Monitoring of Harmful species in Reunion Island, SW Indian Ocean 1993-1996. In Harmful.VIII International Conference. UNESCO-Vigo, Pp. 44.47.

**Twilley R., Cárdenas W., Rivera-Monroy V., Espinoza J. Suescum R., Montaña M. and L. Solórzano. 1999.** Ecology of the Gulf of Guayaquil and the Guayas River Estuary. Informe.

**UNESCO, 2004.** Plan de Diseño Estratégico Integrado para el Modulo de Observaciones Oceánicas costeras del Sistema Mundial de Observación de los Océanos. Informe del GOOS N° 125, Serie documentos de Información de la COI N° 1183.

**UNESCO, 1978.** Phytoplankton Manual. Edited by A. Sournia. Monographs on Oceanographic methodology serie 6.

**UNESCO, 1995.** Phytoplankton Manual Harmful Marine Microalgae. Edited by G. Hallegraeff, D. M., Anderson, and A Cembella. IOC Manuals and Guides N° 33.

**UNESCO, 2004.** Manual on Harmful Marine Microalgae. Edited by G. Hallegraeff, D. M., Anderson, and A Cembella. Monographs on Oceanographic methodology serie 11.

**UNESCO, 2010.** Microscopic and molecular methods for quantitative phytoplankton analysis. Edited by Karlson B., Cusack c and E. Bresnan. IOC Manuals and Guides, N° 55; IOC/2010/MG/55.

**Utermohl, H., 1958.** Zur Vervollkommnung der Quantitativen phytoplankton methodik Mitt Inter. Ver. Limnol, 9:1-38.

**Vásconez J., 2006.** Agendas de Manejo Costero Integrado (MCI) de los municipios costeros de: Eloy Alfaro, San Lorenzo, Río Verde, Esmeraldas, Atacames, Muisne, pedernales Jama, San Vicente, Sucre, Manta, Jaramijó, Portoviejo y Montecristi. Informe de Consultoría para el PMRC.

**Veintimilla-Arcos T., 1982.** Mareas rojas en aguas ecuatorianas. Rev. Cien. Mar. Limn. Inst. Nacional de Pesca. 1(2): 115-125.

**Vila M., M. Delgado and J. Camp 2000.** First Detection o widespread toxic events caused by *Alexandrium catenella* in the Mediterranean Sea. In Harmul Algal “bloom”. Hallegraeff G. Blackburn S. Bolch C. and R. Lewis (eds), Intergovernmental Oceanographic Commission of UNESCO.

**Villac M. and D. Rivera., 2000.** The coastal Pseudo-nitzschia from the state of Río de Janeiro Brazil. In Harmul Algal “bloom”. Hallegraeaf G. Blackburn S. Bolch C. and R. Lewis (eds), Intergovernmental Oceanographic Commission of UNESCO

**Wolff W., 2005.** Non-indigenous marine and estuarine species in the Netherlands. Zool. Med. Leiden 79 (1): 1-116.

**Yin K., V. Tang, P. Qian, J. Chen and M. Wu. 2000.** Spatial and temporal distribution of red tides in Hong Kong waters during 1983-1998. In Harmul Algal “bloom”. Hallegraeaf G. Blackburn S. Bolch C. and R. Lewis (eds), Intergovernmental Oceanographic Commission of UNESCO.

**Zambrano, E., 1986.** El Fenómeno El Niño y la Oscilación del Sur (ENSO). Acta Oceanográfica del Pacífico, INOCAR, 3(1):195-201.

**Zingone A. and H. Enevoldsen, 2000.** The Diversity of harmful algal blooms: a Challenge for science and management. Ocean & Coastal Management. 43: 725-748.

#### **Sitios webs utilizados (marzo-abril 2010)**

[http://www.smhi.se/oceanografi/oce\\_info\\_data/plankton\\_checklist/dinoflagellates/dino\\_frame.htm](http://www.smhi.se/oceanografi/oce_info_data/plankton_checklist/dinoflagellates/dino_frame.htm)

<http://www.bi.ku.dk/ioc/>

<http://www.algabase.org>

<http://www.nmnh.si.edu/botany/projects/dinoflag/>

<http://www.marbef.org/data/ermsbrowser.php?id=109506#ct>

<http://www.ices.dk/products/fiche/Plankton/SHEET180.PDF>

<http://www.bi.ku.dk/ioc/>

<http://www.liv.ac.uk/hab>

[http://e-bck.rd.awi-bemmerhaven.de/protist/baypaul/microscope/general/page\\_01.htm](http://e-bck.rd.awi-bemmerhaven.de/protist/baypaul/microscope/general/page_01.htm)

<http://www.agr.ca/archives/phyco toxins.html>

<http://www.egroups.com/group/planktonnet>

<http://mailman.who.edu/mailman/listinfo/isssha>

<http://www.isssha.org/>

<http://ioc.unesco.org/hab/>

<http://cofepris.salud.gob.mx/mareaRoja/index.html>

<http://www.ifop.cl/mr/preguntas.php#6>

<http://www.tierradelfuego.org.ar/funcardio/marear.htm>  
<http://www.shoa.cl/miscelanea/boya/pdf/marearaja.pdf>  
<http://www.proteccioncivil.chiapas.gob.mx/fenomenos/sanitarios/marea.asp>  
<http://www.sica.int/ccad/temporal/Memoria%20Taller%20CHULUTECA.pdf>  
[http://www.cdc.gov/ncidod/dbmd/diseaseinfo/marinetoxins\\_g.htm](http://www.cdc.gov/ncidod/dbmd/diseaseinfo/marinetoxins_g.htm)  
<http://www.inocar.mil.ec/links.php?C=1&S=9&SbS=1&idC=1>  
[http://www.plataforma.chile.cl/fg/semestre2/\\_2002/algas/modulo1/clase2/textos/mareas.htm](http://www.plataforma.chile.cl/fg/semestre2/_2002/algas/modulo1/clase2/textos/mareas.htm)  
[http://www.directemar.cl/spmaa/Estudiantes/tareas/marea\\_roja/Marea\\_Roja.htm](http://www.directemar.cl/spmaa/Estudiantes/tareas/marea_roja/Marea_Roja.htm)  
<http://www.tierradelfuego.org.ar/funcardio/marear.htm>  
<http://www.shoa.cl/miscelanea/boya/pdf/marearaja.pdf>  
<http://www.proteccioncivil.chiapas.gob.mx/fenomenos/sanitarios/marea.asp>  
<http://www.tierradelfuego.org.ar/funcardio/marear.htm>  
[www.redtide.who.edu/hab/foodweb/HABfoodweb.html](http://www.redtide.who.edu/hab/foodweb/HABfoodweb.html)  
<http://www.vet-uy.com/articulos/piscicultura/050/016/pec016.htm>  
<http://www.shoa.cl/miscelanea/boya/pdf/marearaja.pdf>  
[http://www.cdc.gov/ncidod/dbmd/diseaseinfo/marinetoxins\\_g.htm](http://www.cdc.gov/ncidod/dbmd/diseaseinfo/marinetoxins_g.htm)  
[http://www.cdc.gov/ncidod/dbmd/diseaseinfo/marinetoxins\\_g.htm](http://www.cdc.gov/ncidod/dbmd/diseaseinfo/marinetoxins_g.htm)  
<http://cofepris.salud.gob.mx/mareaRoja/index.html>  
[http://www.cdc.gov/ncidod/dbmd/diseaseinfo/marinetoxins\\_g.htm](http://www.cdc.gov/ncidod/dbmd/diseaseinfo/marinetoxins_g.htm)  
<http://www.botany.uwc.ac.za/Envfacts/redtides/>

# **ANEXO 1**

## **TABLAS**

**Tabla 1.** Organismos vectores de toxinas, síntomas y algunos tratamientos en enfermedades humanas expuestas a toxinas marinas microalgales (Backer et al., 2004).

VPM=PSP	VNM=NSP	VDN=DSP	ASP	CFP
<b>Consumo de:</b> Moluscos Bivalvos (mejillones, almejas, vieiras, ostras), ciertos peces herbívoros, cangrejos y langostas	Moluscos Bivalvos (ostras, las almejas y los mejillones) y otras especies.	Moluscos Bivalvos (ostras, las almejas y los mejillones)	Moluscos Bivalvos (ostras, las almejas y los mejillones) y peces	Peces de arrecifes tropicales. La barracuda a, otros peces como róballo, el pargo, lisa.
<b>Tiempo de incubación:</b> 5-30 min	30 min a 24 horas	< 24 horas	< 24 horas	< 24 horas
<b>Síntomas:</b>  Empiezan con entumecimiento u hormigueo en la cara, los brazos y las piernas; seguido de dolor de cabeza, mareos, náuseas y falta de coordinación muscular (a veces los pacientes describen una sensación de flotar)	Comienzan de una a tres horas después de comer el marisco e incluyen entumecimiento, hormigueo en la boca, brazos y piernas, falta de coordinación, y molestias gastrointestinales. Al igual que en la intoxicación por ciguatera, algunos pacientes reportan temperatura de inversión.	Se inician con malestar gastrointestinal (dentro de 24 horas después de comer mariscos), mareos, dolor de cabeza, desorientación, permanente pérdida de la memoria a corto plazo; enfermedad poco común y la aparición de síntomas es entre 15 min. a 38 horas (Abalde, <i>et al.</i> , 2006).	Los síntomas se inician con vomito, diarrea, dolor abdominal y problemas neurológicos como confusión, pérdida de memoria, desorientación, ataques y estado de coma.	Los síntomas que causan en unos pocos minutos a 30 horas después de comer pescado contaminado (en ocasiones puede tardar hasta 6 horas), incluyen náuseas, vómitos, diarrea, calambres, sudoración excesiva, dolor de cabeza y dolores musculares (la sensación de ardor o "alfileres y agujas", debilidad, prurito y mareos pueden ocurrir).
<b>Casos extremos:</b> parálisis muscular e insuficiencia respiratoria, y en estos casos, la muerte puede ocurrir entre dos a 25 horas (Abalde, <i>et al.</i> , 2006).	En casos más severos se producen convulsiones, parálisis de coordinación, y puede producir la muerte; pérdida de la memoria de corto plazo y en algunos casos la muerte de la persona.	En exposición crónica puede promover formación tumoral en el sistema digestivo	Alucinaciones, confusión, pérdida de memoria por periodos cortos	Experimenta la sensación de temperatura en la boca, sensaciones de sabor peculiar, alucinaciones. Intoxicación por ciguatera, los síntomas desaparecen en 1 a 4 semanas,
<b>Mecanismo molecular de la toxina:</b> Bloqueadora de canales de sodio (bloqueando el impulso nervioso, lo que provoca parálisis progresiva que termina con un paro cardio-respiratorio.	Bloqueadora de canales de sodio	Inhibidora de fosfatasa fosforilasa (interfiere con mecanismos de neurotransmisión, provocando daño a la célula neuronal y muerte celular)	Glutamanate receptor agonist	Activadora de los canales de sodio y calcio (inhibición de proteínas fosfatasa que están en las células del epitelio intestinal, lo que produce finalmente diarrea.
<b>Tasa de Mortalidad:</b> 1-14%	0%	0%	3%	0.2-12%
<b>Principales áreas geográficas:</b> áreas templadas	Golfo de México, costas este y oeste de Estados Unidos, New Zealand.	Europa, Japón	costas este y oeste de Norte América	Arrecifes de coral tropical

**Tabla 2.** Algunos géneros del plancton que han causado problemas en aguas costeras.

Organismos	Especies	Efectos	Localización	Referencia
Dinoflagelados	<i>Alexandrium</i>	PSP, alta biomasa	Costas europeas	Siddorn, 2006
	<i>A. tamarense</i> <i>A. minutum.</i>	PSP GTX	Golfo de Tailandia	Piumsomboom <i>et al.</i> , 2000.
	<i>A. catenella</i>	PSP	España	Vila <i>et al.</i> ,2000
	<i>Dinophysis sp.</i>	DSP	Toda Europa	Siddorn, 2006
	<i>Prorocentrum lima</i>		Tasmania Australia	Pearce <i>et al.</i> , 2000
	<i>Prorocentrum mexicanum</i>		Tasmania Australia	Pearce <i>et al.</i> , 2000
	<i>Prorocentrum minimum</i>	Mortalidad de Camarón cultivado	Golfo de California	Cortés-Altamirano <i>et al.</i> , 1997 y 1999
	<i>Noctiluca scintillans</i>	Invasora a través del Agua lastre	Hong kong	Yin <i>et al.</i> , 2000
	<i>Gonyaulax polygramma</i>	Invasora a través del Agua lastre	Hong kong	Yin <i>et al.</i> , 2000
	<i>Ceratium furca</i>	Invasora a través del Agua lastre	Hong kong	Yin <i>et al.</i> , 2000
	<i>Gymnodinium mikimotoi</i>	Mortalidad de peces	Hong kong	Dickman 2000
	<i>Gymnodinium</i>	Mortalidad de peces	Chile	Clement <i>et al.</i> ,2000
	<i>Gyrodinium</i>	Mortalidad de peces	Hong kong	Hodgkiss y Yang, 2000
Diatomeas	<i>Pseudo-nitzschia</i>	ASP	Toda Europa	Siddorn, 2006
	<i>Pseudo-nitzschia</i>	70-80% muestra	Río Janeiro (Brazil)	Villac y Ribera, 2000.
	<i>Pseudo-nitzschia</i>	Acido domoico; 25- 40 y 80% muestra	Australia	Lapworth <i>et al.</i> , 2000
	<i>Pseudo-nitzschia</i>	Mortalidad peces ( <i>Sardinops</i> ), aves (pelicanus) y mamíferos (lobos marinos)	Bahía San Jorge en Golfo de California	Cortez-Altamirano <i>et al.</i> , 2006
	<i>Pseudo-nitzschia</i>	Acido domoico	Costa oeste USA	Trainer <i>et al.</i> 2000
	<i>Skeletonema costatum</i>	Invasora a través del Agua lastre	Hong kong	Yin <i>et al.</i> , 2000
Flagelados	<i>Phaeocystis</i>	Alta biomasa, produccion de espuma	North Sea, English Channel, Northern Norwegian fjords	Siddorn, 2006  Fogg (2002)
	<i>Prymnesium parvum</i> <i>Chrysochromulina polylepis</i>	Mortalidad de peces en estuarios	Costa Este del mar del Norte	
Rafidofíceas	<i>Chattonella</i>	Ictiotóxica, alta biomasa	Skagerrak, Denmark, Germany y Netherlands	Siddorn, 2006
		Peces bentónicos y corales	Cabo San Lucas en Golfo de California	Ochoa <i>et al.</i> , 1997
	<i>Heterosigma akashiwo</i>	Mortalidad peces	California USA	Gregorio y Connell, 2000.
Cianobacterias	<i>Lyngbya</i> <i>Anabaena</i>	PSP	Río Burigonga Bangladesh	Ahmed <i>et al.</i> , 2000
Ciliados	<i>Mesodinium rubrum</i>	Agua lastre	Hong kong	Yin <i>et al.</i> , 2000

**Tabla 3.** Tipos de venenos relacionados a las bio-toxinas algales.

<b>Español</b>	<b>Inglés</b>	<b>Especies microalgas *</b>	<b>Tóxina</b>
Veneno Paralizante por Molusco (VPM)	Paralytic Shellfish Poisoning (PSP)	<i>Alexandrium catenella</i> ; <i>A. minutum</i> , <i>A. tamarense</i> , <i>Gymnodinium catenatum</i> , <i>Pyrodinium bahamense</i>	Saxitoxina
Veneno Diarreico por Molusco (VDM)	Diarrhetic Shellfish Poisoning (DSP)	<i>Dinophysis acuta</i> <i>D. acuminata</i> , <i>D. caudata</i> , <i>D. mitra</i> , <i>D. rotundata</i> , <i>D. fortii</i> , <i>D. sacculus</i> ; <i>Prorocentrum lima</i> , <i>P. borbonicum</i> , <i>Lingulodinium polyedrum</i> , <i>Gonyaulax spinifera</i>	Ácido Okadaico
Veneno Amnésico por Molusco (VAM)	Amnesic Shellfish Poisoning (ASP)	<i>Pseudonitzschia Australis</i> , <i>P. delicatissima</i> , <i>P. multiseriata</i> , <i>P. pungens</i> , <i>P. seriata</i>	Ácido Domoico
Veneno Neurotóxico por Molusco (VNM)	Neurotoxic Shellfish Poisoning (NSP)	<i>Karenia brevis</i> ( <i>Gymnodinium breve</i> )	Brevetoxina PbTx
Ciguatera o Veneno Neurológico y gastrointestinal por Ciguatoxina (VCP)	Ciguatera fish poisoning (CFP-CTX)	<i>Gambiardiscus toxicus</i> , <i>Ostreopsis siamensis</i> , <i>O. ovata</i> , <i>O. lenticularis</i> , <i>Coolia monotis</i>	Ciguatoxina *
Veneno por Azaspirácidos	Azaspiracid Poisoning (AZP)		Azaspiracid Poisoning
Síndromes no específicos	Aerosolized brevetoxin	<i>Ostreopsis siamensis</i> , <i>O. ovata</i> , <i>O. lenticularis</i>	Palitoxinas (Ostreocina D) Clupeotoxismo
Síndromes no específicos			Tetrodotoxina *
Síndromes no específicos	DTX		dinophysistoxin
Síndromes no específicos	yessotoxin	<i>Protoceratium reticulatum</i> <i>Lingulodinium polyedrum</i>	YTX yessotoxin
Síndromes no específicos		<i>Pyrodinium bahamense</i> , <i>Polykrikos schwartzii</i> <i>Alexandrium tamarense</i>	STX saxitoxin
Síndromes no específicos			PTX pectenotoxin
Síndromes no específicos	MCYST	<i>Microcystis</i> , <i>Anabaena</i> , <i>Aphanizomenon</i> , <i>Planktothrix</i> , <i>Nodularia</i> , <i>Cylindrospermopsis</i> , <i>Anabaenopsis</i> (las más tóxicas); otras especies como <i>Aphanocapsa</i> , <i>Coelosphaerium</i> , <i>Gloeotrichia</i> , <i>Gomphosphaeria</i> , <i>Lyngbya</i> , <i>Nostoc</i> , <i>Oscillatoria</i> , <i>Phormidium</i> , <i>Pseudanabaena</i> , <i>Synechocystis</i> , <i>Synechococcus</i>	Microcystina, cianotoxinas
* Hallegraef (2004), Fraga (2006); nota: algunos síndromes específicos no han sido aún estudiados			

**Tabla 4.** Registro de mareas rojas entre 1968 y 2009 en Ecuador.

Nº	Lugar	Mes	Año	Especie	cell/l	Mortalidad	Autor (es)
1	Golfo Guayaquil	Feb	1968	<i>Mesodinium rubrum</i>	Sin datos	No	Jiménez 1974; 1989; 1996; 1997b
2	Golfo Guayaquil	May	1973	<i>Mesodinium rubrum</i>	Sin datos	No	Jiménez 1974; 1989; 1996; 1997b
3	Golfo Guayaquil	Mar	1976	<i>Gymnodinium splendens</i>	Sin datos	No	Jiménez 1989; 1996b; 1997b
4	Puntilla Santa Elena	Abr	1976	<i>Ceratium deflexum</i>	Sin datos	No	Jiménez 1989; 1996b; 1997b
5	Puerto Manta	Sep	1978	<i>Mesodinium rubrum</i>	Sin datos	No	Jiménez 1989; 1996b; 1997b
6	Golfo Guayaquil (Payana)	Jul	1979	<i>Cochlodinium catenatum</i>	1900000	No	Jiménez 1989; 1996b; 1997b
7	Canal Jambelí	Abr	1980	<i>Gonyaulax monilata</i> ( <i>Alexandrium monilatum</i> )	600000-988000	Peces	Jiménez 1980; 1989; 1996b; 1997b; Yoong y Reinoso 1982
8	Punta Payana	Abr	1980	<i>Gonyaulax monilata</i> ( <i>Alexandrium monilatum</i> )	Sin datos	No	Jiménez 1980; 1989; 1996b; 1997b
9	Galápagos Isabela-Canal Bolívar	Abr	1980	<i>Mesodinium rubrum</i> y <i>Prorocentrum gracili</i>	21300000	No	Jiménez 1989; 1996b; 1997b
10	Galápagos (Bahía Puerto Villamil)	Abr	1980	<i>Prorocentrum gracilis</i>	2340000	Peces	Jiménez 1989; 1996b; 1997b
11	Valdivia	Ago	1980	<i>Mesodinium rubrum</i>	14755000	No	Jiménez 1989; 1996b; 1997b; Veintimilla 1982
12	Valdivia	Ago	1980	<i>Noctiluca scintillans</i>	Sin datos	No	Jiménez 1989; 1996-b; 1997-b; Veintimilla 1982; Jiménez y Gualancañay 2006
13	Isla La Plata	Mar	1981	<i>Mesodinium rubrum</i>	4367000	No	Jiménez 1989; 1996b; 1997b; Veintimilla 1982; Jiménez y Gualancañay 2006
14	Golfo Guayaquil	Ago	1981	<i>Mesodinium rubrum</i>	3000000	No	Jiménez 1989; 1996-b; 1997-b; Veintimilla 1982
15	Puná (norte)	Sep	1981	<i>Prorocentrum sp.</i>	49330000	No	Jiménez 1989; 1996b; 1997b; Veintimilla 1982
16	Estero Salado (norte)	Sep	1981	<i>Skeletonema costatum</i>	100000000	No	Jiménez 1989; 1996b; 1997b
17	Río Guayas	Sep	1982	<i>Gyrodinium instriatum</i>	93000000	Camarón	Jiménez 1989; 1996b; 1997b
18	Cabo Pasado	Feb-Mar	1984	<i>Mesodinium rubrum</i>	7600000	No	Jiménez 1989; 1996b; 1997b;
19	Salango	Feb-Mar	1984	<i>Mesodinium rubrum</i>	Sin datos	No	Jiménez 1989; 1996b; 1997b

Nº	Lugar	Mes	Año	Especie	cell/l	Mortalidad	Autor (es)
20	Ayangue	Feb-Mar	1984	<i>Mesodinium rubrum</i>	Sin datos	No	Jiménez 1989; 1996b; 1997b
21	Puntilla Santa Elena	Feb-Mar	1984	<i>Mesodinium rubrum</i>	Sin datos	No	Jiménez 1989; 1996b; 1997b
22	Estero Salado (Estero Bajen)	Ago	1984	<i>Mesodinium rubrum</i>	70000000	Camarón	Jiménez 1989; 1996b; 1997b
23	Estero Salado	Sep	1984	<i>Gyrodinium instriatum</i>	440000	No	Jiménez 1989; 1996b; 1997b
24	Galápagos	Mar	1985	<i>Mesodinium rubrum</i>	Sin datos	No	Jiménez 1989; 1996b; 1997b
25	Golfo Guayaquil	Feb	1985	<i>Mesodinium rubrum</i>	1500000	No	Jiménez 1989; 1996b; 1997b
26	Estero Salado	Feb	1985	<i>Prorocentrum maximun</i>	>1000 cel/ml	No	Jiménez 1989; 1996a;1996b; 1997b
27	Estero Salado	Mar	1985	<i>Prorocentrum maximun</i>	>1000 cel/ml	No	Jiménez 1989; 1996a;1996b; 1997b
28	Estero Salado	Abr	1985	<i>Prorocentrum maximun</i>	>1000 cel/ml	No	Jiménez 1989; 1996a;1996b; 1997b
29	Estero Salado	May	1985	<i>Prorocentrum maximun</i>	>1000 cel/ml	No	Jiménez 1989; 1996a;1996b; 1997b
30	Estero Salado	Jun	1985	<i>Prorocentrum maximun</i>	>1000 cel/ml	No	Jiménez 1989;1996b; 1997b
31	Estero Salado	Jul	1985	<i>Prorocentrum maximun</i>	28300000 0	Peces	Jiménez 1989;1996b; 1997b
32	Estero Salado	Jul	1985	<i>Scrippsiella trochoidea</i>	3150000	No	Jiménez 1989;1996b; 1997b
33	Estero Salado	Ago	1985	<i>Gymnodinium sp.</i>	3250000	No	Jiménez 1989;1996b; 1997b
34	Estero Salado	Nov	1985	<i>Gymnodinium sp.</i>	9750000	No	Jiménez 1989;1996b; 1997b
35	Manglaralto	Mar	1986	<i>Mesodinium rubrum</i>	3000000	Postlarvas camarón	Jiménez 1989; 1996b; 1997b
36	Manglaralto	Mar	1986	<i>Gonyaulax monilata</i>	90000	Postlarvas camarón	Jiménez 1989; 1996b; 1997b
37	Golfo Guayaquil	Abr	1986	<i>Mesodinium rubrum</i>	23100000	No	Jiménez 1989; 1996b; 1997b
38	Estero Salado (Estero Engunga)	Jun	1986	<i>Mesodinium rubrum</i>	2200000	No	Jiménez 1989; 1996b; 1997b
39	Estero Salado (Estero Engunga)	Jun	1986	<i>Ceratium dens</i>	840000	No	Jiménez 1989; 1996b; 1997b
40	Río Guayas	Dic	1987	<i>Gyrodinium instriatum</i>	Sin datos	No	Jiménez 1996b; 1997b
41	Estero Salado	Ene	1988	<i>Gymnodinium sp.</i>	6000000	No	Jiménez 1996b; 1997b
42	Punt.Santa Elena	Mar	1989	<i>Gonyaulax cf.polygrama</i>	4000000	No	Torres 2000
43	Puná	May	1989	<i>Prorocentrum gracilis</i>	48000000	No	Jiménez 1996b; 1997b
44	Estero Data	Dic	1989	<i>Oxyhrris marina</i>	600000	Peces	Jiménez 1996b; 1997b

Nº	Lugar	Mes	Año	Especie	cell/l	Mortalidad	Autor (es)
45	Canal Jambelí	Ene	1990	<i>Scrippsiella trochoidea</i>	1500000	Peces	Jiménez 1996b; 1997b
46	Canal Jambelí	Ene	1990	<i>Chattonella subsalsa</i>	5000000	Peces	Jiménez 1996b; 1997b
47	Canal Jambelí	Feb	1990	<i>Scrippsiella trochoidea</i>	12000000	Peces	Jiménez 1996b; 1997b
48	Golfo Guayaquil	May	1990	<i>Cochlodinium sp.</i>	Sin datos	No	Torres 2000
49	3 24'S; 86 12W	Ago	1990	<i>Phaeocystis sp</i>	Sin datos	No	Jiménez 1996b; 1997b
50	Canal Jambelí	May	1990	<i>Cochlodinium catenatum</i>	24000000	No	Jiménez 1996b; 1997b; Cárdenas y Espinoza 1990
51	Monteverde	Jun	1990	<i>Noctiluca scintilans</i>	1600000	No	Jiménez 1996b; 1997b
52	Capaes-San Pablo	May	1991	<i>Noctiluca scintilans</i>	Sin datos	No	Jiménez 1996b; 1997b
53	7 millas de Salinas	May	1991	<i>Mesodinium rubrum</i>	1782000	No	Jiménez 1996b; 1997b
54	Arch. Jambelí	Feb	1992	<i>Skeletonema costatum</i>	3350000	No	Torres 2000
55	Puerto Bolívar	Mar	1992	<i>Cochlodinium sp.</i>	3030000	No	Torres 2000
56	Costas El Oro	Mar	1992	<i>Cochlodinium catenatum</i>	Sin datos	No	Jiménez 1996b; 1997b
57	Frente Ayangué	May	1992	<i>Cochlodinium catenatum</i>	Sin datos	No	Jiménez 1996b; 1997b
58	Estero Salado (Camaronera Kammaros)	Sep	1992	<i>Scrippsiella trochoidea</i>	9283	No	Torres 2000
59	Punt.Santa Elena	Feb	1993	<i>Gymnodinium sp.</i>	Sin datos	No	Torres 2000
60	Estero Salado	Mar	1993	<i>Cochlodinium sp./Gymnodinium sp.</i>	Sin datos	No	Torres 2000
61	Estero Salado	Mar	1993	<i>Gyrodinium instriatum</i>	Sin datos	No	Jiménez 1996b; 1997b
62	San Pablo	May	1993	<i>Gyrodinium instriatum</i>	10000000	No	Jiménez 1996b; 1997b
63	La Libertad (10 Millas)	Jul	1993	<i>Nodularia sp. (filamentos)</i>	Sin datos	No	Torres 2000
64	Puntilla Santa Elena-Cabo Pasado	Mar	1995	<i>Gyrodinium sp.; Goniaulax?</i>	Sin datos	No	Jiménez 1996b; 1997b
65	Cojimies (Bilsa, Salima, Piquero Mache Mendosa, Consorcio Aray)	Jun	1996	<i>Mesodinium rubrum</i>	673873	peces (6 t)	Torres 2000
66	Canal Santa Rosa, Pitahaya, Puerto Bolívar	Jul	1996	<i>Mesodinium rubrum</i>	675000-15000000	Peces	Torres 2000
67	Isla Santa Clara	Abr	1997		Sin datos	No	Torres 2000

Nº	Lugar	Mes	Año	Especie	cell/l	Mortalidad	Autor (es)
68	Isla Santa Clara	Jun	1997	<i>Gymnodinium sp.</i>	Sin datos	No	Torres 2000
69	Golfo Guayaquil (Campo Amistad)	Jun	1997	<i>Cochlodinium catenatum</i>	Sin datos	No	Jiménez 1997a; Coello 2003; Torres <i>et al.</i> , 2003
70	Isla Santa Clara	Ago	1997	no muestra	Sin datos	No	Torres 2000
71	Punt. Santa Elena	Ene	1998	no muestra	Sin datos	No	Torres 2000
72	Estero Salado-Ciudad Guayaquil	Feb	1999	<i>Gymnodinium sp.</i>	Sin datos	No	Torres 2000
73	Estero Salado-Ciudad Guayaquil	Mar	1999	<i>Gyrodinium sp.</i>	56549000	No	Torres 2000
74	Playas	Abr	1999		Sin datos	No	Torres 2000
75	Río Guayas	Jun	1999	<i>Cochlodinium sp.</i>	5277889	No	Torres 2000
76	Estero Salado	Jun	1999	<i>Cochlodinium sp.</i>	Sin datos	No	Torres 2000
77	Estero Salado	Dic	1999	<i>Glenodinium foliaceum</i>	10000	No	Jiménez y Gualancañay 2006a
78	Punt. Santa Elena (Olón)	Mar	2000	<i>Mesodinium rubrum</i>	3500000	No	Jiménez e Intriago (2001); Jiménez y Gualancañay (2006a)
79	Punt. Santa Elena (Olón)	Mar	2000	<i>Gyrodinium instriatum</i>	10000	No	Jiménez e Intriago (2001); Jiménez y Gualancañay (2006a)
80	Sur costas de Manabí	Mar	2000	<i>Gyrodinium instriatum</i>	Sin datos	No	Jiménez e Intriago (2001)
81	Golfo de Guayaquil	Abr	2000	<i>Ceratium trichoceros, C. macroceros</i>	Sin datos	No	Jiménez e Intriago (2001)
82	Sur de Manabí	May-Jul	2000	<i>Mesodinium rubrum</i>	Sin datos	No	Jiménez e Intriago (2001); Jiménez y Gualancañay (2006a)
83	Galápagos	May-Jul	2000	<i>Mesodinium rubrum</i>	Sin datos	No	Jiménez e Intriago (2001); Jiménez y Gualancañay (2006a)
84	Galápagos	Dic	2000	<i>Mesodinium rubrum</i>	Sin datos	No	Jiménez y Gualancañay (2006a)
85	Estuario Río Esmeraldas	Mar	2001	<i>Mesodinium rubrum</i>	23000000	No	Coello 2003; Jiménez y Gualancañay 2006a
86	Salinas-Ayangué	Abr	2001	<i>Gyrodinium instriatum</i>	Sin datos	No	Jiménez y Gualancañay (2006a)
87	Monteverde-Ayangué	Abr	2001	<i>Mesodinium rubrum</i>	Sin datos	No	Jiménez y Gualancañay (2006a)
88	San Pablo Olón	May	2001	<i>Gymnodinium sanguineum</i>	14000000	No	Coello (2003); Torres <i>et al</i> 2003
89	Ayangué	May	2001	<i>Ceratium sp., Dinophysis, Gyrodinium instriatum</i>	Sin datos	No	Jiménez y Gualancañay (2006a)

Nº	Lugar	Mes	Año	Especie	cell/l	Mortalidad	Autor (es)
90	Estero Salado	May	2001	<i>Gyrodinium sp.</i>	Sin datos	No	Jiménez y Gualancañay (2006a)
91	Ayangué	May	2001	<i>Gyrodinium instriatum</i>	Sin datos	No	Jiménez y Gualancañay (2006a)
92	Puerto López	May	2001	<i>Mesodinium rubrum</i>	3808000	No	Torres 2006
93	Bahía Santa Elena Muelle de Superintendencia de Petróleo La Libertad	May	2001	<i>Mesodinium rubrum</i>	Sin datos	No	Torres 2006
94	Ayangué	Nov	2001	<i>Oscillatoria erythraeun</i>	Sin datos	No	Jiménez y Gualancañay (2006a)
95	Golfo de Guayaquil (zona cuarentena sur de Puná)	Mar	2003	<i>Noctiluca scintilans</i>	Sin datos	<i>Cynoscium spp.</i> , (n.v.Cachema) aprox. 5 t (90%).	Torres <i>et al</i> 2003
96	Canal Jambelí	Mar	2003	<i>Noctiluca scintilans</i>	2600000	No	Coello (2003); Jiménez y Gualancañay (2006a); Torres <i>et al</i> 2003
97	Arch.Jambelí (norte)	Mar	2003	<i>Noctiluca scintilans</i>	Sin datos	No	Torres <i>et al</i> 2003
98	Estero Salado (cerca APG)	Mar	2003	<i>Prorocentrum minimum</i>	3120 Cel/m <sup>3</sup>	No	Torres <i>et al</i> 2003
99	Estero Salado (APG, Boyas 48,54 y 69 )	Abr	2003	<i>Cochlodinium sp.</i>	918918 - 4358970	No	Torres <i>et al</i> 2003
100	Jambelí (frente al pueblo)	Abr	2003	<i>Prorocentrum minimum</i>	7228 Cel/m <sup>3</sup>	Bagres (especies bentónicas)	Torres <i>et al</i> 2003
101	Estero Salado en sector norte de Puná	Abr	2003	<i>Gymnodinium sp.</i>	3120 cel/m <sup>3</sup>	Poca mortalidad de peces en bajo Alto	Torres <i>et al</i> 2003
102	Canal Santa Rosa (Puerto Bolívar)	Abr	2003	<i>Gymnodinium sp.</i>	28274400	Escasez de pesca	Torres <i>et al</i> 2003
103	Canal Jambelí (Puná y Bajo Alto)	May	2003	<i>Gymnodinium cf. Brevis</i>	52778880	No	Torres <i>et al</i> 2003
104	Canal Santa Rosa (Puerto Bolívar) y Pitahaya	May	2003	<i>Gymnodinium cf. Brevis</i>	16964464 - 30159996	Peces	Torres <i>et al</i> 2003
105	Laguna La Tembladera en Prov. El Oro	May	2003	Cianobacterias	Sin datos	peces vieja, tilapia	Torres (2003)
106	Estero Salado	Oct	2003		Sin datos	No	Torres <i>et al</i> 2003
107	Punt.Santa Elena	May	2004	<i>Mesodinium rubrum</i>	Sin datos	No	Jiménez y Gualancañay (2006a)
108	Arch.Jambelí (norte)	Ago	2004	<i>Noctiluca scintilans</i>	409979	días previos mortalidad peces Chuhueco	Torres (2006); Torres y Palacios 2007b

Nº	Lugar	Mes	Año	Especie	cell/l	Mortalidad	Autor (es)
109	Golfo de Guayaquil (zona cuarentena)	Sep	2004	<i>Ceratium dens</i>	3473039	No	Torres (2006); Torres y Palacios 2007b
110	Isla Puná (norte)	Dic	2004	<i>Gymnodinium sp.</i>	400000	No	Torres (2006);
111	Estero Salado (El Morro)	Mar	2005	<i>Gymnodinium sp.</i>	598475	camarones	Torres (2006)
112	Monteverde	May	2005	<i>Mesodinium rubrum</i>	4865553	No	Torres (2006)
113	Estero Salado (Puentes 5 de Junio; la 17 y Portete)	Jun	2005	<i>Gymnodinium sp.</i> , <i>Pseudonitzschia Thalassiosira sp.</i>	11092990	No	Torres (2006)
114	Río Portoviejo	Oct	2005	<i>Cyanobacterias</i>	Sin datos	peces	Torres (2006)
115	Bahía Santa Elena (La Libertad)	Feb	2006	<i>Gymnodinium sp.</i>	Sin datos	No	Torres (2006)
116	Bahía Santa Elena (La Libertad)	Mar	2006	<i>Ceratium furca-Dinophysis caudata</i>	3240-8100 (cel/m <sup>3</sup> )	No	Torres (2006)
117	Ayangue	Mar	2006	<i>Mesodinium rubrum</i>	Sin datos	No	Jiménez y Gualancañay (2006a)
118	Bahía Santa Elena (La Libertad y frente a CENAIM)	Abr	2006	<i>Pyrophacus steinii</i>	6804 (Cel/m <sup>3</sup> )	No	Torres (datos no publicados)
119	Río Guayas (Churute-Puná)	Ago	2006	no muestra	Sin datos	No	Torres (datos no publicados)
120	Río Guayas (Churute y Puná)	Dic	2006	no muestra	Sin datos	No	Torres (datos no publicados)
121	Río Guayas (Churute, I.Ingleses)	Ene	2007	<i>Chattonella marina</i>	59376240	Camarones y Tilapias	Torres (en prensa 2010)
122	Estuario Río Chone	May	2007	<i>Scrippsiella trochoidea</i> , <i>Prorocentrum minimun</i>	2260000 ( <i>S.striata</i> ), 2180000 ( <i>Oscillatoria</i> ); 1760000 ( <i>P.minimun</i> )	Chuhueco ( <i>C. mysticetus</i> )	Coello (2007)
123	Golfo Guayaquil	Jun	2007	<i>Mesodinium rubrum</i>	Sin datos	No	Coello (2007); Coello y Cajas 2007
124	San Lorenzo (Planta Tratamiento Sanitario)	Jun	2007	<i>Scrippsiella sp.</i>	695079-341649	No	Torres y Andrade (2007a)
125	Tortuga Bay (Santa Cruz-Galápagos)	Jul	2007	<i>Bellerochea malleus</i>	Sin datos	No	Torres y Andrade (2007b)
126	Laguna Las Diablas (Isabela-Galápagos)	Jul	2007	Cianobacterias	Sin datos	No	Torres (datos no publicados)

Nº	Lugar	Mes	Año	Especie	cell/l	Mortalidad	Autor (es)
127	Arch.Jambelí (área externa)	oct	2007	<i>Mesodinium rubrum</i>	11560000	No	Coello (2007)
128	Puná	julio	2008	no muestra	Sin datos	Peces (Cachema, bagre, lisa, Chuhueco)	Torres (datos no publicados)
129	Puná	Sep	2008	no muestra	Sin datos	Peces (Cachema, bagre, lisa, Chuhueco)	Torres (datos no publicados)
130	Canal Jambelí	Abr	2009	<i>Prorocentrum mexicanum, Pseudanabaena limnetica</i>	61600000	Días previos se presentó mortalidad de bagres y lisas	Coello (2009)
131	Bajo alto	Jun	2009	no muestra	Sin datos	Peces	Torres (datos no publicados)

**Tabla 5.** Listado de especies causantes de mareas rojas entre 1968 y 2009 en Ecuador.

Taxón	Especies causantes de Marea rojas	NºEventos	Ecosistema
Ciliado	<i>Mesodinium rubrum</i>	33	Marino, Estuarino
Dinoflagelados	<i>Gymnodinium sp.</i>	13	Marino, Estuarino
	<i>Gyrodinium instriatum</i>	9	Marino, Estuarino
	<i>Noctiluca scintilans</i>	7	Marino, Estuarino
	<i>Scrippsiella trochoidea</i>	6	Marino, Estuarino
	<i>Prorocentrum maximum</i>	6	Marino, Estuarino
	<i>Cochlodinium sp.</i>	6	Marino, Estuarino
	<i>Cochlodinium catenatum</i>	5	Marino, Estuarino
	<i>Gyrodinium sp.</i>	3	Marino, Estuarino
	<i>Gymnodinium cf. brevis</i>	2	Marino, Estuarino
	<i>Prorocentrum minimum</i>	2	Marino, Estuarino
	<i>Ceratium dens</i>	2	Marino, Estuarino
	<i>Prorocentrum gráciles</i>	2	Marino, Estuarino
	<i>Gonyaulax monilata (Alexandrium monilatum)</i>	2	Marino, Estuarino
	<i>Ceratium trichoceros</i>	1	Marino, Estuarino
	<i>Ceratium deflexum</i>	1	Marino, Estuarino
	<i>Ceratium furca</i>	1	Marino, Estuarino
	<i>Ceratium sp</i>	1	Marino, Estuarino
	<i>Prorocentrum mexicanum</i>	1	Marino, Estuarino
	<i>Prorocentrum sp</i>	1	Marino, Estuarino
	<i>Gymnodinium sanguineum</i>	1	Marino
<i>Gymnodinium splendens</i>	1	Marino, Estuarino	
<i>Glenodinium foliaceum</i>	1	Marino, Estuarino	
<i>Gonyaulax cf.polygrama</i>	1	Marino	
<i>Pyrophacus steinii</i>	1	Marino	
<i>Oxyhrris marina</i>	1	Marino, Estuarino	
<i>Phaeocystis sp</i>	1	Marino, Estuarino	
Diatomeas	<i>Skeletonema costatum</i>	1	Marino, Estuarino
	<i>Bellerochea malleus</i>	1	Marino
	<i>Pseudonitzschia sp.</i>	1	Marino, Estuarino
	<i>Thalassiosira sp.</i>	1	Marino, Estuarino
Raphidophytes	<i>Chattonella marina</i>	1	Ríos y estuarios
	<i>Chattonella subsalsa</i>	1	Ríos y estuarios
Cianobacteria	No identificadas	3	Ríos, estuarios, lagunas
	<i>Oscillatoria erythraeun</i>	1	Ríos y estuarios
	<i>Nodularia sp. (filamentos)</i>	1	Marino
No identificados	Sin muestras	8	Marino, Estuarino

**Tabla 6.** Listado de especies causantes de mareas rojas entre 1968 y 2009 en el Golfo de Guayaquil y Península Santa Elena (sur del Ecuador).

<b>Taxón</b>	<b>Especies causantes de Marea rojas</b>	<b>NºEventos</b>	<b>Ecosistema</b>
Ciliado	<i>Mesodinium rubrum</i>	10	Marino Estuarino
	<i>Mesodinium rubrum</i>	8	Marino
Dinoflagelados	<i>Gymnodinium sp.</i>	10	Marino Estuarino
	<i>Gymnodinium sp.</i>	2	Marino
	<i>Prorocentrum maximun</i>	6	Marino Estuarino
	<i>Cochlodinium sp.</i>	5	Marino Estuarino
	<i>Cochlodinium catenatum</i>	4	Marino Estuarino
	<i>Gyrodinium instriatum</i>	4	Marino Estuarino
	<i>Noctiluca scintilans</i>	4	Marino Estuarino
	<i>Noctiluca scintilans</i>	1	Marino
	<i>Scrippsiella trochoidea</i>	4	Marino Estuarino
	<i>Gyrodinium instriatum</i>	3	Marino
	<i>Ceratium dens</i>	2	Marino Estuarino
	<i>Prorocentrum minimum</i>	2	Marino Estuarino
	<i>Gymnodinium cf. brevis</i>	2	Marino Estuarino
	<i>Gonyaulax monilata (Alexandrium monilatum)</i>	2	Marino Estuarino
	<i>Glenodinium foliaceum</i>	1	Marino Estuarino
	<i>Gymnodinium splendens</i>	1	Marino Estuarino
	<i>Oxyhrris marina</i>	1	Marino Estuarino
	<i>Prorocentrum gracilis</i>	1	Marino Estuarino
	<i>Prorocentrum mexicanum</i>	1	Marino Estuarino
	<i>Prorocentrum sp.</i>	1	Marino Estuarino
	<i>Ceratium trichoceros</i>	1	Marino
	<i>Ceratium deflexum</i>	1	Marino
	<i>Ceratium furca-Dinophysis caudata</i>	1	Marino
	<i>Ceratium sp., Dinophysis, Gyrodinium instriatum</i>	1	Marino
	<i>Cochlodinium catenatum</i>	1	Marino
	<i>Gonyaulax cf. polygrama</i>	1	Marino
	<i>Gyrodinium sp.</i>	1	Marino
	<i>Phaeocystis sp</i>	1	Marino
	<i>Pyrophacus steinii</i>	1	Marino
Diatomeas	<i>Skeletonema costatum</i>	2	Marino Estuarino
	<i>Pseudonitzschia sp.</i>	1	Marino Estuarino
	<i>Thalassiosira sp.</i>	1	Marino Estuarino
Raphidophytes	<i>Chattonella marina</i>	1	Marino Estuarino
	<i>Chattonella subsalsa</i>	1	Marino Estuarino
Cyanobacteria	<i>Cianobacterias</i>	1	Marino Estuarino Agua dulce
	<i>Nodularia sp. (filamentos)</i>	1	Marino
	<i>Oscillatoria erythraeun</i>	1	Marino
No identificados	Sin muestras	2	Marino Estuarino

**Tabla 7.** Listado de especies causantes de mareas rojas entre 1968 y 2009 en la zona costera de Manabí.

Taxón	Especies causantes de Marea rojas	NºEventos	Ecosistema
Ciliado	<i>Mesodinium rubrum</i>	9	Marino
Dinoflagelados	<i>Gyrodinium instriatum</i>	2	Marino
	<i>Noctiluca scintilans</i>	2	Marino
	<i>Scrippsiella trochoidea</i>	1	Marino Estuarino
	<i>Gymnodinium sanguineum</i>	2	Marino
	<i>Gonyaulax monilata (Alexandrium monilatum)</i>	1	Marino
	<i>Pyrophacus steinii</i>	1	Marino
Cyanobacteria	Cianobacterias (no identificadas)	1	Agua Dulce (Río)

**Tabla 8.** Listado de especies causantes de mareas rojas entre 1968 y 2009 en la zona costera de Esmeraldas.

Taxón	Especies cusantes de Marea rojas	NºEventos	Ecosistema
Ciliado	<i>Mesodinium rubrum</i>	2	Marino Estuarino
	<i>Mesodinium rubrum</i>	1	Marino Estuarino
Dinoflagelados	<i>Scrippsiella trochoidea</i>	1	Estuarino

**Tabla 9.** Listado de especies causantes de mareas rojas entre 1968 y 2009 en Galápagos.

Taxón	Especies cusantes de Marea rojas	NºEventos	Ecosistema
Ciliado	<i>Mesodinium rubrum</i>	3	Marino
Diatomea	<i>Bellerochea malleus</i>	1	Marino
Dinoflagelados	<i>Prorocentrum gracile</i>	1	Marino
Cyanobacteria	<i>cianobacterias</i>	1	Marino

**Tabla 10.** Especies con mayor densidad celular que causaron mareas rojas.

Especie	Nº Eventos	Mínimo Cel/l	Máximo Cel/l
<i>Mesodinium rubrum</i>	18	673.873	70'000.000
<i>Gymnodinium sp.(G.brevis; G.sanguineum)</i>	11	400.000	28'274.400
<i>Prorocentrum maximum</i>	6	1'000.000	283'000.000
<i>Gyrodinium instriatum</i>	4	440.000	93'000.000
<i>Noctiluca scintilans</i>	3	409.979	1'600.000
<i>Cochlodinium sp.</i>	3	3'030.000	5'277.889
<i>Ceratium dens</i>	2	840.000	3'473.039
<i>Cochlodinium catenatum</i>	2	1'900.000	24'000.000
<i>Prorocentrum gracilis</i>	2	2'340.000	48'000.000
<i>Skeletonema costatum</i>	2	3'350.000	100'000.000

## **ANEXO 2**

# **FOTOS DE ESPECIES FITOPLACTON QUE CAUSAN MAREAS ROJAS**

Material obtenido desde el Curso: VII sobre Fitoplancton Tóxico y Biotoxinas Marinas,  
Programas de seguimiento de Fitoplancton Tóxico y Biotoxinas según la  
Reglamentación Europea (Vigo-España, 2006)

PLATE 1: GYMNODINIALES



*Amphidinium operculatum* Claparede et Lachmann

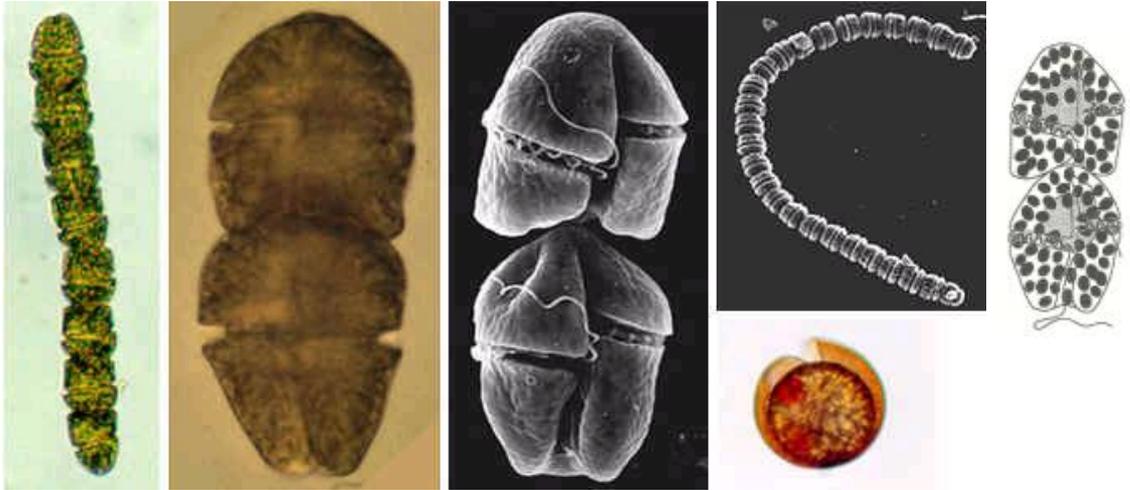


*Amphidinium klebsii* Taylor

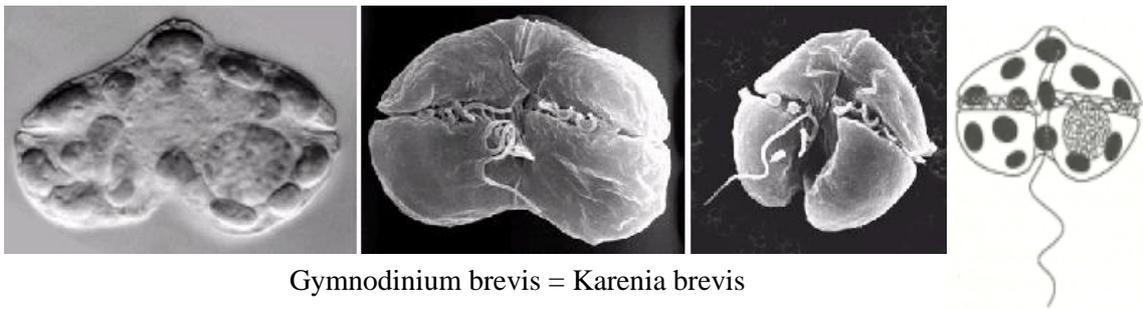


*Cochlodinium polykrikoides* Margalef WESTPAC-HAB-T00014

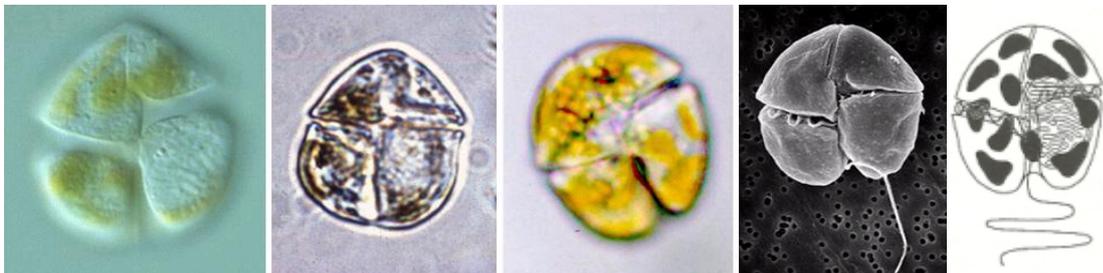
PLATE 2: GYMNODINIALES



*Gymnodinium catenatum* Graham



*Gymnodinium brevis* = *Karenia brevis*

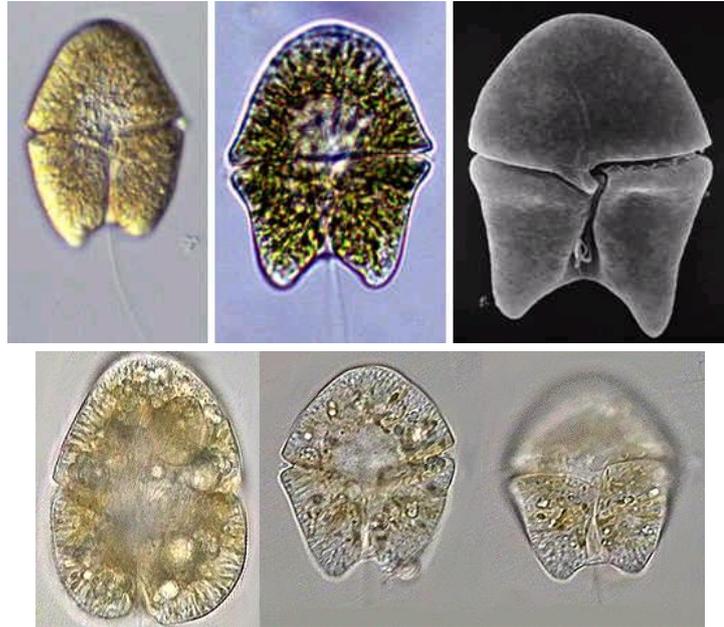


*Gymnodinium mikimotoi* = *Karenia mikimotoi*



*Gymnodinium pulchellum*

PLATE 3: GYMNODINIALES

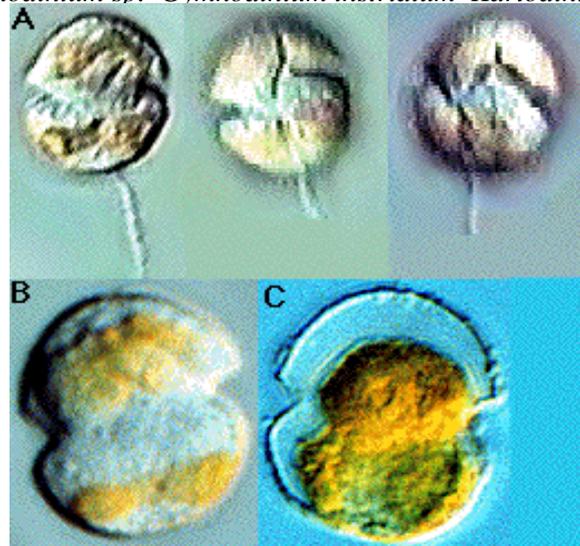


*Gymnodinium sanguineum*



*Gymnodinium instriatum*

*Gymnodinium* sp. *Gymnodinium instriatum* *Karlodinium micrum*

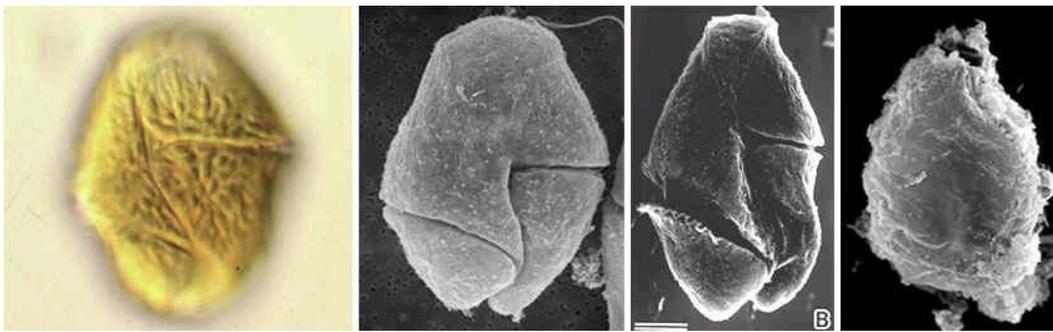


*Gymnodinium estuariale*

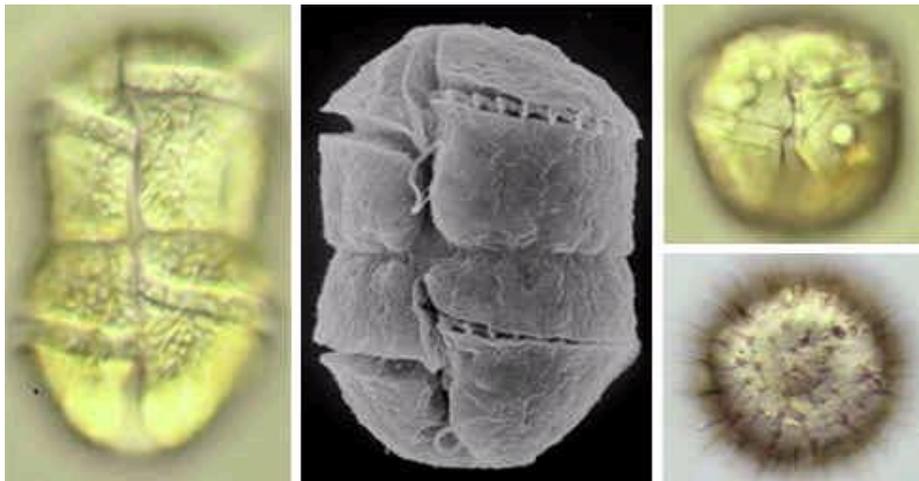
**PLATE 4: GYMNODINIALES**



*Gyrodinium impudicum* Fraga et Bravo



*Gyrodinium instriatum* Freudenthal et Lee



*Gyrodinium viridescens* Kofoid et Swezy

**PLATE 5: GYMNODINIALES**



*Scripsiella trochoidea*



*Noctiluca scintillans* (Ehrenberg) Macartney

**PLATE 6: PERIDINIALES**



*Heterocapsa triqueta*



*Peridinium polonicum*

**PLATE 7: GONYAULACALES**

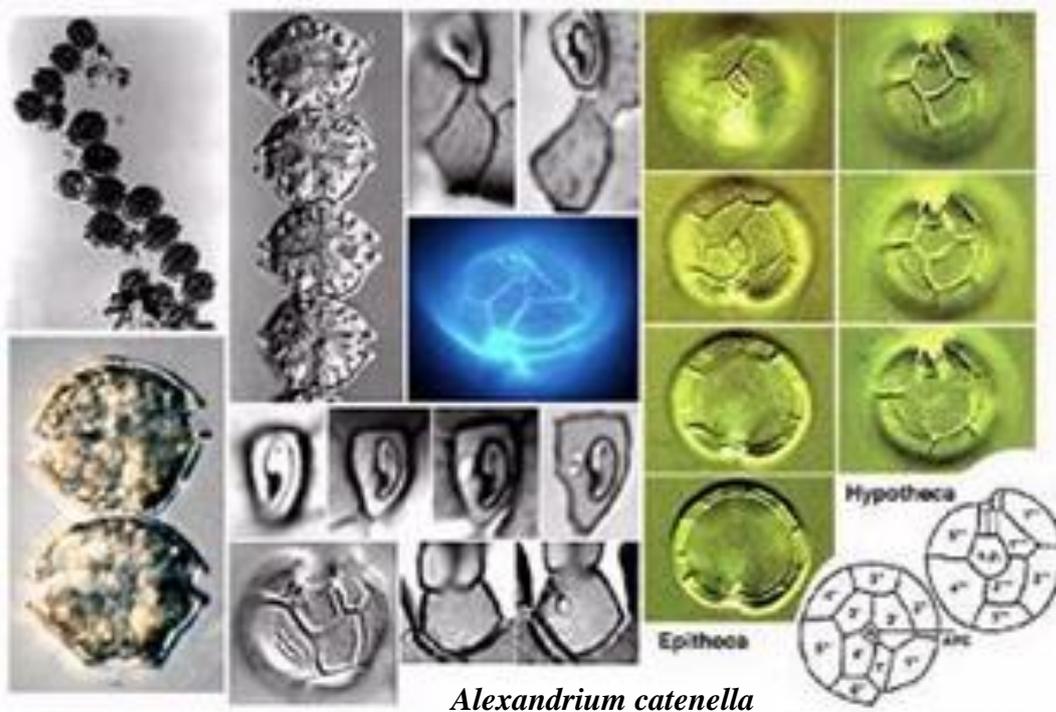
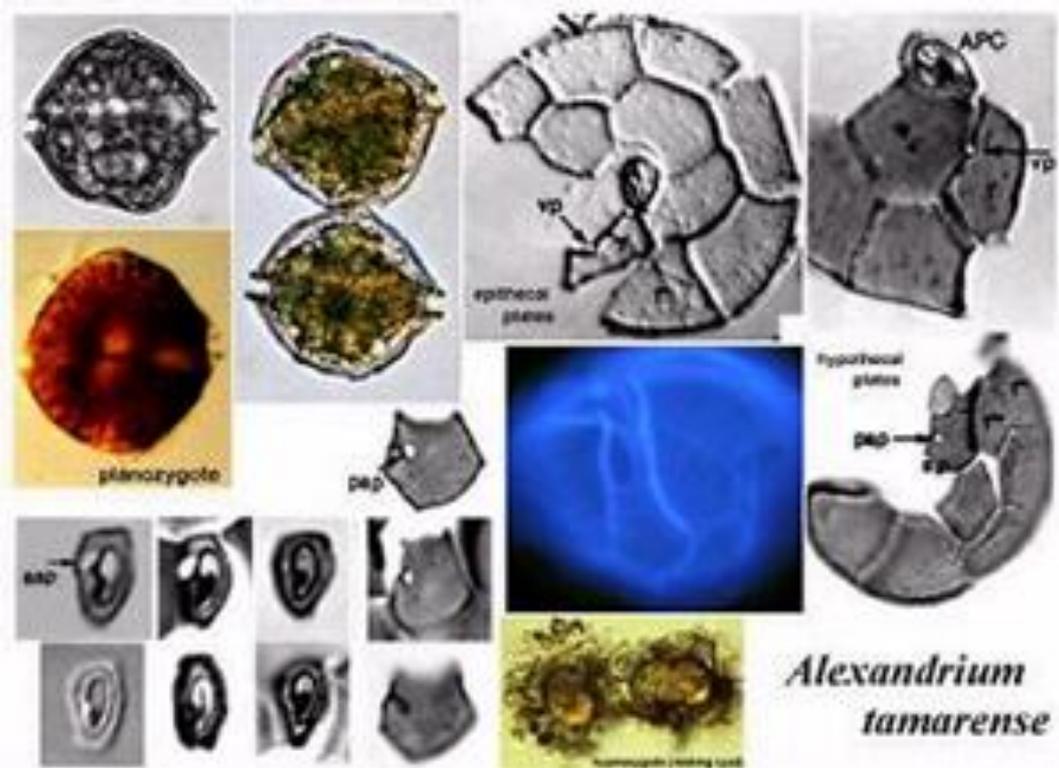


PLATE 8: GONYAULACALES

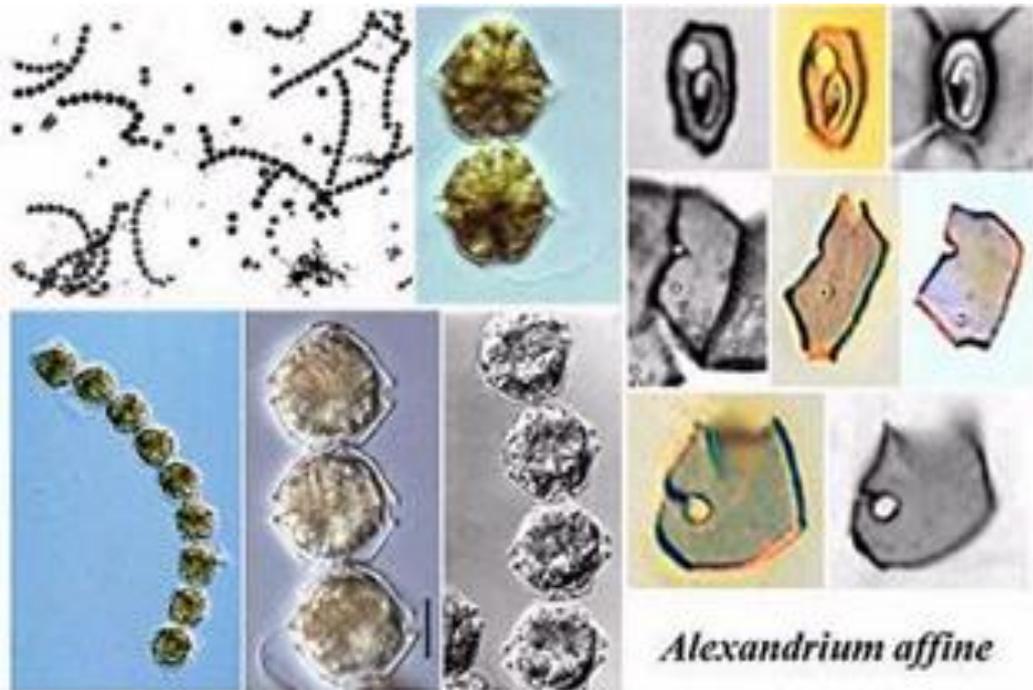
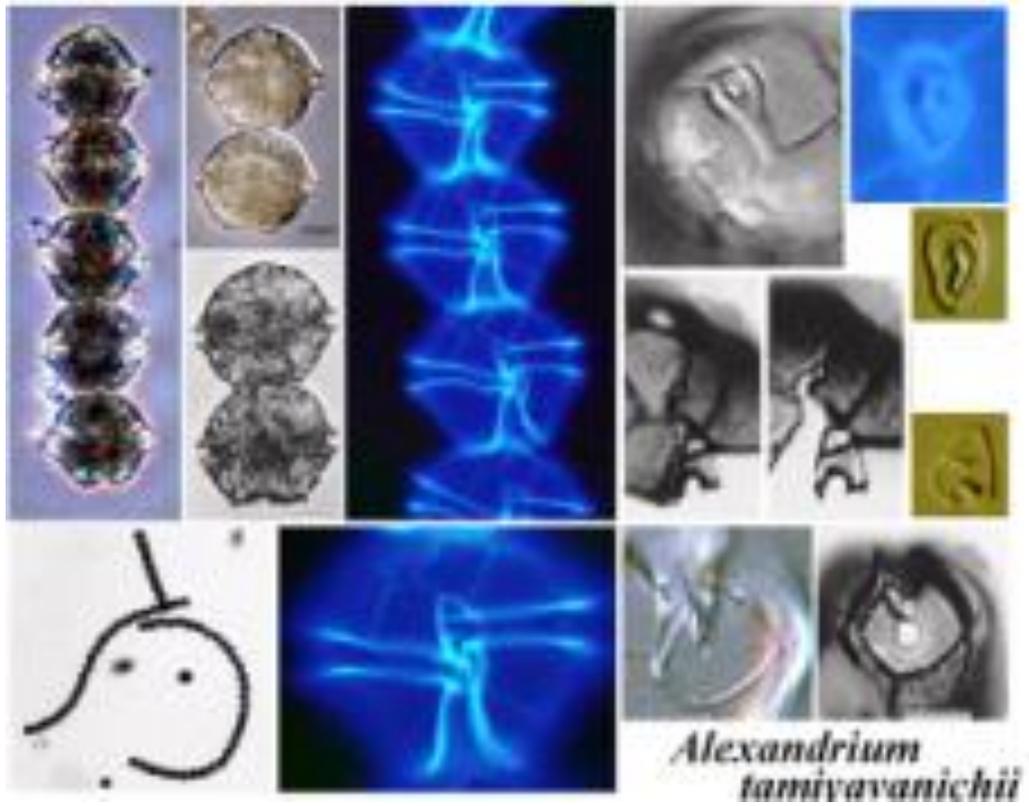




PLATE 10: GYMNODINIALES

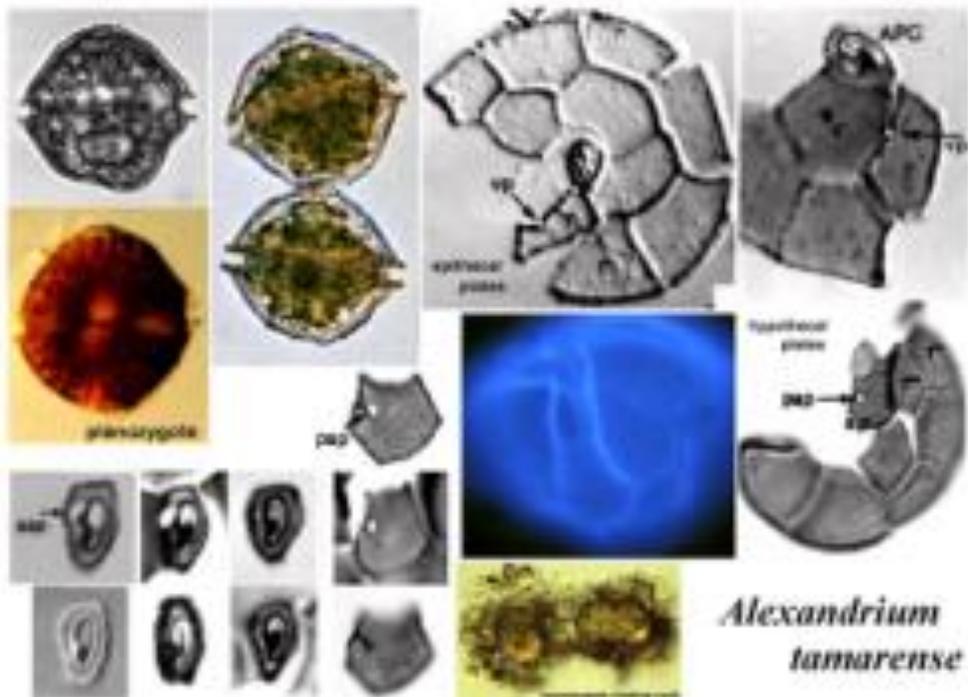
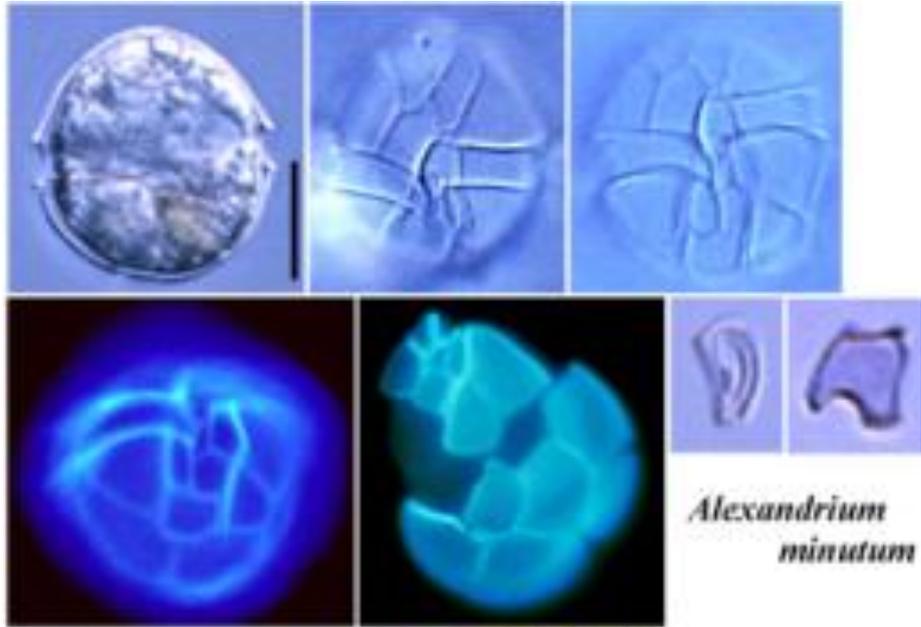


PLATE 11: GONYAULACALES

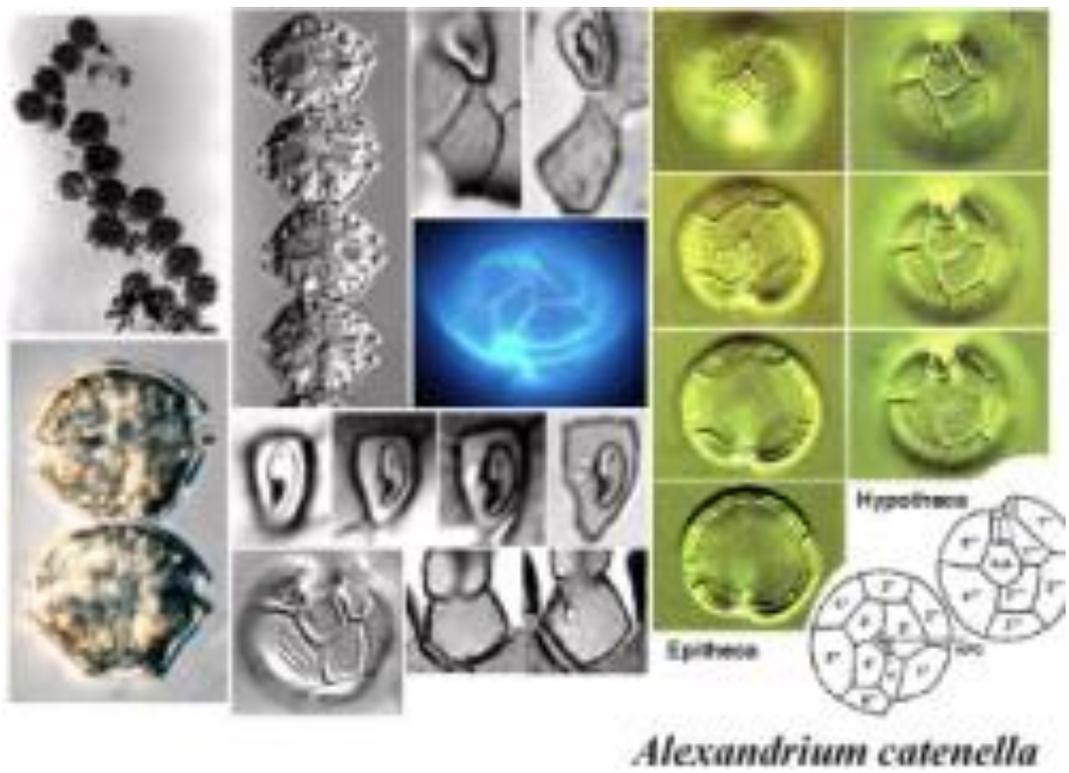
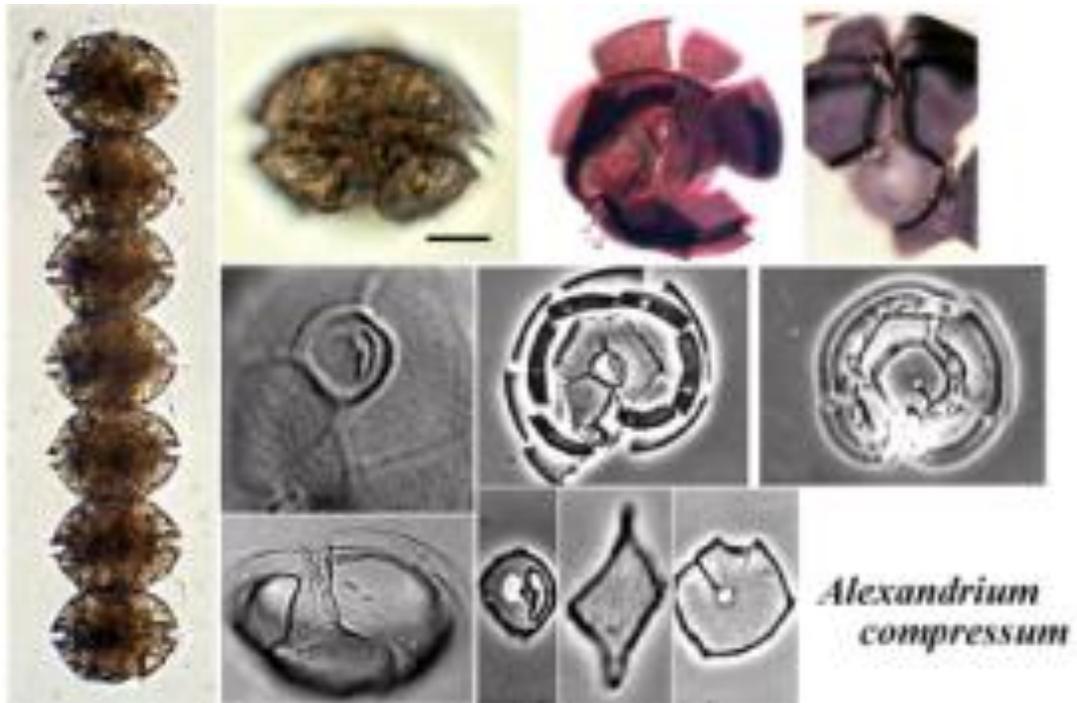
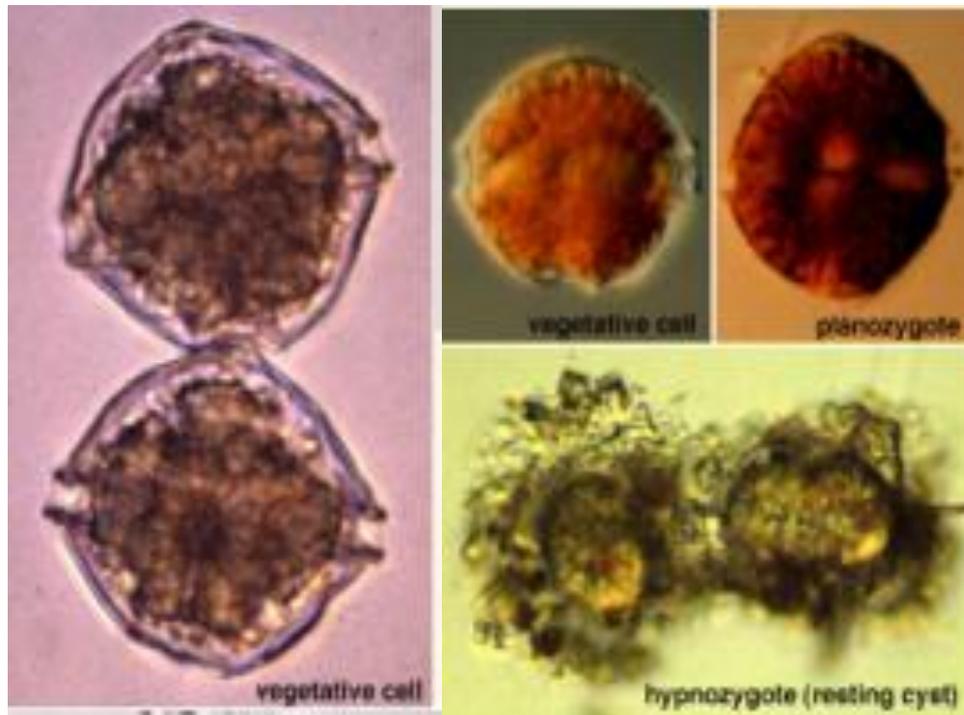
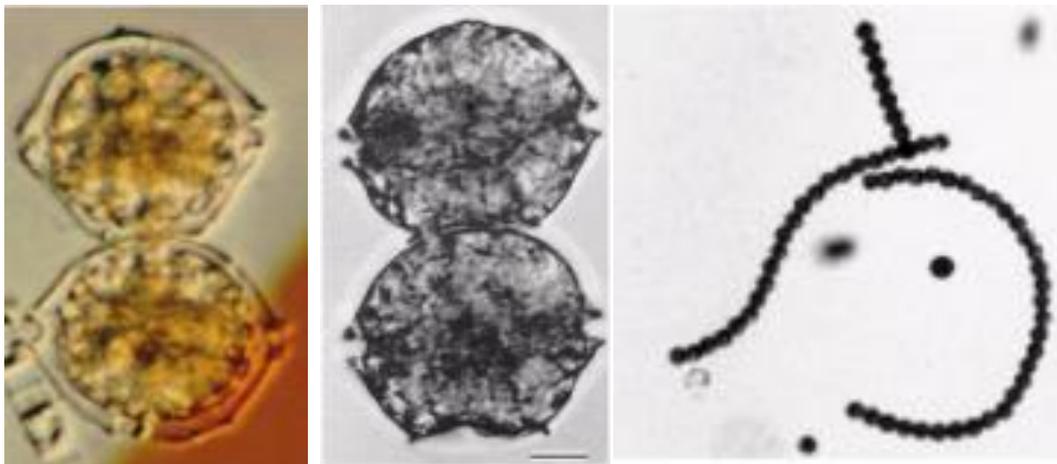


PLATE 12: GONYAULACALES



*Alexandrium tamarense* (Lebour) Balech WESTPAC-HAB-T0008



*Alexandrium tamiyavanichii* (Balech) Balech WESTPAC-HAB-T00029

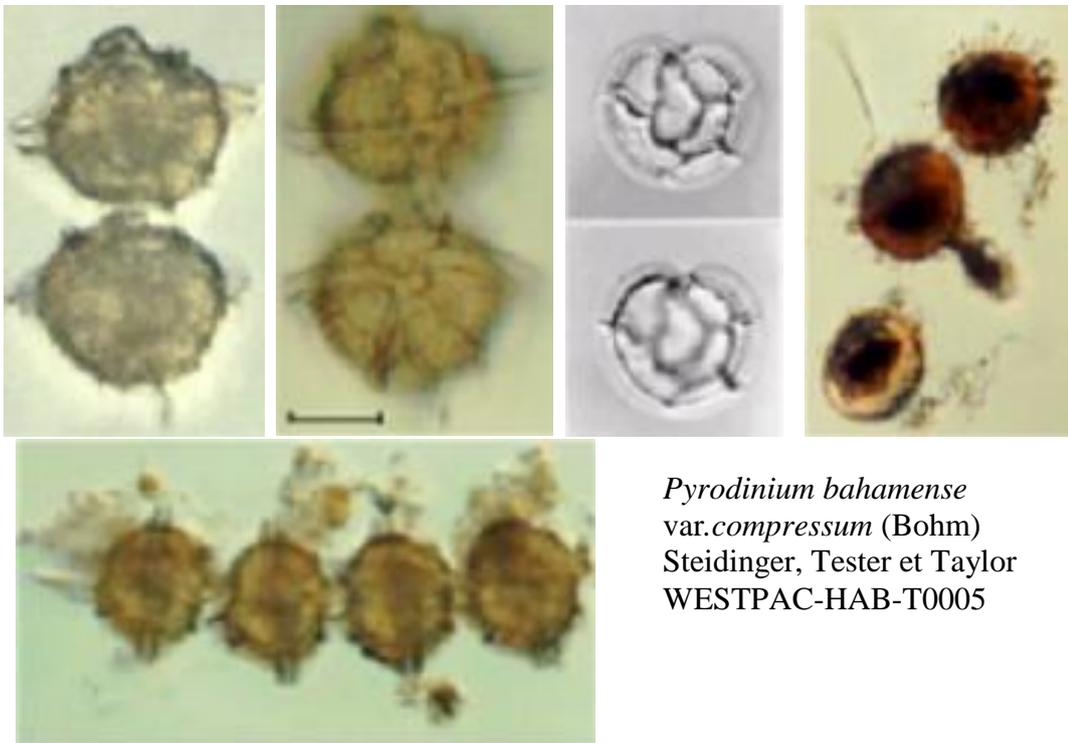
**PLATE 13: PYRIDINIALES**



*Lingulodinium polyedrum*

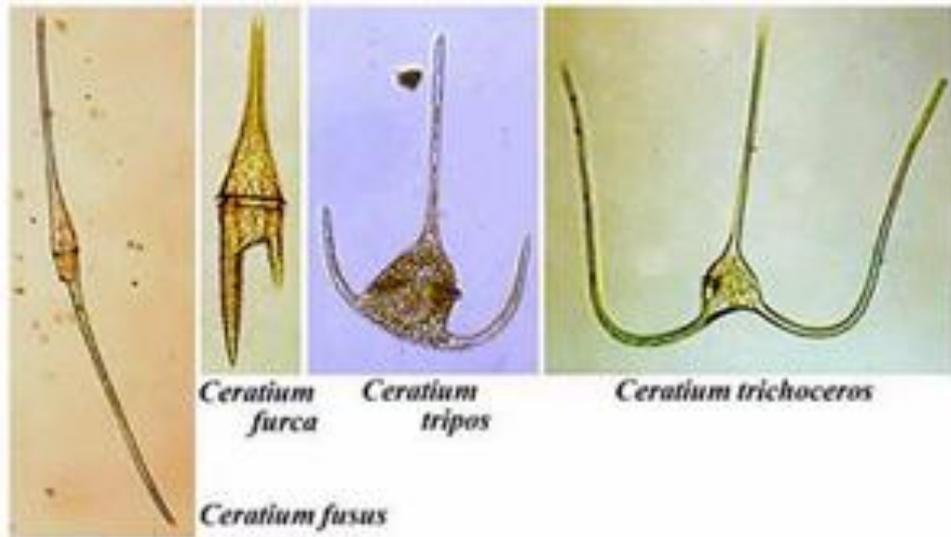


*Gonyaulax spinifer*



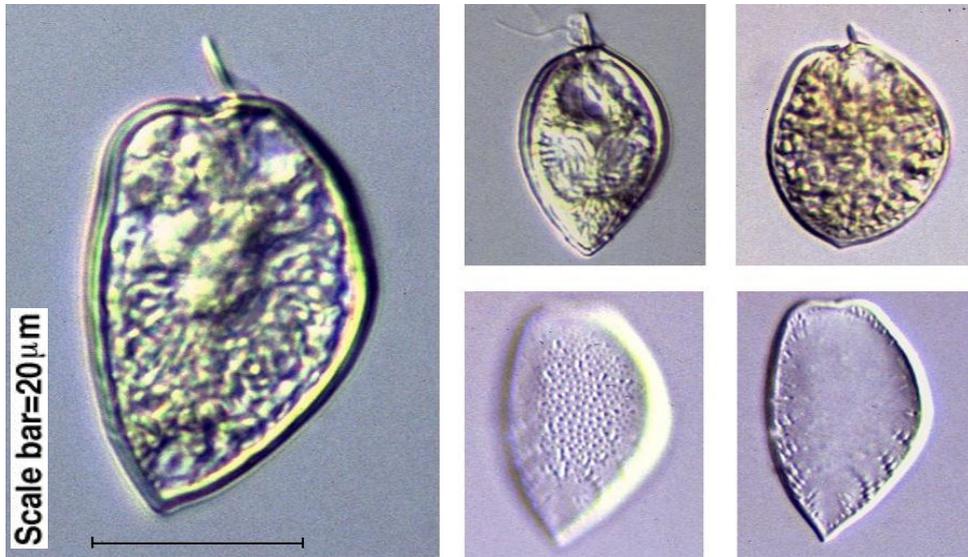
*Pyrodinium bahamense*  
var. *compressum* (Bohm)  
Steidinger, Tester et Taylor  
WESTPAC-HAB-T0005

PLATE 14: PYRIDINIALES

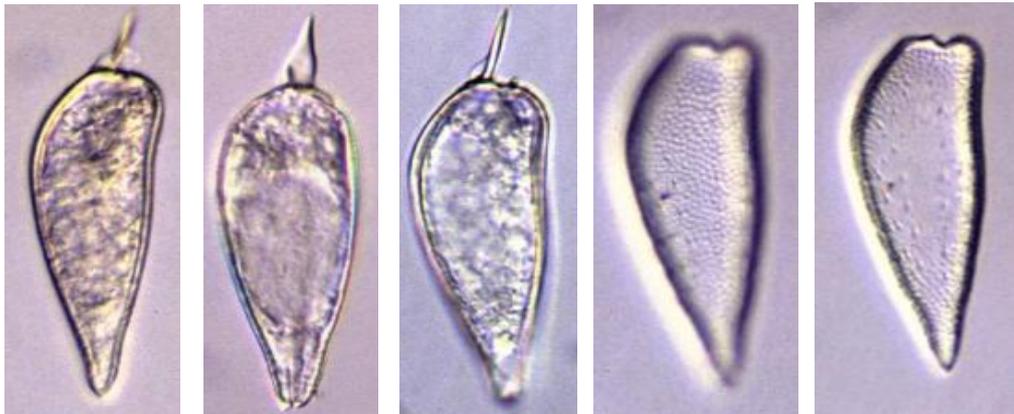


*Oxyrrhis marina* Dujardin

PLATE 15: PROROCENTRALES



*Prorocentrum micans* Ehrenberg WESTPAC-HAB-T0001



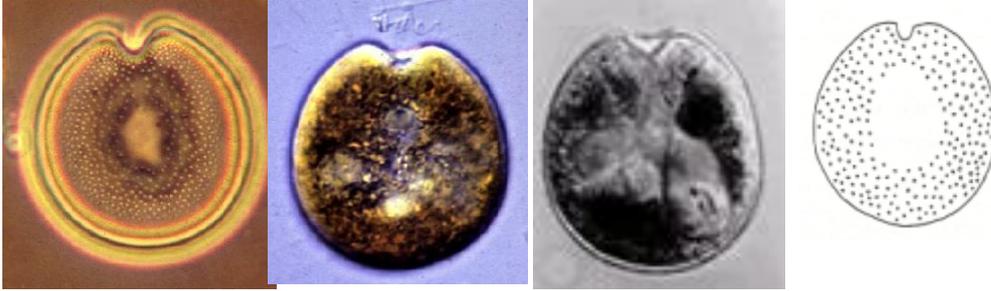
*Prorocentrum sigmoides* Bohn WESTPAC-HAB-T00026



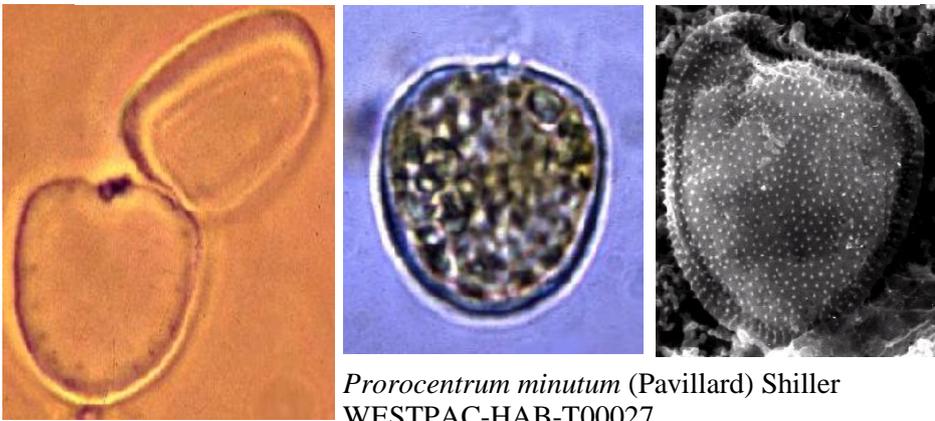
*Prorocentrum sigmoides*

*Prorocentrum dentatum* Stein

PLATE 16: PROROCENTRALES



*Prorocentrum concavum* Fukuyo WESTPAC-HAB-T00011



*Prorocentrum minutum* (Pavillard) Shiller  
WESTPAC-HAB-T00027

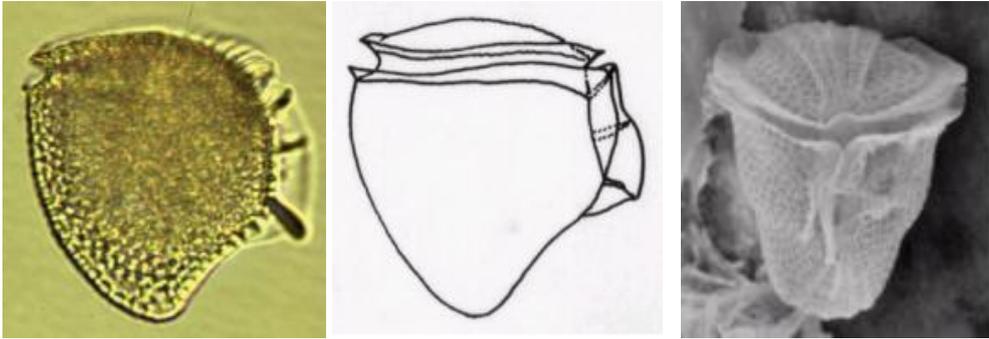


*Prorocentrum lima* (Ehrenberg) Dodge WESTPAC-HAB-T0009

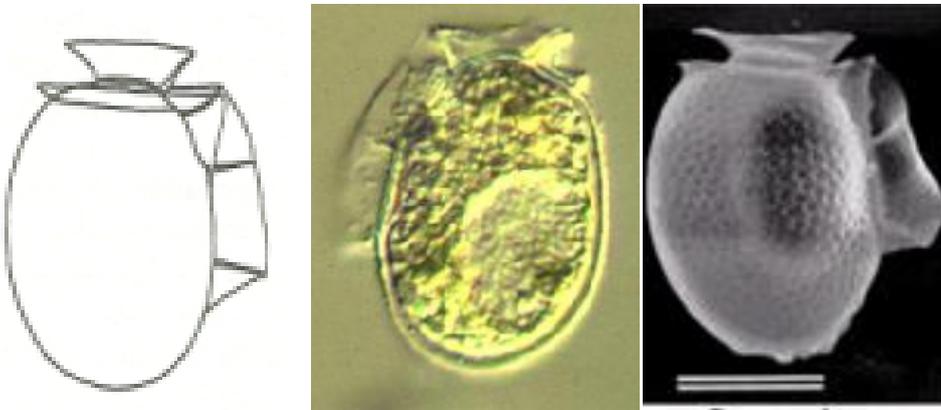


*Prorocentrum mexicanum* Tafall WESTPAC-HAB-T00013

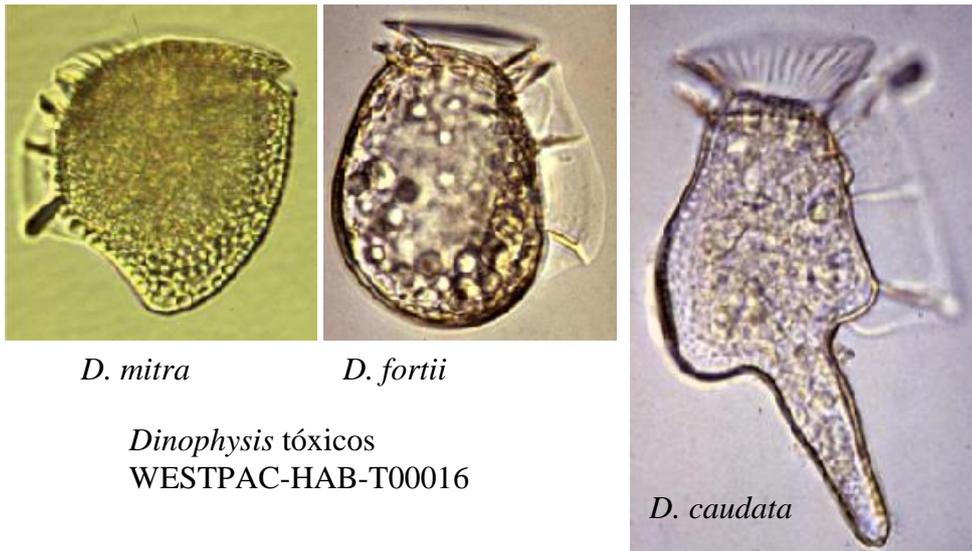
PLATE 17: DINOPHYSALES



*Dinophysis mitra* (Shutt) Abe WESTPAC-HAB-T00019



*Dinophysis acuminata*



*D. mitra*

*D. fortii*

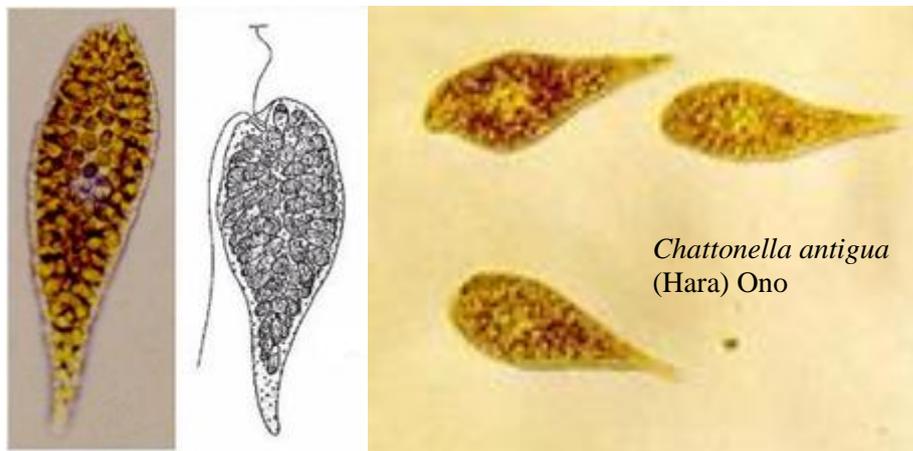
*Dinophysis tóxicos*  
WESTPAC-HAB-T00016

*D. caudata*

**PLATE 18: RAPHYDOPHYTES**



*Chattonella marina*  
(Subrahmanyam) Hara et Chihara



*Chattonella antiqua*  
(Hara) Ono

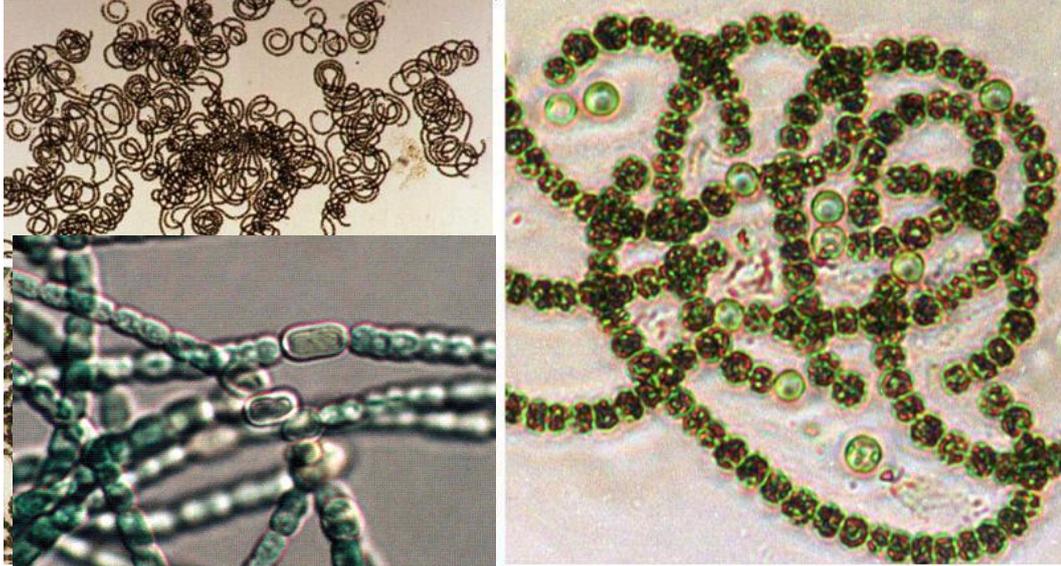


*Fibrocapsa japonica* Toriumi



*Olithodiscus luteus*

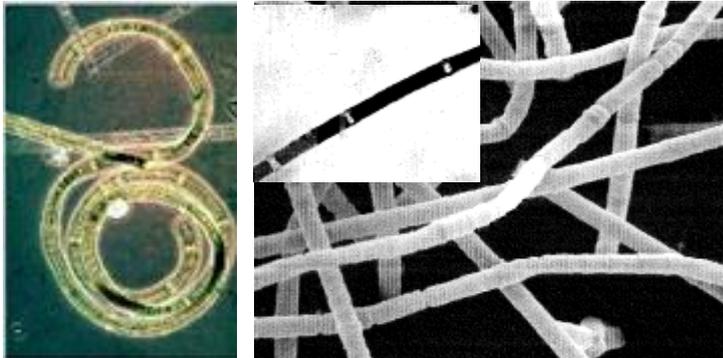
PLATE 19: CYANOBACTERIAS



PSP toxin producing cyanobacteria *Anabaena circinalis* Rabenhorst

Photomicrographs by Dr. Yasukatsu Oahima

WESTPAC-HAB  
IOC Harmful Algal Bloom Programme T0030



*Nodularia  
spumigena*

## **ANEXO 3**

# **GLOSARIO**

## GLOSARIO

En la temática de MR se mencionan algunos términos a nivel internacional (Matsuoka y Fukuyo, 2000; Anderson *et al.*, 2001; Hallegraeff, 2002, Reguera, 2002; Enevoldsen, 2004) y a nivel nacional (Ministerio de Ambiente, Estrategia de biodiversidad, Secretaría de Riesgo), que se relacionan con las mareas rojas y sus riesgos ambientales:

**Agua de Lastre:** Cualquier agua y sedimentos usados para manipular las condiciones oceanográficas y estabilidad del buque en el mar durante su navegación.

**Alarma:** Aviso o señal para cumplir instrucciones específicas, debido a la presencia real o inminente de un evento adverso, se puede utilizar medios auditivos y visibles.

**Alerta:** Estado que se declara con anterioridad a la manifestación de un evento adverso, con el fin de que las, instituciones y organismos operativos de emergencia activen procedimientos de acción preestablecidos y para que la población tome precauciones específicas debido a la inminente ocurrencia del evento previsible.

**Amenaza:** Factor externo potencialmente peligroso al cual el sujeto, objeto o sistema esta expuesto. De presentarse, se manifiesta en un lugar específico con una intensidad, magnitud y duración determinada, puede ser de origen natural, socio natural o antrópico (generada por la actividad humana).

**Amenaza natural:** Proceso o fenómeno latente asociado con la posible manifestación de un evento adverso de origen natural como las mareas rojas.

**Anoxia:** Disminución o agotamiento de oxígeno en las células o en un ecosistema. Suele ser la consecuencia de la muerte masiva de células y su descomposición más o menos rápida. Puede ser la responsable de la muerte masiva de peces y otros organismos.

**Basura marina:** Es todo material sólido persistente, manufacturado o elaborado, que se desecha, elimina o abandona en el medio marino y costero. En el mar las especies de algas nocivas se adhieren a la basura plástica.

**Biodiversidad o Diversidad Biológica (MAE):** Comprende la variabilidad de organismos vivos de cualquier fuente, incluidos, entre otros, los ecosistemas terrestres, marinos y otros ecosistemas acuáticos, y los complejos ecológicos de los que forman parte; incluye la diversidad genética dentro de cada especie, entre especies y de los ecosistemas, como resultado de procesos naturales y culturales.

**Biomasa:** Materia orgánica procedente de la actividad de los seres vivos. Se expresa normalmente como peso de materia seca por unidad de superficie o de volumen.

**“Bloom” algal:** Término inglés para las proliferaciones (también llamadas floraciones) de fitoplancton es el rápido incremento en la abundancia del fitoplancton o microalgas en un área dada.

**Ciclo de vida:** Conjunto de estadios por los cuales pasa un organismo mientras esta vivo, como es el caso de los dinoflagelados que tienen un ciclo muy complejo.

**Ciguatera:** Enfermedad humana causada por consumir peces de hábitat bentónicos que habitan en arrecifes de coral de regiones tropicales; estos peces han ingerido los dinoflagelados bentónicos como *Gambierdiscus toxicus*.

**Convenio sobre Diversidad Biológica, artículo 8 (h):** Cada Parte Contratante, en la medida de lo posible, y según proceda; impedirá que se introduzcan, controlará o erradicará las especies exóticas que amenacen a ecosistemas, hábitats o especies. Las especies que causan mareas rojas son consideradas en este artículo.

**Desarrollo sostenible:** Aquella modalidad de desarrollo que conduce al crecimiento económico, a la elevación de la calidad de vida y al bienestar social, sin agotar la base de recursos naturales renovables en que se sustenta, ni deteriorar el ambiente o el derecho de las generaciones futuras a utilizarlo para la satisfacción de sus necesidades.

**Desarrollo Sustentable:** Es aquel que permite satisfacer las necesidades de la presente generación sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para cubrir sus propias necesidades. Según definido por la Comisión Brundtland.

**Dinoflagelados:** Orden perteneciente a los protozoos flagelados caracterizados por tener pigmentos con clorofila. Generalmente tienen dos flagelos, uno es alojado en el "cíngulo" o surco transversal al eje principal de su cuerpo y otro más pequeño dirigido hacia atrás. Organismos muy adaptados a su medio, con estrategias de vida complejas y formas celulares distintas. Pueden nadar en la columna de agua o depositarse sobre el fondo, dependiendo de las condiciones ambientales. Hay especies típicas de puertos, otras de playas, otras asociadas a la desembocadura de ríos, o situaciones hidrográficas determinadas. Algunas especies tienen cobertura con placas de celulosa (dinoflagelados armados o con tecas) mientras que otros son cubiertos por una membrana (dinoflagelados desnudos).

**Episodios de microalgas tóxicas:** son aquellos eventos con concentraciones moderadas de microalgas (no causantes de discoloraciones), confieren niveles de toxinas a los moluscos tales que puedan constituir un peligro para la salud y obligan a las autoridades competentes a prohibir su recolección y comercialización. Los moluscos tóxicos pueden transmitir estas sustancias a niveles superiores de la cadena trófica, actuando como vectores que dan lugar a enfermedades como la "Intoxicación por mariscos" que afectan a los invertebrados y al hombre. Este suceso puede ocurrir en ocasiones sin discoloraciones.

**Evento adverso:** Suceso natural, socio-cultural o antrópico que se describe en términos de sus características, su severidad, ubicación y área de influencia. Es la materialización en el tiempo y el espacio de una amenaza.

**Especie exótica:** especie, subespecie, raza o variedad de animales, plantas o microorganismos, cuya área natural de dispersión geográfica no se extiende al territorio

nacional ni a sus aguas jurisdiccionales y se encuentra en el país como producto de la actividad humana voluntaria o no, así como por la actividad de la propia especie. Los dinoflagelados que causan mareas rojas están considerados en este grupo.

**Ficotoxinas:** son las toxinas producidas por algunas especies del fitoplancton, que han sido responsables de incidentes de mortalidad a organismos acuáticos e intoxicaciones a humanos.

**Fitoplancton:** Se llama fitoplancton al conjunto de organismos acuáticos del plancton que son "autótrofos", o sea que tienen capacidad fotosintética, son algas unicelulares y microscópicas que viven dispersas en los primeros metros de la columna de agua.

**Floración algal:** Incremento de la concentración basal de microalgas por encima de valores considerados normales. Esta acumulación masiva ("bloom" en inglés) suele ser debida a una situación favorable para estos organismos. En el momento en que se produce, el agua (aunque no siempre) se vuelva de color verde, rojo o marrón. El color del agua, depende de los pigmentos de las microalgas. El proceso suele remitir en un par de días, en correspondencia con el agotamiento de los nutrientes por parte de las microalgas y de las condiciones ambientales (por ejemplo la temperatura).

**Harmful algal "blooms" (HAB):** Término inglés para las proliferaciones de algas nocivas (FAN).

**Ictiotoxinas:** toxinas algales que selectivamente matan a los peces debido a la inhibición de la respiración.

**Intoxicaciones de Origen desconocido:** Puede ocurrir en presencia de toxinas en los moluscos que no se pueden asociar con la presencia de especies tóxicas conocidas en el plancton. Algunas incógnitas han sido resueltas a "posteriori" con la mejora de las técnicas analíticas de separación e identificación de nuevos compuestos, como el caso de intoxicación por toxinas tipo azaspirácidos.

**Intoxicaciones de Origen bentónico:** Cuando se sospecha que la fuente de toxicidad es un organismo que vive en el fondo marino o adherido a sustratos sólidos, como es el caso de los dinoflagelados bentónicos del género *Prorocentrum* (productores de toxinas diarreicas) o *Ostreopsis* (productores de toxinas neurotóxicas o hemolíticas como la palytoxina), o por quistes de dinoflagelados planctónicos. La ciguatera, síndrome tóxico que se da tan solo en regiones tropicales con arrecifes coralinos, es un caso especial de intoxicación de origen bentónico que se transmite por los peces que han ingerido materia vegetal sobre la que crecen los dinoflagelados bentónicos como *Gambierdiscus toxicus*.

**Manejo Costero Integrado:** Es el proceso continuo y dinámico mediante el cual se toman decisiones para el uso sustentable, desarrollo y protección de las zonas costeras y sus recursos.

**Marea roja:** o "red tide" es referido a una coloración rojiza del mar causada por ciertas especies de fitoplancton en elevadas concentraciones. La inmensa mayoría de los casos de coloración anormal del mar, o mareas rojas, son inócuos.

**Marea roja inocuas:** florecimientos de microalgas que no constituyen ningún peligro para la vida acuática.

**Mareas rojas tóxicas:** son discoloraciones de microalgas productoras de potentes venenos o toxinas endocelulares.

**Mareas rojas Ictiotóxicas:** cuando la marea roja libera al agua exotoxinas con propiedades hemolíticas o neurotoxinas, que causan mortandades de peces y otros organismos marinos.

**Microalgas:** Entre las algas (grupo de organismos autótrofos que realizan la fotosíntesis oxigénica), las de tamaño microscópico, generalmente unicelulares. Las algas microscópicas constituyen el primer eslabón de la cadena alimentaria de los océanos, ya que sirve de alimento a organismos mayores. Entre los grupos más importantes, por su abundancia y diversidad, se encuentran las diatomeas, las cianobacterias y los dinoflagelados.

**Microalgas nocivas:** Aquellas microalgas que, como consecuencia de su proliferación, dan lugar a espumas y/o mucosidades, que pueden producir anoxia en el ecosistema y causar mortandades de fauna.

**Microalgas tóxicas:** Aquellas microalgas que pueden producir una serie de compuestos químicos potencialmente tóxicos que, como consecuencia de la proliferación, pueden afectar a la fauna y al hombre a través de la cadena alimentaria (con efectos diarreicos, paralizantes, neurotóxicos o amnésicos).

**Mitigación:** Medidas o acciones de intervención implementadas sobre la amenaza y vulnerabilidad para reducir el riesgo existente, y así disminuir los daños y el impacto potencial.

**Nutrientes:** Elemento químico simple o compuesto, presente en el agua, el aire y el suelo, necesario para el crecimiento óptimo de los vegetales.

**Prevención:** Conjunto de medidas y acciones para evitar o impedir la ocurrencia de daños a consecuencia de un evento adverso, para lo cual se debe intervenir sobre la amenaza, la vulnerabilidad, o ambas, hasta eliminar el riesgo.

**Precaución:** Cuando se detectan efectos potencialmente peligrosos derivados de un fenómeno de origen natural, antrópico o socio-cultural, la falta de incertidumbre científica de su ocurrencia no servirá de excusa para evitar o dilatar la adopción de medidas eficaces y oportunas que permitan salvaguardar la vida y los bienes de las personas, la naturaleza y los procesos de desarrollo del país.

**Principio de precaución:** La ausencia de evidencia científica no es razón para no aplicar medidas necesarias ante la presencia de amenazas que provoquen la reducción o pérdida sustancial de la biodiversidad y de la seguridad alimentaria.

**Principio de prevención:** Sustenta la prioridad de prevenir los daños o amenazas a la biodiversidad antes que el establecimiento de mecanismos de compensación o restauración de los daños causados. El costo actual de prevenir una pérdida de la biodiversidad es más bajo que aquel para recuperarla a futuro.

**Proliferación (o floración) algal:** Incremento en la concentración de microalgas por encima de valores considerados normales. Esta acumulación masiva ("bloom" en inglés) suele ser debida a una situación favorable para estos organismos. En el momento en que se produce, el agua se vuelve de color verde, rojo o marrón. El color del agua, depende de los pigmentos de las microalgas. El proceso puede durar un par de días, en correspondencia con el agotamiento de los nutrientes por consumo de las microalgas y de las condiciones ambientales locales (por ejemplo la temperatura).

**Proliferaciones de algas nocivas (PANs):** Incremento de la concentración algal por encima de valores considerados normales, de algunas especies de microalgas, principalmente del grupo de los dinoflagelados, en grado de producir una serie de compuestos químicos potencialmente tóxicos para la fauna y para el hombre a través de la cadena alimentaria (con efectos diarreicos, paralizantes, neurotóxicos o amnésicos).

**Riesgos:** Análisis que relaciona la amenaza con los factores de vulnerabilidad de los elementos expuestos, con el fin de determinar los posibles efectos y consecuencias físicas, sociales, económicas y ambientales asociadas a una o varias amenazas en un territorio y con referencia a unidades sociales y económicas particulares.

**Quieste:** Este término se adopta para las formas celulares de algas no-móviles que carecen de flagelos y son producidos por los dinoflagelados (ciclo de vida con la formación de quistes) cuando ellos tienen condiciones adversas y forman parte del sedimento; cuando las condiciones son favorables pueden germinar y producir "blooms" de algas .

**Quieste temporal:** se denominan a las células no-móviles que han perdido los flagelos, aspecto externo inducido por los cambios bruscos e intensos que afectan al estado fisiológico de la célula; en esta situación el contenido celular adquiere una forma mas o menos esférica cubierta por una pared lisa y transparente. Estas formas no-móviles pueden restablecer la población móvil en un corto periodo de tiempo tras el retorno de las condiciones ambientales propicias para el crecimiento.

**Quiestes de resistencia:** es un cigoto perdurable que se forma en el proceso de la división sexual de los dinoflagelados. Los cigotos planctónicos formados por fusión de gametos se encuentran a menudo en las poblaciones planctónicas naturales; los que pueden nadar durante varios días y transformarse luego en cigotos no-móviles (quistes de resistencia). Los quistes requieren de un periodo de latencia obligatorio (según la especie), antes de ser capaces de restablecer una población móvil bajo condiciones favorables. Durante el periodo de latencia los quistes son sedimentados en fondos

abiertos pueden ser transportados a lugares donde los movimientos del agua son mas lentos, bajo determinadas condiciones de temperatura y niveles bajos de oxígeno, los quistes son viables durante al menos 6 años; se asume que los cambios de temperatura, exposición a la luz o resuspensión causada por la turbulencia del agua actúan como detonantes en la germinación, pero también existen mecanismos internos (reloj biológico de control).

**Recuperación:** proceso de restablecimiento de condiciones aceptables y sostenibles de vida mediante la rehabilitación y reconstrucción de la infraestructura, bienes y servicios destruidos, interrumpidos o deteriorados en el área afectada y la reactivación o impulso de desarrollo económico y social de la comunidad.

**Reducción de riesgos:** Son medidas y acciones que tienen la función de minimizar los riesgos en una sociedad, para evitar (Prevención) o reducir (mitigación) el impacto de un evento adverso, dentro del amplio contexto de desarrollo sostenible.

**Rehabilitación:** Restablecer temporalmente y a corto plazo las condiciones normales de vida, mediante la reparación de los servicios sociales básicos.

**Resiliencia:** Capacidad de un ecosistema, sociedad o comunidad de absorber un impacto negativo o de recuperarse una vez haya sido afectada por un evento adverso.

**Trófico:** relativo a la disponibilidad de alimento. El fitoplancton es parte del primer nivel trófico de la cadena alimenticia en el mar y ecosistemas acuáticos.

**Vulnerabilidad:** Factor interno de un sujeto, objeto o sistema expuesto a una amenaza, que incrementa su probabilidad de sufrir daños.