

Analisis retrospectivo y posibles causas de mareas rojas toxicas en el litoral del sureste mexicano(Guerrero, Oaxaca, Chiapas).

José Angel Ronsón Paulín *

Los florecimientos algales masivos de tipo tóxico o mareas rojas tóxicas constituyen fenómenos naturales que se han manifestado a lo largo de la historia. Sin embargo, en la época actual su impacto en la acuicultura, pesquerías y salud humana, se ha incrementado y extendido a nivel mundial debido a la eutroficación; a los cambios meteorológicos a gran escala; el incremento en la utilización de las aguas costeras para la Acuicultura; el transporte de quistes ocasionado por el movimiento de balsas que transfieren los stocks de moluscos de un área a otra (Steidinger, 1983 ; Hallegraeff, 1992, 1993 ; Shumway, 1989, 1990, 1992; Ledoux y Marcaillou-Lebaut, 1994; Morquecho, 1996), así como por el depósito de aguas utilizadas como lastre de los barcos transportadores de petróleo. Anualmente; y a escala; global se han registrado alrededor de 2000 casos de intoxicación por ficotoxinas, con un porcentaje de mortalidad del 15% (Hallegraeff, 1993).

Estos fenómenos son el producto de la concentración masiva, impredecible y esporádica del fitoplancton (principalmente dinoflagelados) que llega a teñir grandes extensiones marinas de rojo, ocre, café, o amarillo, aunque en ocasiones no manifiestan color aparente. Su duración es irregular y es favorecida por la interacción entre factores ambientales, biológicos y antropogénicos (Morquecho, 1996). Sin embargo se sabe de mareas rojas como las que se han presentado en la bahía de Mazatlán que per-

manecieron de 3 a 6 días, lo que sin duda conlleva a mayores riesgos de salud pública (Cortés et al., 1995)

La formación de una proliferación masiva o marea roja involucra la interacción de elementos biológicos (ciclo de vida) ; químicos (nutrientes, factores de crecimiento, vitaminas, etc.), meteorológicos (vientos) y antropogénicos como la contaminación costera (Steidinger, 1983). Los florecimientos fitoplanctónicos tóxicos son producidos principalmente por especies de dinoflagelados (Kodama et al., 1988). De 1500 especies de dinoflagelados conocidos aproximadamente; 20 de ellas se han identificado como productores de toxinas (Hallegraeff, 1993). En el Pacífico mexicano son comunes las especies de *Alexandrium spp*, *Gonyaulax polyedra*, *Gonyaulax polygramma*, *Gymnodinium catenatum*, *Pyrodinium bahamense var. compressum* y *Pseudo-nitzschia sp* (Hernández Becerril, 1993 ; Hallegraeff, 1993).

Entre los elementos desencadenadores de los florecimientos algales nocivos, Shumway (1989 y 1990 en Morquecho, 1996) propone el enriquecimiento de elementos nutrientes en el ambiente marino, el decremento de la presión de pastoreo de la especie en cuestión, los cambios meteorológicos a gran escala (disminución de la capa de ozono, el efecto de invernadero, el fenómeno de El Niño, entre otros), las surgencias, el aporte de aguas continentales y el vaciado en el ambiente marino de contaminantes (desechos industriales, domésticos y de la agricultura), (Morquecho, 1996).

Gillbricht (1988), así como Carreto *et al.*, (1981), ponen en duda la idea de considerar a la contaminación como un posible disparador de estos fenómenos, toda vez que se han venido manifestando a lo largo de la historia y sugieren que tal vez aquella actúa sólo como un acelerador del fenómeno. A su vez, existe un ambiente químico particular (disponibilidad de nutrientes, factores de crecimiento) que propicia el crecimiento de la

Universidad del Mar. Instituto de Industrias.

especie, ya sea activando a los quistes (Steidinger, 1975, 1983) o estimulando la división celular de los organismos; esto permite que se alcance una gran biomasa y una limitación en su distribución provocando acumulación de fitoplancton.

Kennish (1992) menciona que la elevada concentración de nutrientes asociada con aguas residuales dispuesta en estuarios y aguas marinas costeras, pueden contribuir con los intensos blooms de dinoflagelados e influir sobre las comunidades faunísticas, especialmente con las comunidades bentónicas. Los colores característicos que resultan de los blooms de dinoflagelados o mareas rojas, son debidos al pigmento rojo denominado peridinia. La toxina producida por dinoflagelados como *Protogonyaulax catenella* (*Gonyaulax catanella*), *P. tamarensis* (*G. excavata*), y *Pyrodinium bahamense* var. *compressum* se concentran en mariscos comestibles como almejas, mejillones y ostiones cuando filtran plancton de

la columna de agua. Cuando los mariscos son ingeridos por humanos sufren intoxicación a causa de, por ejemplo : *paralytic shellfish poisoning* (PSP), una aguda enfermedad tipificada por entumecimiento de labios, lengua y dedos. PSP puede ser fatal en casos severos. Entre 1893 y 1996 fueron reportados 600 casos alrededor del mundo.

Por lo que respecta a México, para el Pacífico los envenenamientos masivos provocados por dinoflagelados habían sido registrados únicamente en las costas de Mazatlán en 1979 (Mee et al., 1988). Ahora las costas de Oaxaca (Fig. 1) representan el segundo caso nacional de toxicidad. En el suroeste del Pacífico las mareas rojas eran sumamente raras e incluso, en algunas áreas, desde hace más de 20 años no se tenía conocimiento de ellas (Cortés et al., 1993). Oaxaca, junto con Guerrero y Chiapas, es uno de los estados más afectados por este fenómeno. En 1984, entre mayo y junio en las Bahías de Huatulco (San Agustín, Sta. Cruz y



Fig. 1 Marea roja producida por el ciliado *Mesodinium Rubrum* en la bahía de Mazatlan durante el 10 y 12 de marzo de 1995. Tomado de: Cortéz-Áltamirano, R. 1998

TOXINAS PSP	R ₁	R ₂	R ₃	R ₄
STX	H	H	H	CONH ₂
neo-STX	OH	H	H	CONH ₂
GTX I	OH	H	OSO ₃ ⁻	CONH ₂
GTX II	H	H	OSO ₃ ⁻	CONH ₂
GTX III	H	OSO ₃ ⁻	H	CONH ₂
GTX IV	OH	OSO ₃ ⁻	H	CONH ₂
GTX V (B ₁)	H	H	H	CONHSO ₃ ⁻
GTX VI (B ₂)	OH	H	H	CONHSO ₃ ⁻
PX1 (C ₁)	H	H	OSO ₃ ⁻	CONHSO ₃ ⁻
PX2 (C ₂)	H	OSO ₃ ⁻	H	CONHSO ₃ ⁻
PX3 (C ₃)	OH	H	OSO ₃ ⁻	CONHSO ₃ ⁻
PX4 (C ₄)	OH	OSO ₃ ⁻	H	CONHSO ₃ ⁻
dc STX	H	H	H	H

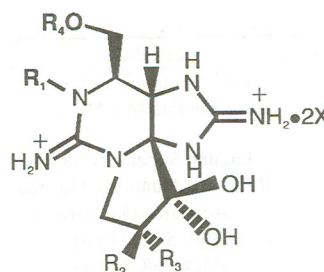


Fig. 2 Esquema de las toxinas P.S.P. La intoxicación paralizante o P.S.P. está causada por una familia de toxinas con un esqueleto molecular común, como la saxitoxina (STX). Tomada de Salgado-Blanco, M. C. 1994

Agustín, Sta. Cruz y Tangolunda) se observó una gran marea roja que provocó una gran mortandad de invertebrados y pequeños peces, al grado de hacer irrespirable el ambiente a consecuencia de la putrefacción de organismos muertos y liberación de gases tóxicos. Los organismos más dañados en orden de importancia fueron la comunidad planctónica, crustáceos, equinodermos y pequeños peces (Olguín-Quiñones y González-Pedraza, 1989). En diciembre de 1989 se registraron 99 intoxicaciones y 3 decesos en la costa del Golfo de Tehuantepec. Además, en moluscos bivalvos tales como *Ostrea iridescens* y *Choromytilus palliopunctatus* se encontraron niveles de saxitoxina por arriba de los 400 UR que es el máximo permisible para consumo de moluscos (AOAC, 1984). En noviembre de 1992, en las costas de Oaxaca, se presentó otro florecimiento y se prohibió la comercialización y el consumo de moluscos bivalvos. Asimismo en 1995, en las costas de Chiapas y Oaxaca se presentaron más de 100 casos de intoxicación; no se conoce en su totalidad el número de muertes. En 1996 la marea roja nuevamente provocó el cierre de las pesquerías de moluscos y peces en las costas de Guerrero, trayendo pérdidas económicas en los sectores turístico y pesquero (Marquecho-Escamilla *et al.*, 1996). Posterior a estas fechas han aparecido mareas rojas de una periodicidad anual.

Esto confirma, dada la información reflejada en la tabla I, la aseveración a nivel mundial de que las mareas rojas han aumentado paulatinamente durante la última década (Hallegraeff,

1993), por causas debidas a la eutofricación de las costas, transporte de dinoquistes, causantes hidrográficas (surgencias, estratificación de la columna de agua, frentes, etcétera).

Por lo que respecta al litoral del Pacífico mexicano, el elemento hidrográfico importante que se presenta es el fenómeno de la surgencia costera, que en el caso del Golfo de Tehuantepec Oaxaca, se manifiesta con mayor frecuencia de noviembre a abril (Lavin *et al.*, 1992), argumento que pudiera explicar los importantes sistemas de afloraciones.

Los sistemas de afloración han sido descritos como ecosistemas en sí, ya que presentan una estructura propia coherente (Barber y Smith, 1981; en Martínez-López, 1993). Estos ecosistemas muestran una variabilidad importante a varias escalas de espacio y tiempo. Las diferencias en el medio ambiente físico relacionadas con los ritmos de intensificación y relajación del afloramiento, circulación y contribución de las diferentes masas de agua se reflejan en las comunidades de fitoplancton (Estrada y Blasco, 1985). El fitoplancton lleva información acerca de las condiciones en las cuales se han desarrollado (Warburton, 1967; Rojas de Mendiola *et al.*, 1981, en Martínez-López, 1993) los cambios en los patrones de distribución de especies y la estructura de la comunidad; mismos que indican cambios en las características fisicoquímicas, la estructura hidrográfica y hasta procesos dinámicos.

Tabla I. Resumen retrospectivo de florecimientos algales en el suroeste del Pacífico Mexicano.

Fecha	Localidad	Especies	Casos	Tipo de Toxina	Referencia
Enero 1941	Laguna Superior Oaxaca	<i>Ceratium, Prorocentrum.</i>	N.R.	N.D.	(1)
1942	Suroeste Pacífico Mexicano	<i>Pyrodinium bahamense</i> var. <i>compressum</i>	N.R.	N.D.	(2)
Enero 1981	Laguna Superior Oaxaca	<i>Ceratium y Prorocentrum</i>	N.R.	N.D.	(1)
Mayo/junio 1984	Bahías de Huatulco, Oaxaca.	ND.	↓.	N.D.	(3)
1985	Acapulco, Guerrero	<i>Gonyaulax molinata</i>	7,(2)	N.D.	(4)
Diciembre 1989	-Pto. Salina Cruz., Oaxaca/Chiapas.	- <i>Gymnodinium catenatum.</i>	15. (2)	PSP.	(5)
	-Bahías Huatulco, Oaxaca	- <i>Gonyaulax catenella.</i> - <i>Mesodinium rubrum.</i> , <i>Gonyaulax polyedra,</i> <i>Ceratium rubrum.</i>	15 (1)	PSP.	
Diciembre 89-enero 1990	Pto. Salina Cruz/Bahías de Huatulco, Oaxaca	<i>Pyrodinium bahamense</i> var. <i>Compressum</i>	99 (3)	N.D.	(6)
Diciembre 1990	Pto. Salina Cruz/Bahías Huatulco, Oaxaca.	ND.	(6)	N.D.	Se informa florecimiento algal.
					(1)
Abril 1991.	Pto. de Salina Cruz Oaxaca.	<i>Noctiluca scintillans.</i>	N.R.	N.D.	(7)
Noviembre 1992	Costa de Oaxaca	<i>Pyrodinium bahamense</i> var. <i>Compressum</i>	♣	N.D.	Se informa de florecimiento algal.
					(1)
1992	Puerto Madero, Chiapas	ND.	2 (1)	Saxitoxina	(4)
Febrero 1993	Bahía Sta Cruz Huatulco/Pto Salina Cruz Oaxaca	<i>Pyrodinium bahamense</i> var <i>compressum</i>	N.R.	N.D.	Se informa de florecimiento algal.
					(1)
Diciembre 1993-enero 1994	Bahía Sta Cruz Huatulco/Pto Salina Cruz, Oaxaca	ND.	N.R.	N.D.	Se informa de florecimiento algal
					(1)
Marzo 1994	Guerrero	<i>Gymnodinium sp Gonyaulax sp.</i>	N.R.	Saxitoxina	(4)
Abril 1994	Guerrero	<i>Gymnodinium, Gonyaulax y Pyrodinium.</i>	N.R.	Saxitoxina	(4)
Noviembre 1995	Bahías de Huatulco/Puerto Escondido	<i>Gonyaulax sp.</i>	N.R.	N.D.	(9)
Noviembre 1995	Costas de Oaxaca y Chiapas.	<i>Gymnodinium sp.</i>	100	N.D.	(8)
1996	Costa de Oaxaca, Bahía de San Agustín	ND.	N.R.	N.D.	Se informa de florecimiento algal.
					Huracán Paulina.**
1997					(10)
Octubre 1998	Bahías Huatulco/Bahía Pto. Angelito, Puerto Escondido, Oaxaca.(Franja de incidencia 150 Km)	<i>Gymnodinium catenatum</i>	N.R.	P.S.P.	
Marzo/abril 1999.	Pto. Escondido/Bahías Huatulco, Oaxaca	<i>Gymnodinium catenatum</i>	N.R.	N.D.	Se informa de florecimiento algal.

* Cuadro recopilado por Ronsón-Paulín

- (1) Anónimo, 1990-1994
 (2) Tafall, 1942
 (3) Olguín-Quiñones y Gonzáles-Pedraza, 1989.
 (4) Aranda Patrón E. Dir de Epidemiología Aplicada. Secretaría de Salud, Guerrero.
 (5) Muñoz, C.L. 1989.
 (6) Cortés Altamirano *et al.*, 1993.
 (7) Gómez-Aguirre, 1995.

- (8) Morquecho-Escamilla, *et al.*, 1996.
 (9) Universidad del Mar, 1995.
 (10) Herrera-Galindo, J. E. y Ronsón Paulín, J.A.. 1999. Comunicación personal..
 ** Sin registro por ser año « niño » y la incidencia del Huracan Paulina..
 (#) *Humanos intoxicados (fallecimientos)*, ↓: *Mortandad de peces.*
 ♣ : Prohibición venta mariscos.
 ND : no determinada.

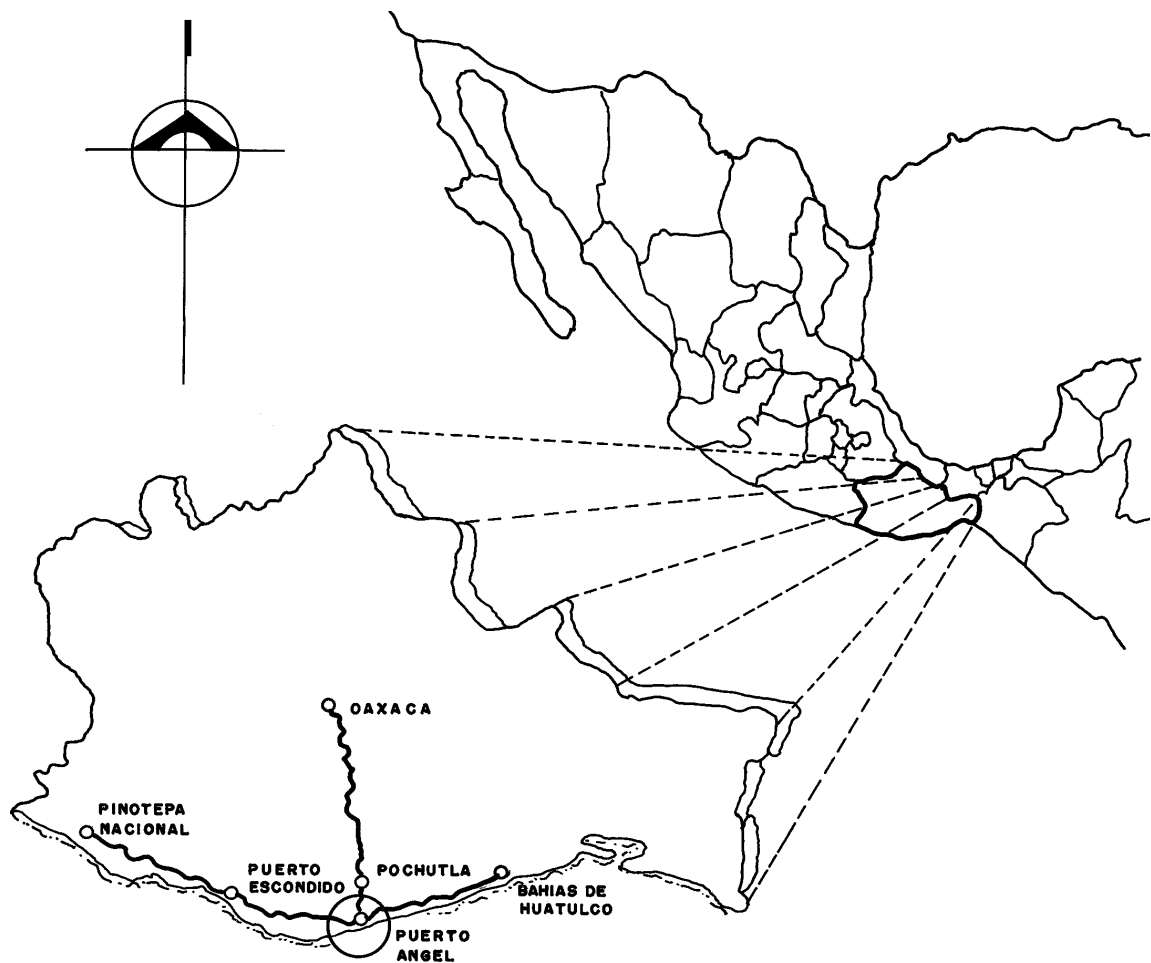


Figura 3

El hecho de que el Pacífico tropical oriental, con influencia sobre la región Occidental del litoral Oaxaqueño presente alta actividad biológica con un aporte grande de nutrientes a la superficie se debe a una termoclina somera en comparación con el resto del Pacífico tropical (Vinogradov, 1981; Liuch-Cota *et al.*, 1997) y a eventos de surgencia y mezcla vertical (Picaut, 1985, en Liuch-Cota, *et al.*, 1997).

Roden (1961), Wooster y Cromwell (1958) describieron el proceso de surgencias en la costa del Pacífico de Centroamérica y explicaron que su motor principal son los eventos de arribo intermitente de alta presión atmosférica proveniente de Canadá sobre el lado del Caribe de Centroamérica. Debido a los tres pasajes montañosos (Tehuantepec, Papagayo y Panamá), se forman los chorros inerciales de aire que se extienden cientos de kilómetros en el Pacífico los cuales pueden producir surgencias en las costas de Oaxaca. Estas surgencias costeras disminuyen la

temperatura superficial del agua hasta en 10 grados centígrados. Legeckis (1988) indicó que el centro de la lengüeta de la surgencia de Papagayo está en 10° N y 88° O. El domo de Costa Rica es otro tipo de surgencia en la parte oriental centrado en 8° N y 90° O, causado por la circulación oceánica y la tensión del viento ciclónico (Hofmann *et al.*, 1981).

El cambio de corrientes generado por los vientos "Nortes" que son muy conocidos en esta zona de octubre a enero (Roden, 1961), desplazan el agua hacia mar abierto en dirección suroeste, dejando un vacío en la región superior de la costa, que es llenado por una corriente que se desplaza por el piso marino hacia el norte. Cuando los nortes se debilitan, el agua inicialmente desplazada retrocede, precipitándose a lo largo de la costa (Roden 1961, Blackburn, 1962, Wyrski, 1967). Este tipo de corrientes genera la formación de surgencias, cuyas fronteras podrían ser pro-

picias para la concentración de las especies formadoras de mareas rojas (Estrada, 1986).

Por lo anteriormente expresado se puede plantear que los mecanismos de cambio de las convergencias estacionales de masas de agua entre Huatulco y Puerto Escondido permiten un ambiente físico-químico capaz de dar condiciones propicias para floraciones fitoplanctónicas tóxicas que podrían implicar problemas económicos y de salud pública debido a que su línea costera tiene un gran potencial para el desarrollo de actividades acuiculturales y de turismo en sus 597 km. de costa y 61 lagunas costeras. Estas condiciones han llamado la atención de inversionistas que, a futuro, podría culminar con una política de apoyo a los sectores social y privado.

En la región suroeste de México, los estudios sobre este tipo de fenómenos ecológicos son aún incipientes; sin embargo en los últimos años, se le ha dado una atención creciente entre los investigadores que estudian el fenómeno, adquiriendo vital importancia la realización de registros continuos a largo plazo en los litorales, para tener la posibilidad de detectar patrones de comportamiento bajo las cuales se presentan las afloraciones fitoplanctónicas especialmente las tóxicas.

Bibliografía

- Anónimo. Informes técnicos Dir de Epidemiología Aplicada. Secretaria de Salud Guerrero.
- Anónimo 1990/1994. Informes técnicos de las reuniones ordinarias del Programa Mexicano de Sanidad de Moluscos Bivalvos, comité central de la Dirección General de Salud Ambiental. México D.F.
- AOAC. 1984. Paralytic shellfish poison, biological methods. En : *Official methods of analysis of the Association of Official Agricultural Chemists* (14 th Edition). Washington, D.C. 344 pp.
- Blackburn, M. 1962. An oceanographic study of the Gulf of the Tehuantepec. *Rev Us Fish Wildlife Service Special Scientific Report Fisheries*. 404 pp.
- Cortés-Altamirano, R., L. Muñoz-Cabrera., y O. Sotomayor-Navarro. 1993. Envenenamiento paralítico por mariscos (PSP), causado por el *dinoflagelado Pyrodinium bahamense* var. *compressum* en la costa Suroeste de México. *An. Inst. Cienc. Mar y Limnol.* Universidad Autónoma de México. 20 (1) : 43-54 pp.
- Cortés-Altamirano, R.; Manrique, F. A. y Luna Soria, R. 1995. Presencia de mareas rojas en la costa este del Golfo de California. *Rev. Lat-Amer. Microbiol.* 37:337-342 pp.
- Carreto, J.L., M.L. Lasta, R. Negri YH. Benavides. 1981. Los fenómenos de marea roja y toxicidad de moluscos bivalvos en el mar Argentino. *Rev Contrib. No. 399. Inst. Nal. Invest. Des. Pesq. Mar de Plata.* 101 pp.
- Estrada, M. 1986. Mareas Rojas. *Inf. Tecn. Inst. Inv. Pesq.* 132 : 3-16 pp.
- Estrada, M. y D. Blasco. 1985. Phytoplankton assemblages in coastal upwellings areas. *Int. Symp. Epw. WAfr., Inst. Inv. Pesq., Barcelona. 1* : 379-402 pp.
- Gillbricht, M. 1988. Eine « red tide » in der sudlichen Nordsee und ihre Beziehungen zur Umwelt. *Helgol. wiss. Meeresunters.* 36: 393-463.
- Gómez-Aguirre, 1995. The red tide phenomena in México. *VIII International IUPAC. Symposium on mycotoxins and phycotoxins 8-11 Noviembre de 1992.* México D.F.
- Hallegraeff, G.M. 1993. A review of harmful algal blooms and their apparent global increase. *Phycologia.* 32 (2) : 79-99.
- Hernández-Becerril, D.U. 1993. Fitoplancton Marino en México. En Salazar-Vallejo, S. I. y N.E. González (eds). *Biodiversidad Marina y Costera de México.* Com. Nal. Biodiversidad y CIQRO. México. 865 pp.
- Hofmann, E., E. A.J., Busalacchi, y J.J. O'Brien. 1981. Wind generation of the Costa Rica dome. *Science.* 214 : 552-553 pp.
- Kennish, M.J. 1992. Ecology of Estuaries : Anthropogenic Effects. *Marine Science Series.* Boca Raton, Florida U.S.A.
- Kodama, M., Ogata, T., y Sato, S. 1988. Bacterial production of saxitoxin. *Agric. Biol. Chem.* 52: 1075-1077 pp.
- Lavín, M.F., J.M. Robles, M.L. Argote, E.D. Barton, R. Smith, J. Brown, M. Kosro, A. Traviña, H.S. Vélez y J. García. 1992. Física del Golfo de Tehuantepec. *Cienc. y Des.* 2(103) : 97-108 pp.
- Legeckis, R. 1988. Upwellings off the gulfs of Panama and Papagayo in the Tropical Pacific during March 1985. *Journal Geophys. Res.* 93 : 15485-15489.
- Lluch-Cota, S.E., S. A. Borrego, E.M. Santamaría del Angel, F. E. Muller-Karger, S.
- Hernández-Vázquez. 1997. El Golfo de Tehuantepec y áreas adyacentes : variación espacio-temporal de pigmentos fotosintéticos derivados de satélite. *Ciencias Marinas.* 23 (3) : 329-340 pp.

Martínez-López. 1993. Efectos del evento «El niño» 1982-1983 en la estructura del fitoplancton en la costa Occidental de Baja California Sur. *Tesis Maestría Ciencias*. CICIMAR-IPN. 83 pp.

Morquecho-Escamilla, M.L. 1996. Fitoplancton tóxico y actividad de fitotoxinas en la almeja catarina *Argopecten circularis* (Sowerby, 1835) en Bahía Concepción, Golfo de California. *Tesis Maestría Ciencias*. CICIMAR-IPN. 74 pp.

|Mee, L. D., M. Espinoza, y G. Diaz. 1988. Paralytic shellfish poisoning with a *Gymnodinium catenatum* red tide on the Pacific coast of México. *Mar. Environ. Res.* 19 : 17-92.

Olguín-Quiñones, O. E., y González-Pedraza, A.C. 1989. *Moluscos de la franja costera del Estado de Oaxaca, México*. Atlas CICIMAR No. 7, IPN, ENCB, SEP. México. 221 pp.

Roden, G.I. 1961. On the wind driven circulation in the Gulf of Tehuantepec and its effect upon surface temperatures. *Geofísica Internacional*, 1 : 55-72 pp.

Tafall, B.F.O. 1942. Notas sobre algunos dinoflagelados planctónicos marinos de México, con descripción de nuevas especies. *An. E. N. Cienc. Biol.*, 2 : 435-437 pp.

Steindinger, K. A. 1983. A re-valuation of toxic Dinoflagellate Biology y Ecology. In Round/Chapman. *Progress in Physiological reserch* 2. Elsevier Science, New York. 147-188 pp.

Steindinger, K.A. 1975. Basic factors influencing red tides. *Proc. of the First international conference on toxic dinoflagellate blooms*. Ed. VR. Lo. Cicero, Massachusetts Science and Technology Foundation, 153-161 pp.

Shumway, S.E. 1990. A review of the effects of algal blooms on shellfish and aquaculture. *J. World Aquacult. Soc.* 21(2) : 65-104 pp.

Universidad del Mar 1995. Informe técnico realizado sobre Marea Roja en la zona comprendida entre Puerto Escondido-Puerto Angel, noviembre 1995, México UMAR. 10 pp.

Vinogradov, M.E. 1981. Ecosystems of equatorial upwellings. IN A.R. Longhurts (ed). *Analysis of Marine Ecosystems*. Academic Press, New York, 741 pp.

Wyrtky, K. 1967. Circulation and Water Masses in the Eastern Equatorial Pacific Ocean. *Int. J. Oceanol. y Limnol.* 1(2): 117147 pp.

Wooster W.S., and T. Cromwell. 1958. An Oceanographic description of the Eastern Tropical Pacific. *Bull. Scripps. Inst. Oceanograf.* 7(3) : 169-282 pp.