

# Las salpas (Thaliacea: Salpidae) como posibles vectores de saxitoxina entre dinoflagelados y tortugas marinas

Jorge Eduardo Herrera Galindo<sup>1</sup>, Juan Meraz Hernando<sup>1</sup>, Alejandra Buenrostro Silva<sup>2</sup>, Samantha G. Karam Martínez<sup>1</sup>, Alfonso Mendoza Vázquez<sup>3</sup>, María del Carmen Alejo Plata<sup>1</sup>

## Resumen

Las salpas son tunicados pelágicos ampliamente distribuidos, generalmente se encuentran en bajas densidades en casi todos los océanos, pero cuando existe una alta concentración de fitoplancton, del cual se alimentan, pueden proliferar repentinamente y alcanzar grandes densidades. Junto con otros miembros del zooplancton, las salpas pueden actuar como vectores en la transferencia de toxinas desde el fitoplancton tóxico hacia algunos vertebrados marinos. A finales de enero y durante febrero de 2016 se registraron varias decenas de tortugas marinas muertas en diversos sitios de la costa de Oaxaca. Con el objetivo de determinar las causas de su muerte, se efectuaron necropsias de siete ejemplares. En los contenidos estomacales de dos *Lepidochelys olivacea* se encontró líquido sin alimento sólido, mientras que en cuatro *Chelonia mydas* y una *Eretmochelys imbricata* se encontraron abundantes salpas del género *Pegea*, principalmente *P. confoederata*. En todas las salpas se encontraron gran cantidad de células del dinoflagelado *Pyrodinium bahamense* var. *compressum*. Hipotetizamos que en este evento de mortandad de tortugas marinas hubo una estrecha correspondencia entre las condiciones oceanográficas de El Niño, la proliferación de dinoflagelados tóxicos y de salpas, actuando estas como posibles vectores de la toxicidad y causando la muerte de las tortugas marinas por intoxicación.

## Abstract

Salps are pelagic tunicates widely distributed, generally they occur in low densities almost in all the oceans but when there is a high concentration of phytoplankton, from which they feed, salps may proliferate suddenly. With others members of the zooplankton, salps may act as vectors in the transference of toxins from the toxic phytoplankton to some marine vertebrates. At the end of January and during February in 2016, dozens of death sea turtles were registered in several locations in the coast of Oaxaca. Aimed to determine the causes of their death, necropsies were carried out to seven specimens, in the stomach contents of two *Lepidochelys olivacea* only liquids without solid food was found, while in four *Chelonia mydas* and one *Eretmochelys imbricata* abundant salps of the genus *Pegea*, principally *P. confoederata* were found. In all the salps, a high number of cells of the dinoflagellate *Pyrodinium bahamense* var. *compressum* were detected. In this sea turtle mass death in Oaxaca, there seemed to be a connection between the oceanographic conditions of El Niño and a bloom of *P. bahamense* var. *compressum*, followed by a bloom of the salp *Pegea confoederata* which became an abundant food available for sea turtles which probably died intoxicated by saxitoxin. To confirm this hypothesis, it will be necessary to study the correlation of these events and verify the presence of saxitoxin in the organs of the sea

<sup>1</sup> Universidad del Mar, Campus Puerto Ángel, Ciudad Universitaria, San Pedro Pochutla, Oaxaca, 70902

<sup>2</sup> Universidad del Mar, Campus Puerto Escondido, Ciudad Universitaria, Mixtepec, Oaxaca, 70902

<sup>3</sup> Programa de Biología Marina UMAR

Responsable del seguimiento: María del Carmen Alejo Plata [plata@angel.umar.mx](mailto:plata@angel.umar.mx)

ción por saxitoxina. Para corroborar la hipótesis anterior, sería necesario comprobar la presencia de saxitoxina en los órganos de las tortugas marinas analizadas. Este es el primer reporte de un evento de mortandad de tortugas marinas causado por el florecimiento del dinoflagelado *P. bahamense* var. *compressum*, siendo las salpas sus posibles vectores.

**Palabras clave:** Florecimiento algal nocivo, mortandad masiva de tortugas marinas, Oaxaca, *Pegea confoederata*, *Pyrodinium bahamense* var. *compressum*, saxitoxina.

turtles analyzed. The present study documents for the first time a sea turtle massive death caused by the proliferation of the dinoflagellate *Pyrodinium bahamense* var. *compressum*, mediated by salps as vectors.

**Key words:** Harmfull Algae Bloom, mass mortality event, Oaxaca, *Pegea confoederata*, *Pyrodinium bahamense* var. *compressum*, saxitoxin.

## Introducción

Las salpas (Familia Salpidae, Fraser 1947) son tunicados pelágicos ampliamente distribuidos en todos los océanos del mundo, con tamaños que van de unos pocos milímetros hasta aproximadamente 25 cm. Poseen un complejo ciclo de vida con alternancia entre una forma agregada (organismos de reproducción sexual formando largas cadenas) y una forma solitaria (organismos de reproducción asexual por gemación), y altas tasas de crecimiento poblacional que pueden producir de cientos a miles de individuos (Graham *et al.* 2001).

Aunque las salpas se encuentran generalmente en bajas densidades, en condiciones favorables pueden proliferar rápidamente y formar densas agregaciones o enjambres (Madin & Deibel 1998), que pueden durar desde varios días a meses. Como herbívoros filtradores, para la formación de estos enjambres requieren de altas concentraciones de alimento, principalmente fitoplancton. El consumo de salpas por grandes depredadores pelágicos como las tortugas (Amarocho y Reina 2007), atunes, bacalaos e incluso el pez sol, es común.

Al conformar su dieta, las salpas y otros organismos del zooplancton como copépodos y cladóceros actúan como vectores en la transferencia de toxinas de fitoplancton tóxico a peces, aves, reptiles y mamíferos (Maclean 1973; Miazan *et al.* 1996). En Asia y América central desde mediados de 1950 al 2006 se ha informado de la muerte de tortugas, coincidiendo con la muerte de peces y un evento

de marea roja por el dinoflagelado *Pyrodinium bahamense* var. *compressum* (Bóhm) Steidinger, Tester *et Taylor*, 1980. Este dinoflagelado posee saxitoxina, una potente neurotoxina que puede provocar la muerte en vertebrados marinos y humanos (Sar 2002).

Otros compuestos producidos por dinoflagelados además de las toxinas, son agentes promotores de tumores (Landsberg *et al.* 1999, Takahashi *et al.* 2008) y han sido relacionados con la alta incidencia de fibropapilomatosis en varias especies de tortugas marinas como *Chelonia mydas* Linnaeus, 1758, *Lepidochelys olivacea* Eschscholtz, 1829 o *Eretmochelys imbricata* Linnaeus, 1766 todas en peligro de extinción (Landsberg *et al.* 1999). La fibropapilomatosis es un tumor benigno, pero su crecimiento puede afectar negativamente el movimiento, la visión, respiración y el normal funcionamiento de los órganos, hasta provocar la muerte (Leroux *et al.* 2010).

A finales de enero de 2016 se presentó en la costa de Oaxaca un Florecimiento Algal Nocivo (FAN) del dinoflagelado *Pyrodinium bahamense* var. *compressum* con concentraciones celulares máximas de 131,000 cel/L en la columna de agua, encontrándose la mayor densidad en superficie. El análisis toxicológico por medio de bioensayo en ratón reveló concentraciones de saxitoxina de 380 µg/100 g de tejido de ostión de roca *Crassostrea iridescens*. En consecuencia, considerando el límite máximo permisible de 80 µg/100 g de carne, de acuerdo a la NOM-EM-005-SSA1-2001 (Anónimo 2001) se declaró veda sanitaria en

toda la costa de Oaxaca por el Comité de Marea Roja del Estado de Oaxaca, a partir del 15 de febrero y hasta junio de 2016 (<http://www.cofepris.gob.mx/AZ/Paginas/Marea%20Roja/EmergenciasSanitariaEstatales.aspx>).

Las especies de tortugas marinas del Pacífico mexicano que desovan en la costa de Oaxaca son: *Dermochelys coriacea* (tortuga laúd), *Chelonia mydas* (prieta), *Lepidochelys olivacea* (golfina) y *Eretmochelys imbricata* (carey). Hacia finales de enero y durante febrero de 2016 la Procuraduría Federal del Ambiente registró 118 tortugas marinas muertas en diversos sitios de la costa de Oaxaca, de las especies (ordenadas de mayor a menor frecuencia) *C. mydas*, *L. olivacea* y *E. imbricata*; las tres consideradas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 como especies en peligro de extinción (Anónimo 2010). Algunos de estos ejemplares fueron recuperados por diversas instituciones con el fin de determinar la causa de su muerte. En este estudio se discute la transferencia directa de toxinas desde *Pyrodinium bahamense* var. *compressum* hacia

tortugas marinas a través de las salpas como posibles vectores biológicos.

## Material y métodos

### Área de estudio

La zona de estudio corresponde a la costa de Oaxaca, la cual incluye la parte centro-oeste del golfo de Tehuantepec (figura 1). Tiene una plataforma continental que se ensancha hacia el este, alcanzando una amplitud máxima de 106.8 km a los 93-94°W, y se reduce hacia el oeste, con una amplitud mínima de aproximadamente 17.8 km a los 95°30'29''W. Esta región se caracteriza por la presencia de lluvias, tormentas y ciclones tropicales desde mayo/junio hasta septiembre/octubre, siendo estos los meses más cálidos del año, y por un periodo de estiaje desde noviembre hasta abril. Un fenómeno particular en el golfo de Tehuantepec, que afecta a la costa de Oaxaca, es el arribo de vientos del Norte o "Tehuanos", que inducen la presencia de aguas relativamente productivas y frías (Lavín *et al.* 1992).

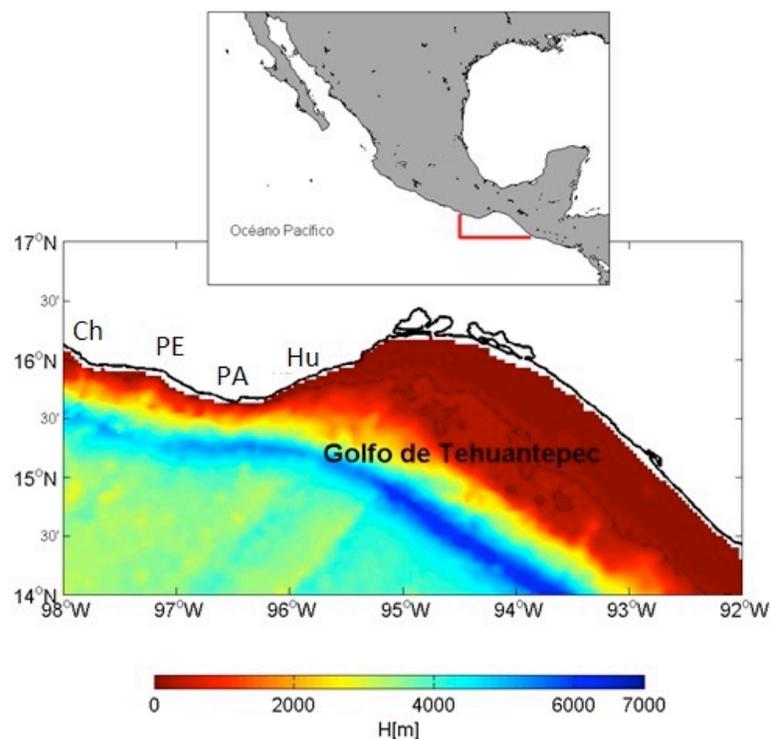


Figura 1. Área de estudio. PE, Puerto Escondido; PA, Puerto Ángel; Hu, Huatulco; Ch. Chacahua.

## Recolecta de muestras

Se efectuaron necropsias de siete tortugas marinas que se encontraron muertas en la playa (cuatro prietas, dos golfinas y una carey), por parte de personal de diferentes instancias (Centro Mexicano de la Tortuga, Comité de Playas Limpias) y uno de los autores (ABS) del presente trabajo. Los contenidos digestivos provenientes de estas tortugas fueron fijados en formol al 10% neutralizado con agua de mar. El contenido estomacal de cada uno de los ejemplares se separó por grandes grupos taxonómicos y se midió su volumen. Se consideró como materia orgánica no identificada (MONI) al alimento vegetal y animal en digestión avanzada, en el cual ya no se encontraron estructuras para su identificación. La frecuencia de ocurrencia se obtuvo a partir de la fórmula  $F = n/N$  donde  $F$  = porcentaje de individuos de una determinada presa con respecto al total de presas,  $N$  = número total de presas de todas las categorías de presa,  $n$  = número total de ejemplares que representan un grupo alimenticio. Se obtuvo el porcentaje en peso y el porcentaje volumétrico por volumen desplazado.

Las salpas se identificaron siguiendo las claves de Van Soest (1973, 1974), Godeaux (1998) y Esnal & Daponte (1999). Adicionalmente, algunas de las salpas extraídas del tracto digestivo de las tortugas fueron maceradas y observadas con microscopía de luz en busca de protoctistas algales.

Para verificar la presencia de *P. bahamense* var. *compressum* en el mar, se realizaron muestreos de agua en cinco localidades de la costa de Oaxaca. En cada localidad se recolectaron muestras de fitoplancton haciendo arrastres con red para fitoplancton de 20  $\mu$ m de luz de malla. Dichas muestras fueron fijadas en soluciones de lugol ácido. Asimismo fueron recolectadas muestras de agua con botellas Van Dorn de 1 L de capacidad en superficie y a 15 m de profundidad. Se contaron las muestras provenientes de floraciones de fitoplancton usando cámaras Sedgwick-Rafter y un microscopio de luz.

## Resultados

Se observó que las salpas fueron el contenido estomacal más abundante tanto en volumen como en peso (Tabla I). Las salpas pertenecen al género *Pegea*, entre ellas, la especie *Pegea confoederata* fue la más abundante (figura 2a), la mayoría se encontró en su forma agregada. También se detectaron otros organismos gelatinosos poco abundantes cuya identificación resultó imposible por su alto grado de digestión. En todos los casos se encontró en el interior de las salpas y en el bolo alimenticio gran cantidad de células (> 100) de *P. bahamense* var. *compressum* (figura 2b). El tracto digestivo de las tortugas golfinas se observó lleno de líquido y sin alimento sólido.

En la necropsia de la tortuga prieta de Puerto Escondido (Tabla I), sobresale el hecho de que el ejemplar presentaba una excesiva cantidad de salpas en el estómago, dando la impresión de una severa gastritis no ulcerativa. Una abundante presencia de heces en el intestino indicaba falta de evacuación, provocada por una parálisis intestinal causada probablemente por la presencia de toxinas de tipo paralíticas.

En las muestras de agua de mar de superficie se encontró una gran abundancia de células de *P. bahamense* var. *compressum* (16,000 a 56,000 cel/L), mientras que las salpas a medida que nadan filtran el agua de las partículas que sirven como alimento, lo que permite inferir que las salpas al estar flotando pudieron ingerir grandes concentraciones de dinoflagelados tóxicos.

## Discusión

La ingesta mayoritaria de salpas por parte de las tortugas prieta y carey concuerda con los hábitos alimenticios comunes de ambas especies, aunque la especie *P. confoederata* en particular, no ha sido reportada como parte de su dieta. La dieta de *C. mydas* en el Pacífico oriental es facultativa, pudiendo cambiar de herbívora a carnívora durante las migraciones y se les puede observar alimentándose de organismos epipelágicos como tunicados, huevos de peces y moluscos (Márquez 1996).

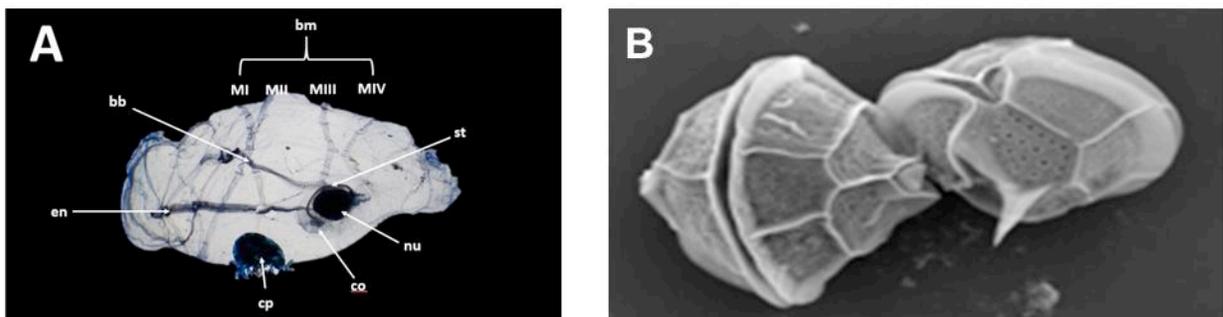
**Tabla I.** Composición en % porcentaje volumétrico (%V), porcentaje de peso (%P) y frecuencia de ocurrencia (F) las diferentes presas presentes en el contenido alimenticio de la tortuga prieta *Chelonia mydas* y tortuga carey *Eretmochelys imbricata* encontradas muertas en diferentes localidades de la costa de Oaxaca.

Localidad	Grupo Alimenticio	%V	%P	F
Puerto Ángel 1. <i>C. mydas</i> (macho)	<i>P. confoederata</i>	92.3	94.1	96.8
	<i>Pegea</i> sp.	1.5	1.2	2.7
	Crustáceos	6.3	3.4	0.4
	Moluscos	0.1	1.2	0.1
	MONI	0.08	0.1	–
Puerto Escondido 2. <i>C. mydas</i> (hembra) 3. <i>C. mydas</i> (hembra)	<i>P. confoederata</i>	100	100	100
	<i>P. confoederata</i>	63.8	46.0	–
	<i>Pegea</i> sp.	9.2	6.1	–
	Crustáceos	26.9	47.7	–
	MONI	0.1	0.1	–
Chacahua 4. <i>C. mydas</i> (macho)	<i>P. confoederata</i>	70.2	79.1	97.2
	<i>Pegea</i> sp.	28.2	21.3	2.7
	MONI	1.6	0.6	–
Huatulco 5. <i>E. imbricata</i> (hembra)	Salpas	90.0	95	100
	MONI	10.0	5	–

\*MONI, materia orgánica no identificada

\*\* En la tortuga 3 no se pudo obtener porcentaje en número, los crustáceos estaban muy digeridos para ser contados.

\*\*\* Se encontraron pedazos de plásticos en muy bajas proporciones en dos tortugas *C. mydas*.



**Figura 2.** A). *Pegea confoederata* generación solitaria. bb=barra branquial, bm= bandas musculares (MI-MIV), co= corazón, cp= copepodo, en= endostilo, nu=núcleo, st=estolón. B). *Pyrodinium bahamense* var. *compressum* (Foto Herrera-Galindo)

Según Bjorndal (1980), la variedad en la composición de la dieta de las *C. mydas* puede deberse, entre otros factores, a la disponibilidad local de alimento. Las tortugas de carey presentan hábitos carnívoros, alimentándose en especial de esponjas, celenterados, tunicados, crustáceos, moluscos y algas (Márquez 1996). A pesar de no haberse podido identificar los contenidos estomacales de las tortugas golfinas por su avanzado grado de digestión, se sabe que son omnívoras con mayor tendencia a la carnivoría; su dieta en aguas costeras se compone de crustáceos decápodos, gasterópodos, calamares, salpas, peces y puestas de diversos organismos (Márquez 1996).

En el Pacífico norte de México, las salpas son el principal alimento de *L. olivacea* durante su periodo reproductivo (Montenegro-Silva *et al.* 1984). Debido a que las salpas contienen un 95% de agua en su masa corporal, las tortugas deben consumir grandes cantidades de las primeras para obtener la energía necesaria (Gennin 2004). En la costa de Oaxaca, las tortugas pueden consumir salpas de manera oportunista, como ocurre en otras regiones (Lavaniegos & Ohman 2003), siendo entonces un recurso esporádico presente y disponible en ciertas temporadas del año, como es la proliferación estacional de salpas después de un evento Tehuano (Obs. Personales), que favorece su proliferación a través de un aumento en la cantidad de alimento. Además, en comparación con otros organismos, las salpas tienen un movimiento más lento en relación a otras presas y las tortugas pueden tomar ventaja de parches de alta densidad.

Las salpas tienen una red mucosa que se mueve a través del cuerpo por movimientos del animal, y poseen una canasta branquial que se reduce a una barra ciliada, que le sirve para guiar el moco al esófago y debido a que el área ciliar es muy reducida las salpas carecen de la capacidad para clasificar y rechazar partículas (Ruppert *et al.* 2004). La morfología de *P. confoederata* le permite a individuos de 50 mm tener un impacto de ramoneo equivalente a 450 copépodos (Deevey & Brooks 1971). Una peculiaridad de esta especie es su alta tasa de filtración de 48 Lh-1g-1 de peso

seco, y su capacidad de retener una gran cantidad de partículas tan pequeñas como 0.7  $\mu\text{m}$ ; además, su tasa de filtración se incrementa exponencialmente con el tamaño del cuerpo, a diferencia de otras especies donde la proporción es directa (Harbison & Gilmer 1976).

Por lo anterior, las salpas son los consumidores más importantes de nanoplancton en el océano abierto, incluso en áreas donde no parece ser importantes (Harbison & Gilmer 1976). Aunado a esto, Ruppert *et al.* (2004) encontraron que las tasas de reproducción de los Thaliaceos no están limitadas por su crecimiento sino por la disponibilidad de alimento. Por lo tanto, cuando hay un incremento de fitoplancton las salpas pueden aparecer repentinamente en grandes cantidades. *P. confoederata* generalmente se presenta en aguas tropicales, y al igual que otras especies de salpas su abundancia se incrementa en condiciones "El Niño" (Hereu *et al.* 2006).

En el océano Pacífico *P. bahamense* var. *compressum* se encuentra confinado en el Pacífico suroeste de México y Centro América. Se han registrado FAN desde Costa Rica a Guerrero, México (Vargas-Montero *et al.* 2008, Gárate-Lizárraga *et al.* 2012). Las proliferaciones de este dinoflagelado pueden estar influenciadas por un evento oceanográfico "El Niño" (Ochoa 2003), un aumento de la temperatura superficial del mar, la fuerza del viento y la presencia de lluvias que facilitan su desarrollo en respuesta al incremento de nutrientes (Licea *et al.* 2008, Vargas-Montero *et al.* 2008), condiciones que estuvieron presentes en la costa de Oaxaca durante el periodo de estudio.

En el interior de las salpas recolectadas de los estómagos de las tortugas marinas se encontró gran cantidad de células de *P. bahamense* var. *compressum* (con tamaños promedio de 70  $\mu\text{m}$ ). Esto evidencia que el dinoflagelado está siendo consumido y bioacumulado por las salpas y, a su vez, por las tortugas que se alimentan de estas. El agente neurotóxico de los dinoflagelados no afecta a las salpas que lo consumen, pero puede mantenerse en el esófago y tejido de estas, afectando entonces a los organismos que las depredan. Esto sugiere que las salpas son vectores en la transferencia de

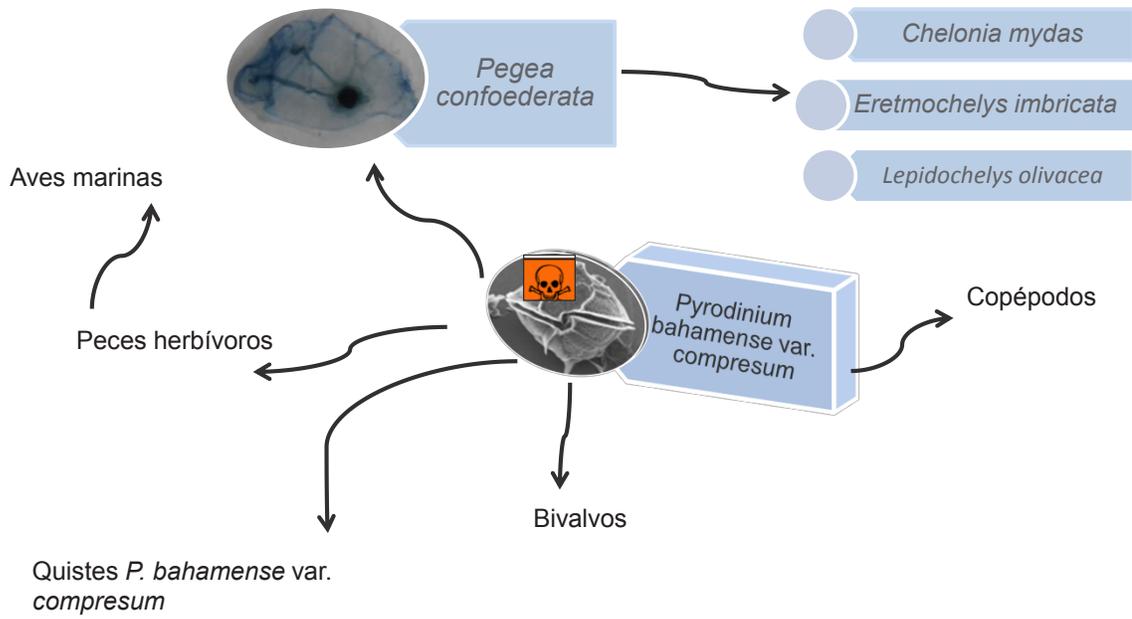


Figura 3. Flujo trófico: dinoflagelados tóxicos-salpas-tortugas.

toxinas en la cadena alimenticia: dinoflagelados tóxicos-salpas-tortugas marinas (figura 3).

Existen otros reportes de tortugas marinas afectadas por proliferaciones de *P. bahamense* var. *compressum* en Asia (Maclean 1973) y suroeste de México (Orellana *et al.* 1998). En ninguno de estos incidentes se realizó un examen de la presencia de saxitoxinas o de posibles vectores de exposición a la toxina. En Centroamérica (Guatemala y El Salvador), se reportó un evento similar al de Oaxaca, donde se atribuye la muerte de tortugas marinas a saxitoxinas siendo vectores las medusas (Licea *et al.* 2008).

Si las toxinas son ingeridas por peces u otros productores secundarios y no son letales, entonces existe la posibilidad de que la toxina sea ingerida por bioacumulación pasando por la trama trófica hacia niveles superiores. Se han documentado casos de mortandades ocasionales de aves piscívoras después de consumir peces contaminados (Landberg 2002). Durante un florecimiento de *P. bahamense* var. *compressum* en Indonesia se reportó mortalidad de peces, invertebrados, tortugas, delfines, perros, gallinas y humanos (Sar 2002).

Este evento de mortandad masiva de

tortugas marinas en Oaxaca, puede estar relacionado con las condiciones oceanográficas de El Niño (con incrementos en la temperatura superficial del mar de hasta 3°C, según reportes del Servicio Meteorológico Nacional para el periodo entre diciembre de 2015 y marzo de 2016), lo que provocaría la proliferación de *P. bahamense* var. *compressum*, seguido de una proliferación de *P. confoederata*, que se convirtió en abundante alimento disponible para las tortugas marinas que probablemente murieron por intoxicación por saxitoxina. Ello coincide con reportes que asocian la presencia de eventos FAN con incrementos en la temperatura superficial del mar, precedidos de periodos de bajas temperaturas, y un incremento en la turbidez del mar causada por lluvias (Ochoa 2003, Licea 2008). En este sentido, es importante mencionar que a principios de enero se presentó una fuerte lluvia en la región de Puerto Escondido y laguna de Chacahua.

Para corroborar la hipótesis anterior, será necesario estudiar la correspondencia entre estos eventos y comprobar la presencia de saxitoxina en los órganos de las tortugas analizadas. El presente informe sólo corrobora que las tortugas se habían alimentado de salpas que a su vez ingirieron el dinoflagelado

tóxico.

Las consecuencias de las proliferaciones de especies tóxicas son numerosas, con un significativo impacto para la salud del ecosistema, animales acuáticos y el hombre, y por ende sobre las actividades económicas (Landsberg 2002). Las toxinas producidas durante eventos de FAN tienen un impacto negativo sobre la diversidad marina y los ecosistemas costeros (Mancera-Pineda *et al.* 2013) afectando no solo a especies carnívoras sino también a organismos marinos herbívoros como el manatí *Trichechus manatus* (Capper *et al.* 2013).

Por lo tanto, es necesario evaluar el impacto de las mareas rojas sobre poblaciones de tortugas, aves y mamíferos marinos. Por otra parte, incrementos en las poblaciones de salpas serían favorecidos por los efectos de El Niño (Hereu *et al.* 2006) y como consecuencia del calentamiento global (Atkinson *et al.* 2004) pudiendo incrementar entonces su efecto como vectores de tortugas marinas y otros posibles consumidores.

### Agradecimientos

Al Centro Mexicano de la Tortuga (Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas), en especial al M.V.Z. Eder Campos, Daniel Arellanes García del Comité de Playas Limpias de Huatulco, Eunice Rodríguez, Irma Nieto, Jesús García Grajales por su apoyo en las necropsias y toma de muestras. Humberto Valdivieso Trujillo y al Laboratorio Estatal Dr. Galo Soberón y Parra por los resultados de bioensayo en ratón y a Miguel Ahumada por el mapa.

### Referencias

Amorocho, D. F. 2007. Feeding ecology of the East Pacific green sea turtle *Chelonia mydas agassizii* at Gorgona National Park, Colombia. *Endangered Species Research* 3:43-51.

Andersen, V. 1998. Salp and pyrosomid blooms and their importance in biogeochemical cycles. Pp: 125-138 *In*: Bone, Q (ed.), *The biology of pelagic tunicates*. Oxford University Press, Oxford.

Anónimo 2010. [http://www.profepa.gob.mx/innova-portal/file/435/1/NOM\\_059\\_SEMARNAT\\_2010.pdf](http://www.profepa.gob.mx/innova-portal/file/435/1/NOM_059_SEMARNAT_2010.pdf)

Bjorndal, K.A. 1980. Nutrition and grazing behavior of the green turtle *Chelonia mydas*. *Marine Biology* 56(2): 147-154.

Capper, A., L.J. Flewelling, & K. Arthur. 2013. Dietary exposure to harmful algal bloom (HAB) toxins in the endangered manatee (*Trichechus manatus latirostris*) and green sea turtle (*Chelonia mydas*) in Florida, USA. *Harmful Algae* 28:1-9.

Esnaol, G. B. & M.C. Daponte, 1999. Salpida. Pp: 793-800 *In*: Boltovskoy, D. (ed.), *South Atlantic Zooplankton*. Backhuys Publisher, Leiden.

Fraser, J. H. 1947. Thaliacea-I Family Salpidae. *Conseil International pour L'Exploration de la Mer*. Sheet 9: 1-4.

Gárate-Lizárraga, I., B.C. Pérez, J.A. Díaz-Oríz, M.A.T. Alarcón, L.A.A. Chávez, J.L. García Barbosa & E.D. Valderrama. 2012. Blooms of *Pyrodinium bahamense var. compressum* and rock oyster toxicity in Costa Chica, Guerrero. *Oceánides* 28 (1): 36-2.

Godeaux, J.E.A. 1998. The relationships and systematic of the Thaliacea, with keys for identification. Pp: 273-294 *In*: Bone, Q. (ed.), *The biology of pelagic tunicates*. Oxford University Press, Oxford.

Graham, W. M., Pagès, F. & W. M. Hamner. 2001. Aphysical context for gelatinous zooplankton aggregations: a review. *Hydrobiología* 451(1-3): 199-212.

Harbison, G.R. & R.W Gilmer. 1976. The feeding rates of the pelagic tunicate *Pegea confoederata* and two other salps. *Limnology Oceanography* 21(4): 517-528.

Hereu, C.M., B.E. Lavaniegos, G. Gaxiola-Castro & M.D. Ohman. 2006. Composition and potential grazing impact of salp assemblages off Baja California during the 1997-1999 El Niño and La Niña. *Marine Ecology Progress Series* 318: 123-140.

Landsberg, J.H. 2002. The effects of harmful algal blooms on aquatic organisms. *Reviews in Fisheries Science* 10 (2): 113-390.

Landsberg, J.H., G.H Balazs, K.A. Steidinger, D.G. Baden, T.M. Work & D.J. Russell. 1999. The potential role of natural tumor promoters in marine turtle fibropapillomatosis. *Journal of Aquatic Animal Health* 11 (3): 199-210.

Lavaniegos, B. E. & M. D. Ohman. 2003. Long-term changes in pelagic tunicates of the California. *Current Deep-Sea Research Part II* 50: 2473-2498.

Lavín, M.F., J.M. Morales, M.L. Argote, E.D. Barton, R. Smith, J. Brown, M. Kosro, A. Traviña, H.S. Vélez, & J. García. 1992. Física del Golfo de Tehuantepec. *Ciencia y Desarrollo* 12: 97-108.

Leroux, G., B. Rakotonirina, Ciccione, S., Hawawini & A. Campillo. 2010. First report of *Chelonia mydas* affected by cutaneous fibropapillomatosis on the West coast of Madagascar. *Indian Ocean Turtle Newsletter* 11: 12-17

- Licea, S., A. Navarrete, J. Bustillos & B. Martínez. 2008. Monitoring a bloom of *Pyrodinium bahamense* var. *compressum* in El Salvador and the southern coast of Mexico (November 2005-March 2006). Proceedings of the 12th International Conference on Harmful Algae, Copenhagen, Denmark.
- Maclean, J.L. 1973. Red tides and paralytic shellfish poisoning in Papua New Guinea. *Papua New Guinea Agriculture Journal* 24(4): 131-138.
- Madin, L.P. & D. Deibel. 1998. Feeding and energetics of Thaliaceans. Pp: 81-103 *In*: Bone, Q. (ed.), *The Biology of Pelagic Tunicates*. Oxford University Press, Oxford.
- Miazan, H.W., M. Pajaro, L. Machinandiaarena, F. Cremonte. 1996. Salps: Possible vectors of toxic dinoflagellates? *Fisheries Research* 29(2): 193-197.
- Márquez, R. 1996. *Las Tortugas Marinas y Nuestro Tiempo*. Fondo de Cultura Económica, México, DF, 104 pp.
- Mancera-Pineda, J.E., B. Gavio & J. Lasso-Zapata. 2013. Principales amenazas a la biodiversidad. *Actual Biol* 35 (99): 111-113.
- Montenegro-Silva, B.D.C., N.G. Bernal-González & A. Martínez-Guerrero. 1984. Estudio del contenido estomacal de la tortuga marina *Lepidochelys olivacea*, en la costa de Oaxaca, México. *Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología* 1(1): 1-13.
- Ochoa, J. L. 2003. ENSO phenomenon and toxic red tides in Mexico. *Geofísica Internacional* 42(3):505-515.
- Orellana-Cepeda, E., E. Martínez-Romero, L. Muñoz-Cabrera, P. López-Ramírez, E. Cabrera-Mancilla & C. Ramírez-Camarena. 1998. Toxicity associated with blooms of *Pyrodinium bahamense* var. *compressum* in southwestern Mexico. *Harmful Algae News*, IOC, UNESCO. 60 pp.
- Ruppert, E.E., R.S. Fox & R.D. Barnes. 2004. *Invertebrate zoology: A functional evolutionary approach*. 70 editions, Thomson, Brooks/Cole, pp.1-963.
- Sar, M.E. 2002. Floraciones Algales Nocivas en el Cono Sur Americano. Pp: 1-294 *In*: Sar, E.A., M.E. Ferrario & B. Reguera (eds.), *Instituto Español de Oceanografía*, Vigo, España.
- Takahashi, E.M., K.E. Arthur & G.R. Shaw. 2008. Occurrence of okadaic acid in the feeding grounds of dugongs (*Dugong dugon*) and green turtles (*Chelonia mydas*) in Moreton Bay, Australia. *Harmful Algae* 7 (4): 430-437.
- Van Soest, R.M.W. 1973. The genus *Thalia* Blumenbach, 1798 (*Tunicata*, *Thaliacea*), with descriptions of two new species. *Beaufortia* 20: 193-212.
- Van Soest, R.M.W. 1974. A revision of the genera *Salpa* Forskål, 1775, *Pegea* Savigny, 1816, and *Ritteriella* Metcalf, 1919 (*Tunicata*, *Thaliacea*). *Beaufortia* 22: 153-191.
- Vargas-Montero, M, B.E. Freer, J. Guzmán, & J.C. Vargas. 2008. Florecimientos de dinoflagelados nocivos en la costa Pacífica de Costa Rica. *Hidrobiológica* 18(1): 15-23.

Recibido:19 de junio de 2016

Aceptado: 10 de marzo de 2017