

EVALUACIÓN DE UN CASO DE MORTANDAD DE TORTUGAS MARINAS EN EL SUR DE MARIATO, PROVINCIA DE VERAGUAS

MASS MORTALITY OF SEA TURTLES IN THE SOUTH OF MARIATO, PROVINCE OF VERAGUAS

Seixas, Carlos

 Carlos Seixas
carlosseix@hotmail.com
Universidad de Panamá, Panamá

Revista Colegiada de Ciencia
Universidad de Panamá, Panamá
ISSN-e: 2710-7434
Periodicidad: Semestral
vol. 5, núm. 1, 2023
revcolciencias@up.ac.pa

Recepción: 10 Mayo 2023
Aprobación: 17 Julio 2023

URL: <http://portal.amelica.org/ameli/journal/334/3344527008/>

Resumen: Se estudió un caso de mortandad de tortugas marinas en el sur de Mariato, Veraguas entre los meses de septiembre y noviembre de 2022. Se evaluaron las causas más probables del evento y la percepción de los moradores de las zonas afectadas. Para ello, se aplicó una encuesta en las villas pesqueras de Mata Oscura y Puerto El Nance. También, se entrevistó a expertos en el tema de agroquímicos en cultivos de arroz y se visitó negocios que se dedican a la venta de estos productos. La información sobre principios activos, persistencia y toxicidad se obtuvo de la base de datos *Manual de Plaguicidas de Centroamérica, Universidad Nacional de Costa Rica*. También, se contactó a pobladores, pescadores, buzos, turistas, surfistas y demás usuarios de las playas del Pacífico de Costa Rica a través del Observatorio de Reportes de Mareas Rojas de Costa Rica y se hizo una revisión de la literatura pertinente sobre floraciones de algas nocivas en el Pacífico Oriental Tropical. Aunque los plaguicidas representan un problema para la fauna acuática, sus efectos tienden a ser crónicos ya que al diluirse en el agua se reduce su toxicidad. En consecuencia, existen muy pocos registros que vinculan las muertes masivas de fauna acuática con la intoxicación aguda por plaguicidas. Tampoco, se puede hablar de derrames porque los agroquímicos se aplican como aerosoles o espolvoreos en etapas muy puntuales del ciclo de cultivo, pero, aunque así fuera, las tortugas podrían evitar los químicos debido a su elevada movilidad. Por otra parte, las microalgas productoras de neurotoxinas son una causa importante de muerte masiva de organismos marinos incluyendo tortugas. Estas toxinas se concentran en organismos filtradores y se transmiten al resto de los niveles tróficos por procesos de biomagnificación. Sin embargo, el golfo de Chiriquí no es un área endémica para mareas rojas y aunque de vez en cuando ocurren floraciones de algas, estas no suelen ser tóxicas. No ocurre así para el pacífico centroamericano, donde las mareas rojas tóxicas de *Pyrodinium bahamense*, son frecuentes. Este organismo ha sido vinculado a la muerte masiva de una variedad de organismos marinos incluyendo peces, tortugas, aves y grandes mamíferos como delfines y ballenas jorobadas. Para el tiempo en que arribaron tortugas muertas al sur de Veraguas, Costa Rica experimentaba una de las mayores oleadas de mareas rojas de la cual se tiene conocimiento la cual afectó las áreas de anidación y forrajeo de tortugas marinas en el Pacífico de Centroamérica. Es muy probable que este sea el origen de la mortandad de tortugas que se observó en Panamá. Algunas de ellas pudieron ser llevadas

hacia el norte por la corriente de Costa Rica lo que explicaría su presencia en diferentes playas del Pacífico de Nicaragua mientras que otras pudieron llegar a Panamá con la contracorriente ecuatorial, que para esas fechas se mueve hacia las costas de Centroamérica y alimenta el giro anticiclónico que domina la circulación en el golfo de Chiriquí. Aunque no hay datos que demuestren la presencia de toxinas paralizantes en la carne de las tortugas, no sería la primera vez que una floración de algas tóxicas se vincula a una mortandad de tortugas marinas en el Pacífico Oriental Tropical.

Palabras clave: Mareas rojas, floraciones de algas nocivas, mortandad de tortugas marinas.

Abstract: A case of sea turtle mortality was studied in the south of Mariato, Veraguas between the months of September and November 2022. The perception of the residents was evaluated through a survey in the fishing villages of Mata Oscura and Puerto El Nance. The most probable causes of the event and the perception of the residents of the affected areas were evaluated. Experts in the subject of agrochemicals in rice crops were interviewed and businesses that sell these products were visited. The information on active principles, persistence and toxicity was obtained from the Central American Pesticide Manual database, National University of Costa Rica. Residents, fishermen, divers, tourists, surfers, and other users of the Pacific beaches of Costa Rica were also contacted through the Observatory of Red Tide Reports of Costa Rica and a review of the pertinent literature on harmful algal blooms in the Eastern Tropical Pacific was made. Although pesticides represent a problem for aquatic fauna, their effects tend to be chronic since diluting in water reduces their toxicity. Consequently, there are very few records that link the massive deaths of aquatic fauna with acute pesticide poisoning. Nor can we talk about spills because the agrochemicals are applied as aerosols or dustings at very specific stages of the crop cycle and the turtles could avoid the chemicals due to their high mobility. On the other hand, neurotoxin-producing microalgae are an important cause of mass death of marine organisms, including turtles. These toxins are concentrated in filter-feeding organisms and are transmitted to the rest of the trophic levels by biomagnification processes. However, the Gulf of Chiriquí is not an endemic area for red tides and although algae blooms do occur from time to time, they are not usually toxic. This is not the case for the Central American Pacific, where toxic red tides from *Pyrodinium bahamense* are frequent. This organism has been linked to the mass die-off of a variety of marine organisms including fish, turtles, birds, and large mammals such as dolphins and humpback whales. At the time the dead turtles arrived south of Veraguas, Costa Rica was experiencing one of the largest waves of red tides on record that affected sea turtle nesting and foraging areas in the Pacific of Central America. Everything seems to indicate that this was the origin of the turtle mortality observed in Panama. Some of them could have been carried by the Costa Rican current towards the Pacific beaches of Nicaragua, while others reached Panama with the equatorial countercurrent, which at that time was moving towards the

coasts of Central America and feeding the anticyclonic gyre that dominates the circulation in the Gulf of Chiriquí. Although there is no data to show the presence of paralytic toxins in the flesh of dead individuals, this would not be the first time that a toxic algae bloom has been linked to a sea turtle die-off in the Eastern Tropical Pacific.

Keywords: Red tides, harmful algal blooms, sea turtle mortality.

INTRODUCCIÓN

La muerte masiva de tortugas es un fenómeno que se presenta de manera recurrente en diferentes partes del mundo sin que exista una causa común que explique todos los casos. El pacífico centroamericano no ha estado ajeno al fenómeno. Cada cierto tiempo, se informa de oleadas de tortugas muertas, principalmente tortuga verde (*Chelonia mydas*) en países como Guatemala, Salvador, Costa Rica y Panamá. Aunque son diversas las causas a las que se podría atribuir el fenómeno, se ha encontrado una estrecha vinculación con toxinas de microalgas las cuales se concentran a través de la cadena alimenticia para luego contaminar medusas y camarones, una fuente importante de alimento para las tortugas. El envenenamiento paralítico por consumo de moluscos (EPM) es el síndrome más tóxico y peligroso que afecta las aguas del Pacífico de Centroamérica siendo responsable no solo de la muerte de personas sino también de organismos marinos como peces y tortugas (Sierra-Beltrán et al., 1998). Se trata de un síndrome neurotóxico causado por la presencia de análogos de la saxitoxina en moluscos filtradores y organismos que se alimentan del plancton (Hernández-Orozco y Gárate-Lizárraga, 2006). Actualmente, los florecimientos de algas tóxicas están dominados por *Pyrodinium bahamense*, una especie de dinoflagelado tropical cuyo centro de dispersión se encuentra cerca de las costas de Costa Rica y que es llevado hacia el norte por la corriente costera centroamericana, aunque también pudieran estar presentes otros como *Gymnodinium catenatum* y algunas especies del género *Alexandrium* (Sierra-Beltrán et al, 2004). Las toxinas bloquean los canales de sodio y producen parálisis que puede ser leve o causar la muerte del organismo (Ley-Quíñonez et al, 2020). Los países más afectados por este síndrome son el pacífico sur de México, y las costas del pacífico de Guatemala, El Salvador y Costa Rica (IOCARIBE-ANCA, 2008). Amaya et al, (2018) documentaron dos eventos masivos de muerte de tortugas en las costas del Salvador, uno en octubre de 2013, y el otro entre octubre y noviembre de 2017. En el primero, el Ministerio de Recursos Naturales y Ambiente reportó decenas de tortugas muertas en diferentes playas de la costa del Pacífico mientras que en el segundo se contabilizaron cerca de 600 tortugas, el 60% *Lepidochelys olivácea* y el 40% *Chelonia mydas*. No se observaron otros organismos muertos durante los eventos ni anomalías que pudiesen explicar la muerte de las tortugas. El análisis de las muestras de tejidos reveló la presencia de toxinas de algas. De las 75 muestras recolectadas, 63 fueron positivas para PSP siendo el estómago, los intestinos, el contenido gástrico y el contenido entérico los que mostraron los valores más altos. Se encontró evidencia de la presencia de *Pyrodinium bahamense*, *Gymnodinium catenatum* y *Alexandrium monilatum*, todos productores de toxinas paralizantes. Aunque no fue el propósito de este estudio demostrar la presencia de toxinas en la carne de las tortugas muertas o dinoflagelados tóxicos en el contenido estomacal, queda claro que los episodios de muerte de tortugas por toxinas paralizantes no son ajenos al Pacífico Oriental Tropical (POT) y constituyen un elemento a tomar en cuenta en cualquier evaluación de los agentes causales de una mortandad observada. El presente trabajo tuvo como propósito evaluar un caso de muerte masiva de tortugas marinas en el sur de Mariato y sopesar los elementos vinculantes que podrían explicar las causas del fenómeno.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

Entre los meses de septiembre y noviembre de 2022, el Ministerio de Ambiente reportó la aparición de cerca de 156 tortugas muertas en playas del sur de Mariato, el 90% de ellas pertenecientes a la especie *Chelonia mydas* (tortuga verde) y el resto *Lepidochelys olivacea* (tortuga lora). Las playas mayormente afectadas fueron, Malena, Morrillo, Mata Oscura, Playa Plaza, Cascajilloso y Playa Gato. Se aplicaron encuestas de percepción en las villas pesqueras de Mata Oscura y Puerto El Nance (Figura 1). En Mata Oscura, hay un proyecto de conservación de tortugas administrado por la Fundación Agua y Tierra y cuyo propósito es reducir la captura y comercialización de la carne y los huevos. Por otra parte, Puerto El Nance es una villa de pescadores artesanales. El sur de la provincia de Veraguas es parte del cordón arrocerero del país que involucra a las provincias de Coclé, Herrera, Los Santos y Chiriquí. Cada año, las fuertes precipitaciones causan el desbordamiento de varios ríos importantes de la región con pérdidas económicas cuantiosas y la contaminación de ecosistemas costeros por los agroquímicos que vienen con la escorrentía.



FIGURA 1
Área de estudio en el sur de Mariato.

Se hizo una evaluación de las posibles causas de la mortandad de tortugas observadas en el sur de Mariato entre septiembre y noviembre de 2022. En primer lugar, se evaluó la percepción de los pobladores sobre el fenómeno. Se aplicaron un total de 37 encuestas de percepción, 22 en Mata Oscura y 15 en Puerto El Nance. Cada encuesta constaba de 10 criterios de evaluación y cada criterio se ponderó de manera independiente. La encuesta se aplicó el 25 de noviembre de 2022 y se visitaron todas las casas de las villas pesqueras. Para evaluar el tema de los agroquímicos, se visitaron locales de venta y se entrevistó a expertos arroceros sobre los plaguicidas que se utilizan en las diferentes etapas del cultivo de arroz. Cada producto se analizó en término de la persistencia, movilidad, solubilidad y el poder tóxico de sus principios activos. Para ello, se utilizó el Manual de Plaguicidas de Centroamérica de la Universidad Nacional de Costa Rica. Para el tema de las floraciones de algas tóxicas, se hizo contacto con INNOCEANA, una organización internacional dedicada a la protección del océano y que tiene sedes en Costa Rica, España, Estados Unidos y Tailandia. Esto facilitó el acceso al Observatorio de Reportes de Mareas Rojas de Costa Rica y con ello a los comentarios pescadores, turistas, surfistas, buzos y demás usuarios de las playas del Pacífico desde Guanacaste hasta la península Osa sobre las mareas rojas que ocurrieron entre finales del 2021 y diciembre de 2022. También, se revisaron los reportes de mareas rojas en nuestras costas para la fecha del fenómeno y los boletines de CLIMA PESCA, una iniciativa

de la Organización del sector Pesquero y Acuícola del Istmo Centroamericano (OSPESCA) que tiene como propósito dar a conocer y visibilizar los impactos del clima en el sector pesquero de la región.

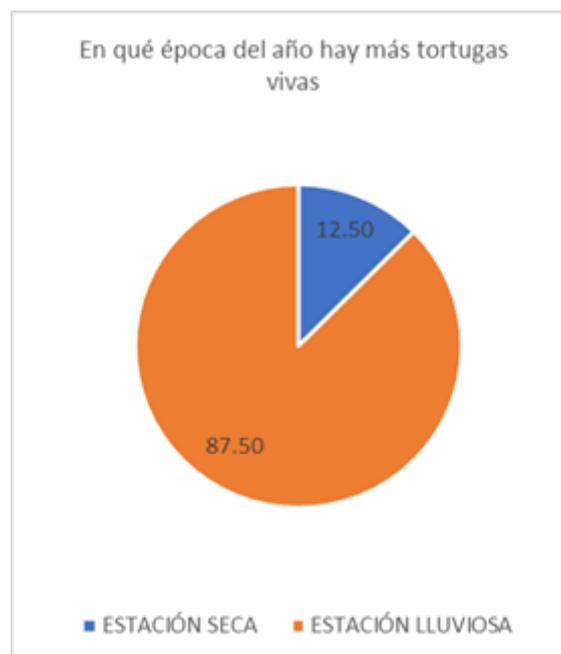
RESULTADOS

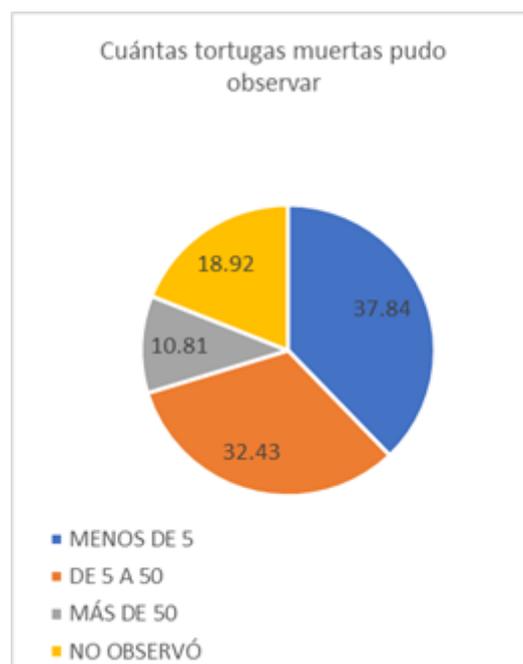
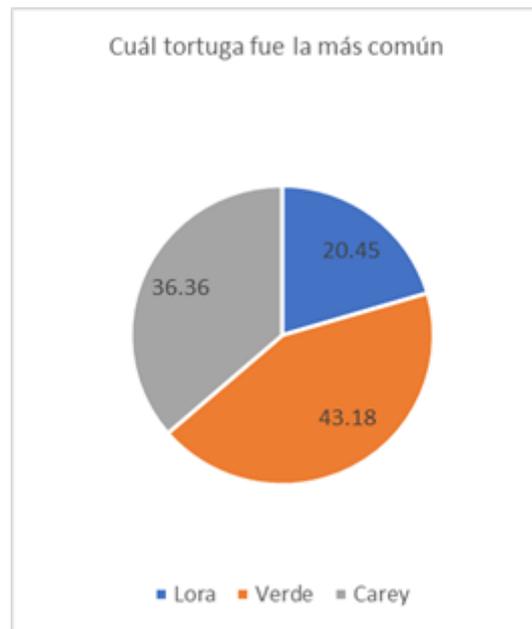
Encuestas de percepción

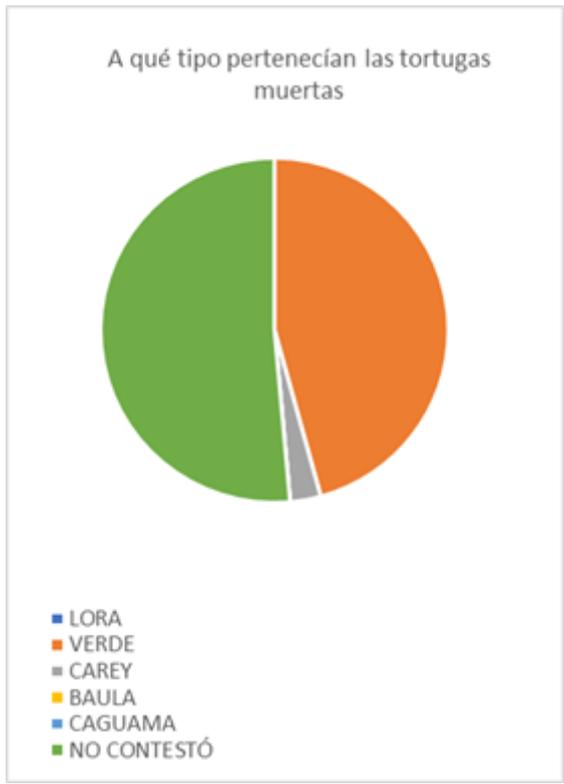
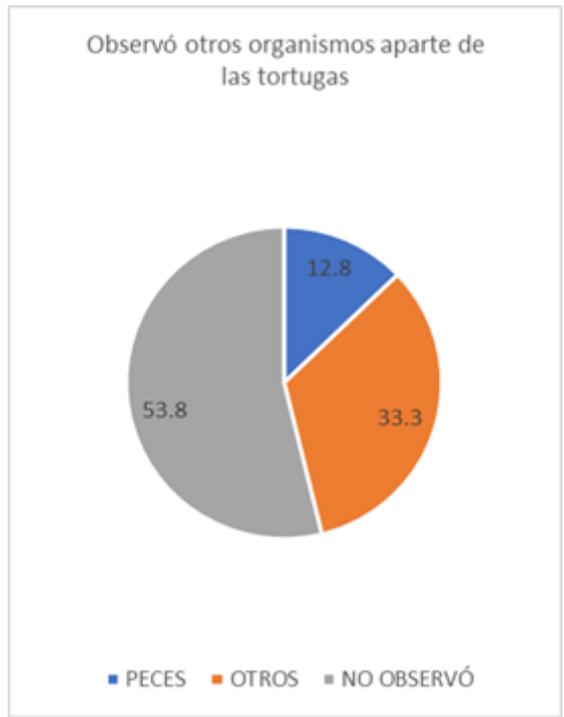


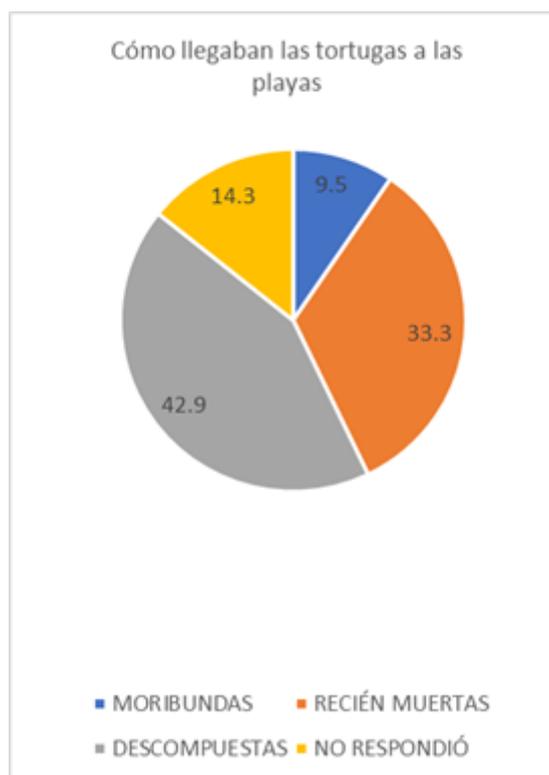
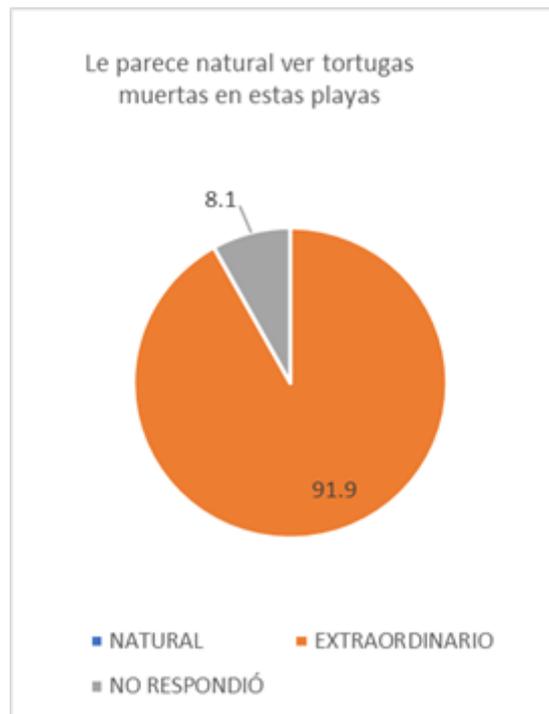
FIGURA 2

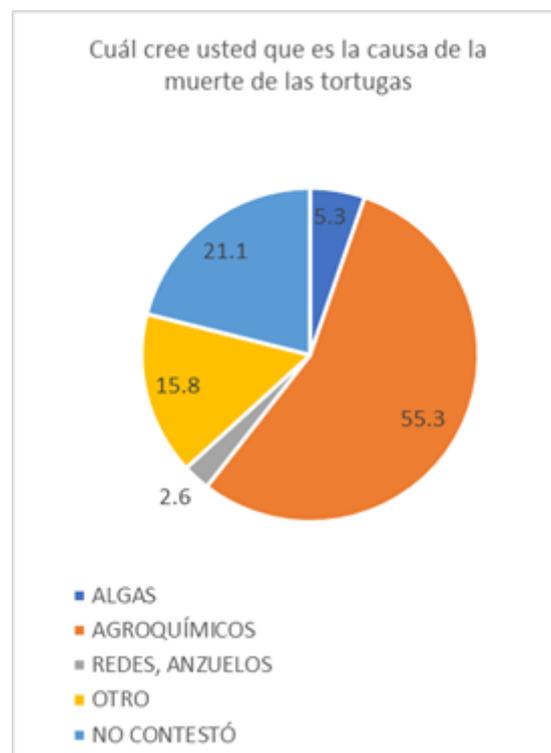
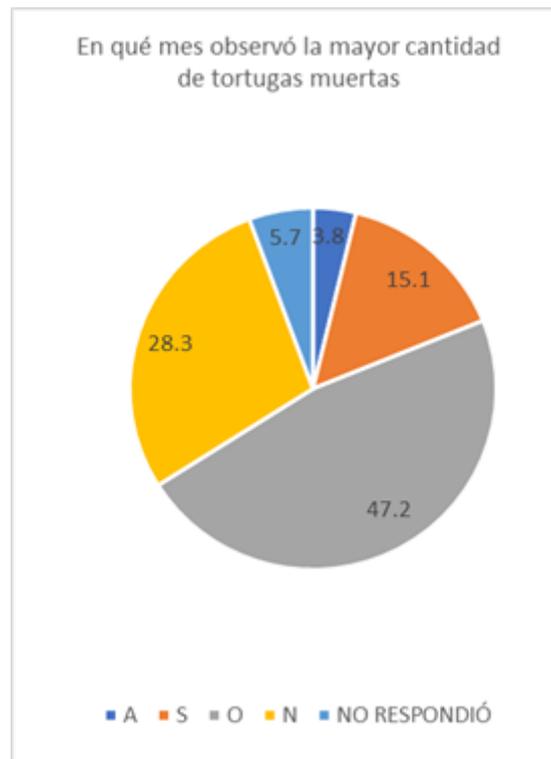
Resultados ponderados de la encuesta aplicadas en las villas pesqueras de Mata Oscura y Puerto Nance en el sur de Mariato, provincia de Veraguas.











El análisis de los resultados de la encuesta, aplicada a los moradores de las villas pesqueras de Mata Oscura y Puerto El Nance, reveló el fuerte impacto que produjo en la población la presencia de tortugas muertas en las cantidades en que se presentaron los meses de septiembre, octubre y noviembre de 2022. Algunos describieron el fenómeno como algo nunca visto por una población acostumbrada a lidiar con unas cuantas tortugas muertas cada año. Las tortugas llegaban a las playas muertas y en avanzado estado de descomposición

lo que hacía difícil su identificación. La tortuga verde (*Chelonia mydas*) fue la más afectada. La mayor parte de los pescadores entrevistados atribuyeron el fenómeno a la excesiva utilización de agroquímicos en la forma de fertilizantes, herbicidas y plaguicidas (Figura 2)

Plaguicidas en cultivos de arroz en el sur de Veraguas

La tabla 1 muestra los diferentes tipos de agroquímicos que se utilizan en las zonas arroceras del sur de Veraguas. A simple vista, se puede ver que todos son tóxicos para la vida acuática y dependiendo de su persistencia y su capacidad de lixiviación pueden ganar acceso a las aguas superficiales de los ecosistemas acuáticos o contaminar las aguas subterráneas. En algunos casos los productos de degradación son más tóxicos y persistentes que el producto original y tienen un grado variable de bioacumulación en la cadena alimenticia. Algunos como las Cipermetrinas (Arrivo, Mustang Max) y el Terbufos (Counter) tienen un mecanismo de acción muy similar a los venenos paralizantes producidos por algunos dinoflagelados como *Pyrodinium bahamense* y *Gymnodinium catenatum* los cuales interfieren en la transmisión de los impulsos nerviosos mediante el bloqueo de los canales de sodio lo que produce síntomas neurológicos. Estos químicos pueden entrar a los ecosistemas acuáticos por medio de la escorrentía proveniente de áreas de cultivo o a través de las inundaciones en periodos de alta pluviosidad, las cuales llevan agua cargada de sedimentos y contaminantes de todo tipo.

Las floraciones de algas en el Pacífico Oriental Tropical (POT)

El examen de los casos reportados revela que las floraciones de algas se han convertido en un problema ambiental en todo el pacífico oriental de Centroamérica en particular en la franja comprendida entre el pacífico norte de Costa Rica y el pacífico sur de México (García-Pérez et al, 2020). En esta zona son frecuentes las floraciones de algas, algunas dominadas por organismos productores de toxinas paralizantes las cuales han causado numerosos intoxicados y decenas de defunciones (Sierra-Beltrán et al, 2004). Costa Rica experimenta con relativa frecuencia, floraciones de algas nocivas causadas por varias especies de dinoflagelados, algunos nocivos y otros productores de toxinas paralizantes, los cuales son responsables de intoxicaciones por consumo de mariscos contaminados (Vargas Monero et al, 2008). Sin embargo, el periodo comprendido entre noviembre de 2021 y diciembre de 2022 fue especialmente virulento, con episodios en todo el pacífico de Costa Rica desde Guanacaste hasta la península de Osa, en la vecindad de la frontera con Panamá. Algunas playas, particularmente en el litoral norte, se tornaron inutilizables debido al olor fétido que emanaba de los organismos muertos los cuales incluyeron, peces, erizos, pepinos, tortugas y aun mamíferos marinos. Un análisis de los comentarios de pescadores, turistas, buzos, surfistas y pobladores de todas las áreas afectadas, revelaron un estado de alarma general en el Pacífico de Costa Rica ese año. El fenómeno no solo acaparó la atención de los medios noticiosos, sino que algunos de los afectados lo describieron como algo nunca visto en la historia de Costa Rica e inclusive comentaron sobre personas enfermándose por el consumo de mariscos contaminados (MCEC-INNOCEANA, 2021).

TABLA 1

Diferentes tipos de plaguicidas que se utilizan en cultivos de arroz en el sur de la provincia de Veraguas (Información recopilada del Manual de Plaguicidas de Centroamérica de la Universidad Nacional de Costa Rica).

Nombre comercial	Principio activo	Grupo químico	Ecotoxicología
Gramoxone	Dicloruro de paraquat	Bipiridilo	Solubilidad en agua: alta. Persistencia en el suelo: extrema. Movilidad en el suelo: inmóvil. Bioacumulación: ligera. En el ambiente acuático es inmobilizado y eliminado rápidamente del agua por adsorción a las plantas y partículas del suelo donde permanece por muchos años sin degradarse. El paraquat se acumula en los organismos acuáticos. Los residuos pueden persistir indefinidamente y pueden ser transportados por escorrentía junto con el sedimento. Muy tóxico para organismos acuáticos.
Round-up	Glifosato	Ácido fosforoso	Es soluble y químicamente estable en el agua. Se acumula en el suelo o el sedimento donde puede permanecer por largo tiempo. No se degrada en el interior de ninguna planta, por lo que puede producir intoxicaciones sistémicas por acumulación en aplicaciones frecuentes a la misma planta. Las formulaciones de glifosato con coadyuvantes como polioxetileno amina (POEA) son generalmente más tóxicas y los animales acuáticos parecen ser más sensibles que los animales terrestres.
Prowl	Pendimetalina	Dinitroanilina	Solubilidad en agua: baja. Persistencia en el suelo: extrema a alta. Movilidad en el suelo: inmóvil. Muy tóxico para organismos acuáticos especialmente peces, crustáceos y algas. Se acumula en el suelo y puede causar efectos adversos a largo plazo en el ambiente acuático. En Costa Rica, la fumigación de un campo de arroz provocó la muerte de peces y camarones en un río de Quepos.
2,4-D DMA 72sl	2,4-D	Ácido fenoxiacético clorado	Solubilidad en agua: alta. Persistencia en el suelo: mediana a no persistente. Movilidad en el suelo: de alta a ligera. Su degradación en agua es lenta y tiene alto poder de lixiviación. Se ha reportado en aguas superficiales de origen urbano y agrícola de diferentes de los Estados Unidos. Es nocivo para organismos acuáticos en especial peces y crustáceos. Su metabolito 4-diclorofenol es muy tóxico para mamíferos.
Triclopyr	Tryclopyr	Organo clorado, piridina	Solubilidad en agua: alta. Persistencia en el suelo: alta a no persistente. Movilidad en el suelo: extrema a alta. Los productos de degradación suelen ser más persistentes que el compuesto original. Tienen un gran potencial de lixiviación y pueden contaminar las aguas superficiales y subterráneas. Nocivo para organismos acuáticos. De extrema a ligeramente tóxico para anfibios. La forma éster es altamente tóxica para los peces.
PROFANIL	Propanil	anilida, clorado	Solubilidad en agua: moderada. Persistencia en el suelo: no persistente. Movilidad en el suelo: mediana a ligera. Es muy tóxico para los organismos acuáticos en especial peces, crustáceos, algas y plantas acuáticas. Puede producirse una bioacumulación de esta sustancia a lo largo de la cadena alimentaria.
SEMEVIN	Tridicarb	Carbamato	Solubilidad en agua: baja. Persistencia en el suelo: mediana a no persistente. Movilidad en el suelo: alta a ligera. Es degradado rápidamente en cualquier tipo de suelo por hidrólisis y fotólisis. Los productos de la degradación primaria poseen alto potencial de lixiviación. Muy tóxico para organismos acuáticos en especial peces, crustáceos, algas y plantas acuáticas. Extremadamente tóxico para anfibios.
ARRIVO MUSTANG MAX	Cipermetrina Cipermetrina-Z	Piretroide clorado	Solubilidad en agua: baja. Persistencia en el suelo: alta a mediana. Movilidad en el suelo: inmóvil. Bioacumulación: alta a mediana. Se degrada rápidamente en la columna de agua, pero persiste en los sedimentos donde se degrada lentamente. Tiene bajo potencial de lixiviación y un alto potencial de bioacumulación en animales acuáticos pero su alta afinidad por los sedimentos reduce su biodisponibilidad. Es muy tóxico para los peces e invertebrados acuáticos. Interfiere en la transmisión de los impulsos nerviosos mediante el bloqueo de los canales de sodio.
FIPROMIL	Fipronil	Penilpirazol, clorado, fluorado	Solubilidad en agua: baja. Persistencia en el suelo: extrema a mediana. Movilidad en el suelo: mediana a ligera. Bioacumulación: mediana. Algunos de sus metabolitos son persistentes y móviles en el suelo y tienen de bajo a alto potencial de lixiviación. Muy tóxico para organismos acuáticos especialmente peces, crustáceos, aves, algas y heléchos acuáticos.
COUNTER	Terbufos	Organofosforado	Neuro tóxico, con efectos crónicos como pérdida de la memoria, irritabilidad, tiempo de reacción retardada y ansiedad. Poco persistente en el suelo, aunque los productos de degradación son extremadamente persistentes y medianamente móviles en el suelo. Muy tóxico para peces, crustáceos, aves, algas y plantas acuáticas. Se ha detectado en aguas superficiales de Costa Rica, Honduras y Guatemala en concentraciones nocivas para la vida acuática y en eventos de mortalidad de fauna acuática.
LANNATE	Metomil	Carbamato	Solubilidad en agua: alta. Persistencia en el suelo: ligera a no persistente. Movilidad en el suelo: extrema a alta. Debido a su alta solubilidad en el agua, a su movilidad y a su mediana persistencia en el suelo tiene potencial para contaminar las aguas subterráneas y superficiales. Muy tóxico para peces, crustáceos, aves y anfibios. Restringido federalmente en los EUA y prohibido en 42 países.
DITHANE	Mancozeb	Ditiocarbamato	Solubilidad en agua: baja. Persistencia en el suelo: no persistente. Movilidad en el suelo: ligera a inmóvil. Algunos productos de degradación son altamente móviles y pueden llegar a las aguas subterráneas y superficiales. Muy tóxico para peces, crustáceos y algas y extremadamente tóxico para anfibios.

DISCUSIÓN

Pesticidas y hábitos alimenticios de la tortuga verde

La tortuga verde del Pacífico oriental es un animal de hábitos costeros que se alimenta de algas, pastos marinos, vegetación de mangle y en su ausencia, de invertebrados y medusas (Seminoff et al, 2003). Un estudio reciente con videocámaras demostró que las tortugas caguama (*Caretta caretta*) y las tortugas verdes (*Chelonia mydas*) pueden consumir basura flotante en especial plásticos, sugiriendo que las tortugas marinas confunden fácilmente los desechos sólidos con sus presas naturales (Fukuoka et al, 2016). En su etapa juvenil, se trasladan a los sitios de forrajeo en aguas costeras poco profundas donde pueden permanecer por periodos prolongados de hasta 20 años (Limpus et al, 1994). Estos sitios, generalmente, tienen graves problemas de contaminación y degradación ambiental lo que representa un peligro para la especie. Las sustancias químicas peligrosas pueden entrar por escorrentía y generar efectos a corto o a largo plazo en las poblaciones de organismos acuáticos (Beketov et al, 2013). La intoxicación aguda por pesticidas se da cuando el animal entra en contacto directo con los químicos o consume organismos contaminados. Algunos de los pesticidas que se utilizan en los cultivos de arroz, tienen un largo espectro residual y un elevado potencial de bioacumulación de manera que se pueden incorporar a la vegetación de las zonas de forrajeo y eventualmente a los animales que se alimentan en estas zonas entre los que se encuentra la tortuga verde del pacífico (Gao et al, 2000; Olette et al, 2008; Moore et al, 2009). En un estudio sobre la calidad del agua del Golfo Dulce, Costa Rica, se encontraron residuos del herbicida Clomazone, el insecticida Triazofos y los fungicidas Isoprotiolo y Propiconazol en ríos que drenaban en el golfo y también en muestras de agua y pastos marinos de sitios de forrajeo de la tortuga verde del pacífico, en la cercanía de arrozales (Fournier et al, 2019). A pesar de todo, no existen estudios que relacionen de manera directa la muerte de tortugas con la intoxicación aguda por plaguicidas. Más bien, los efectos reportados tienden a ser crónicos y a afectar de manera puntual el ciclo de vida de los animales.

Algas tóxicas y mortandad de tortugas marinas

Las algas tóxicas son una causa de muerte masiva de tortugas marinas (Herrera Galindo et al, 2018; Amaya et al, 2018). Las muertes se asocian a floraciones de *Pyrodinium bahamense*, un dinoflagelado productor de saxitoxina, una potente neurotoxina que puede causar la muerte de vertebrados marinos y humanos (Sar, 2002). Sin embargo, en Panamá no hay registros de muerte de organismos marinos causados por toxinas paralizantes, aunque existe un caso documentado de muerte de corales y peces causado por una floración de *Cochlodinium catenatum* y *Gonyaulax monilata*. La floración ocurrió simultáneamente en Isla Uvas en el pacífico occidental de Panamá e Isla El Caño en el pacífico sur de Costa Rica y se caracterizó por la producción de abundante mucus y niveles críticos de oxígeno en el agua (Guzmán et al, 1990). Para las fechas en que aparecieron las tortugas muertas en el sur de Mariato, los valores de clorofila en el Golfo de Chiriquí fueron bajos (0.1-0.9 mg/m³) y no fueron consecuentes con la ocurrencia de una floración de algas tóxicas (OSPESCA-SICA, 2022). Tampoco, se observaron manchas en el agua ni los olores fétidos que caracterizan las mortandades de organismos marinos causadas por floraciones de algas tóxicas.

Las áreas de anidación y forrajeo de tortugas marinas en el Pacífico Oriental Tropical (POT)

Las tortugas marinas se distribuyen en todo el POT y pueden migrar cientos o miles de kilómetros entre las áreas de reproducción y forrajeo (Wallace et al, 2010). Hay áreas de la costa, cerca de las playas de nidación, donde la densidad de adultos reproductores puede ser alta durante ciertas épocas del año. La figura 2 muestra las áreas de anidación y forrajeo de las cuatro especies de tortugas marinas del POT. Los sitios de anidación de la tortuga Laúd se encuentran desde México hasta Ecuador, pero la mayoría está en el pacífico sur de México y en el pacífico de Costa Rica (Santidrián-Tomillo et al, 2007). La temporada de anidación se extiende desde septiembre hasta abril, y durante este periodo suelen moverse entre las playas de anidación en la costa. Terminado ese periodo se mueven hacia las áreas de forrajeo en el pacífico central (Benson et al, 2011). La tortuga verde, por otro lado, anida entre el pacífico sur de México y el archipiélago de las Galápagos en Ecuador, aunque hay sitios de anidación en toda la costa de Centroamérica, en lugares donde hay abundante pastos marinos y algas. Seminoff et al, (2008) mostraron que la tortuga verde tiende a moverse hacia los sitios de forrajeo en las islas Galápagos, los sitios de forrajeo en América Central y los sitios de forrajeo en el pacífico central donde pasan gran parte de su vida alimentándose de invertebrados. Las tortugas Loras, por otra parte, no muestran fidelidad por ningún sitio de anidación o forrajeo y se encuentran ampliamente distribuidas desde México hasta Perú (Plotkin, 2010). Esto las hace menos vulnerables a acciones antrópicas. La tortuga Carey se encuentra ausente de la mayoría de los sitios de anidación de América Central y por un tiempo se consideró en vías de extinción. Sin embargo, estudios recientes (Gaos et al, 2010) han identificado sitios importantes en el Salvador, Nicaragua y Ecuador. También, se sabe que los adultos utilizan los esteros con manglares como sus principales áreas de forrajeo. Estos sitios de nidación y forrajeo coinciden con áreas donde se desarrollan de manera regular floraciones de dinoflagelados neurotóxicos como *Pyrodinium bahamense*, *Gymnodinium catenatum* y *Gonyaulax monilata*, entre otros.

Corrientes marinas y patrones de migración

El POT se extiende desde el sur de México hasta el norte de Perú y los límites oceanográficos están definidos por las corrientes frías de California y de Perú que fluyen hacia el Ecuador y que luego toman dirección oeste hacia el pacífico central. Es una alberca cálida que involucra diez países y cinco islas y grupos de islas: El archipiélago de Revillagigedo, la Isla Clipperton, Isla del Coco, Isla Malpelo y el archipiélago de las Galápagos. La corriente de Costa Rica o corriente centroamericana domina la circulación de invierno. Alcanza su máxima actividad entre los meses de junio y agosto y está ausente entre los meses de febrero y abril. Esta corriente se mueve hacia el norte y puede llegar hasta el golfo de California. Por otra parte, la contracorriente ecuatorial norte se forma entre los meses de mayo a julio y se mueve en dirección este, hacia la costa centroamericana. La mayor parte se une a la corriente de Costa Rica y fluye hacia el norte mientras que la otra parte lo hace hacia el sur, alimentando el giro anticiclónico que domina la circulación en el golfo de Chiriquí (Robertson y Allen, 2015).

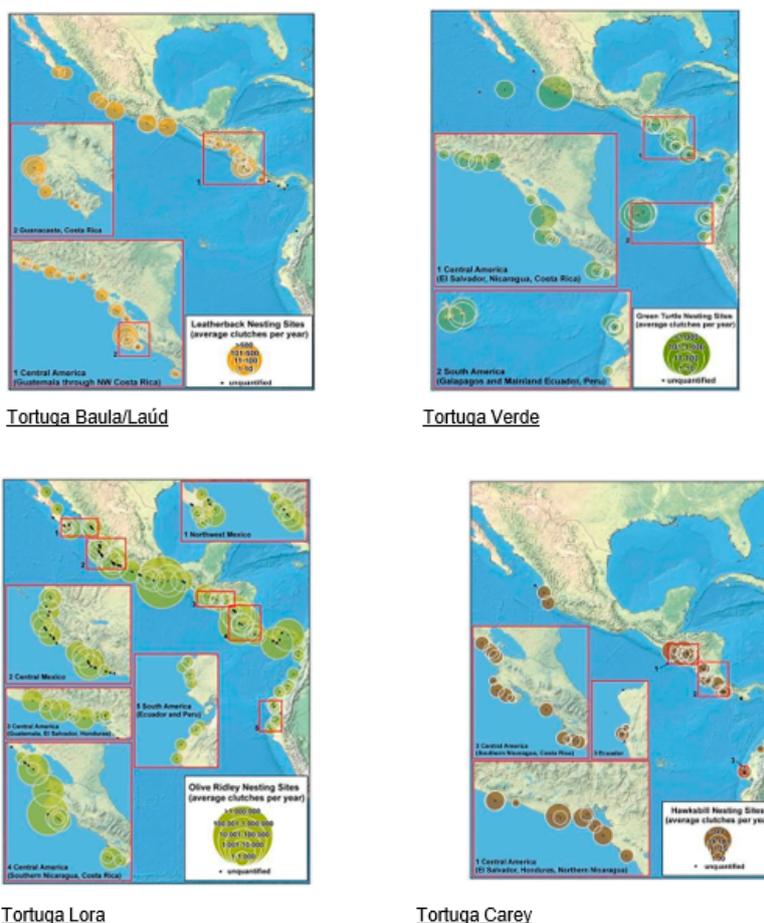


FIGURA 3

Sitios de anidación y abundancia de tortugas marianas en el Pacífico Oriental. Los círculos más grandes representan mayor actividad de anidación. (Seminoff y Wallace, 2012).

CONCLUSIONES

Aunque es cierto que los plaguicidas representan un problema para la fauna acuática, sus efectos tienden a ser crónicos y a largo plazo, afectando procesos biológicos específicos que dependen de la toxicidad del principio activo, de la combinación de principios activos, de sus productos de degradación o de los agentes coadyuvantes que en ocasiones tienden a ser más tóxicos que el compuesto principal. Sin embargo, independientemente de su persistencia o solubilidad, estos compuestos se disuelven en el medio acuático lo que reduce su toxicidad de manera que hay muy pocos registros de muertes masivas de organismos acuáticos por intoxicación aguda con plaguicidas. Tampoco, hay datos que involucren tortugas marinas con este tipo de intoxicaciones. Aunque la elevada pluviosidad de esos meses causó el desbordamiento de ríos importantes del sur de Mariato, no explica una mortandad de tortugas como la observada, en particular porque son organismos de gran tamaño y con capacidad para desplazarse cientos y hasta miles de kilómetros a lo largo de la línea costera o aun cruzando el océano pacífico. Tampoco, se puede hablar de derrame porque los agroquímicos se aplican como aerosoles o espolvoreos de manera puntual en periodos específicos del cultivo. Las tortugas llegaban en avanzado estado de descomposición lo que hace pensar en una muerte a distancia. Por otra parte, las áreas de anidación y forrajeo de tortugas marina en el POT también son zonas de floraciones neurotóxicas de *Pyrodinium bahamense*, *Gymnodinium catenatum*, *Gonyaulax monilata*. Las toxinas se concentran en la red trófica por procesos de biomagnificación. Se ha observado tortugas marinas alimentándose no solo de algas y pastos

marinos sino también de salpas, peces y medusas los cuales son parte de la cadena de biomagnificación del ecosistema (Herrera-Galindo et al, 2018). El golfo de Chiriquí no es un área endémica de mareas rojas tóxicas y aunque de vez en cuando ocurren floraciones de algas, generalmente no son tóxicas. No se puede decir lo mismo del POT donde *P. bahamense* se ha convertido en un organismo residente. No solo ha causado cientos de intoxicaciones sino también decesos en personas que han consumido mariscos contaminados. Ha sido vinculado a la muerte masiva de una variedad de organismos marinos incluyendo peces, tortugas, aves y grandes mamíferos como delfines y ballenas jorobadas. Para el tiempo en que arribaron las tortugas muertas al Golfo de Chiriquí, Costa Rica experimentaba una de las mayores oleadas de mareas rojas de la cual se tiene conocimiento. Había floraciones en el pacífico norte, en el pacífico central y en el pacífico sur de manera que se declaró una alerta general para todo el pacífico costarricense. Hay que recordar que estas son las mismas áreas donde anidan y forrajean las tortugas marinas, de manera que también, pudieron verse afectadas por el fenómeno. Algunas de las tortugas muertas pudieron ser llevadas hacia el norte por la corriente costera de Costa Rica lo que explica su presencia en diferentes playas de la costa nicaragüense, mientras que otras pudieron llegar a Panamá llevadas por la contracorriente ecuatorial, ambas activas para esas fechas. Aunque no existe evidencia que demuestre de manera inequívoca la presencia de toxinas paralizantes en la carne de las tortugas muertas, no sería la primera vez que se vincula una mortandad de tortugas marinas a la presencia de floraciones de algas tóxicas.

AGRADECIMIENTOS

Señor Jacinto Rodríguez, biólogo y presidente de la Fundación Agua y Tierra (FUNDAT) por su apoyo logístico y por compartir con nosotros su experiencia y percepción sobre el tema. Al Señor José Manuel Flórez Bosques, experto en el tema de plaguicidas en cultivos de arroz. A la fundación INNOCEANA del Observatorio de Mareas Rojas de Costa Rica. Al Licenciado Luis Montes y a los estudiantes Kristy Acosta, Cecibeth Aparicio, Emilio Castillo, Leidys Cedeño, Kristal Díaz, Johanna Duarte, Luis Martínez, Angie Monfret, Zuleimy Moreno, Elian Muñoz, Karina Peñalba, Arilis Peralta, Cary Rodríguez, Ronald Rodríguez, Paola Sanjur, Rafael Tejedor y Ruth Torrero, por el apoyo en la aplicación de la encuesta.

REFERENCIAS

- Amaya, O., Quintanilla, R., Stacy, B., Dechraoui Bottein, M., Flewelling L., Hardy R., Dueñas, C. y Ruiz, G. (2018). Large-scale sea turtle mortality events in El Salvador attributed to paralytic shellfish toxin-producing algae blooms. *Frontiers in Marine Science* 5(411), 1-10.
- Beketov, M. A., Kefford, B. J., Schäfer, R. B. y Liess, M. (2013). Pesticides reduce regional biodiversity of stream invertebrates. *Proceedings of the National Academy of Sciences of USA* 110(27), 11039-11043.
- Benson, S. R., Eguchi, T., D. G. Foley, D. G., Forney, K. A., Bailey, H., Hitipeuw, C., Samber, B. P., Tapilatu, R. F., Rei, V., Ramohia, P., Pita, J. y Dutton, P. H. (2011). Large-scale movements and high-use areas of western Pacific leatherback turtles, *Dermodochelys coriacea*. *Ecosphere*, 2(7), 1-27. doi:10.1890/ES11-00053.1
- Fournier, M. L., Castillo, L. E., Ramírez, F., Moraga, G. y Ruepert, C. (2019). Evaluación preliminar del área agrícola y su influencia sobre la calidad del agua en el Golfo Dulce, Costa Rica. *Revista de ciencias ambientales*, 53(1), 92-112.
- Fukuoka, T., Yamane, M., Kinoshita, C., Narazaki, T., Marshall, J., Abernathy, K., Miyazaki, N. y Sato, K. (2016). The feeding habit of sea turtles influences their reaction to artificial marine debris. *Scientific Reports* 6:28015.
- Gao, J., Wayne, G. A., Hoehamer, C., Mazur, C. S. y Lee Wolfe, N. (2000). Uptake and phytotransformation of organophosphorus pesticides by axenically cultivated aquatic plants. *J. Agric Food Chem*, 48(61), 14-20.

- Gaos, A., Abreu, A. y Shigueto, J. A. (2010). Signs of hope in the eastern Pacific: International collaboration reveals encouraging status for a severely depleted population of hawksbill turtles *Eretmochelys imbricata*. *Oryx*, 44(04), 595-601.
- García-Pérez, J., García-López, A., Carrillo-Ovale, L., Solares-Cortez, N. y López-Bran, R. (2020). Florecimiento algal nocivo de *Pyrodinium bahamense* en diciembre 2018 en la costa del Pacífico de Guatemala. *Ciencia, tecnología y salud*, 7(1).
- Guzmán, H., Cortés, J., Glynn, P. y Richmond, R. (1990). Coral mortality associated with dinoflagellate blooms in the eastern Pacific (Costa Rica and Panama). *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 60, 299-303.
- Hernández-Orozco, M. L. y Gárate-Lizárraga, I. (2006). Síndrome de envenenamiento paralizante por consumo de moluscos. *Rev. Biomed*, 17(1).
- Herrera-Galindo, J. E., Buenrostro, A., Meraz, J. y Alejo-Plata, C. (2018). Las salpas (Thaliacea: Salpidae) como posibles vectores de saxitoxina entre dinoflagelados y tortugas marinas. <https://www.researchgate.net/publication/324182295>.
- IOCARIBE-ANCA-IV. (2008). *Taller Regional Científico de la COI sobre Floraciones de Algas Nocivas*. Universidad Nacional de Colombia.
- Ley-Quinónez, C., Alonso, R., Hart, C. y Leal Moreno, R. (2020). Paralytic Shellfish Poisoning (PSP) as a Cause of Sea Turtle Mortality in Puerto Vallarta, México. *Herpetological Review*, 51(3), 489-494.
- Limpus, C., Eggler, J. P. y Miller, J. D. (1994) Long interval remigration in eastern Australian Chelonia. *Proceedings of the Thirteenth Annual Symposium on Sea Turtle Biology and Conservation*.
- MCEC-Innoceana (2021). Costa Rica Red Tide Watch Report. <https://www.facebook.com/groups/583299533189507>
- Moore, M. T., Kroger, R., Cooper, C. M. y Smith Jr, S. (2009). Ability of four emergent macrophytes to remediate permethrin in mesocosm experiments. *Arch Environ Contam Toxicol*, 57, 282–288.
- Olette, R., Couderchet, M., Biagianti, S., Eullaffroy, P. (2008). Toxicity and removal of pesticides by selected aquatic plants. *Chemosphere* 70, 1414–1421.
- OSPESCA-SICA. (2022). *Clima pesca*. Climapesca.org
- Plotkin, P. (2010). Nomadic behavior of the highly migratory olive ridley sea turtle *Lepidochelys olivacea* in the eastern tropical Pacific Ocean. *Endangered Species Research*, 13, 33-40.
- Robertson, R. y Allen, G. (2015). *Peces Costeros del Pacífico Oriental Tropical: Sistema de Información en Línea. Versión 2.0*. Instituto Smithsonian de Investigaciones Tropicales, Balboa, República de Panamá.
- Santidrián Tomillo, P., Veléz, E., Reina, R. D., Piedra, R. y Paladino, F. V. (2007). Reassessment of the leatherback turtle (*Dermochelys coriacea*) nesting population at Parque Nacional Marino Las Baulas, Costa Rica: effects of conservation efforts. *Chelonian Conservation and Biology*, 6, 54-62
- Sar, M. E. (2002). Floraciones Algas Nocivas en el Cono Sur Americano. In E. A. Sar, M.E. Ferrario y B. Reguera (Eds.). Instituto Español de Oceanografía.
- Seminoff, J. A., Zarate, P., Coyne, M., Foley, D. G., Parker D., Lyon, B. N. y Dullon, P. H. (2008). Post-nesting migrations of Galápagos green turtles *Chelonia mydas* in relation to oceanographic conditions: integrating satellite telemetry with remotely sensed ocean data. *Endangered Species Research*, 4, 57-72.
- Seminoff, J. A., Jones, T. T., Resendiz, A., Nichols, W. J. y Chaloupka, M. (2003). Monitoring green turtles (*Chelonia mydas*) at a coastal foraging area in Baja California, Mexico: multiple indices describe population status. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 83, 1355-1362.
- Seminoff, J. A. y Wallace, B. P. (2012) Sea Turtles of the Eastern Pacific. *Advances in Research and Conservation. University of Arizona Press, Tucson*.
- Sierra-Beltrán, A. P., Cruz, A., Núñez, E., Del Villar, L. M., Cerecero, J. y Ochoa, J. L. (1998). An overview of the marine food poisoning in México. *Toxicon*, 36, 1493-1502.
- Sierra-Beltrán, A., Lluch-Cota, D. y Lluch-Cota, S. (2004). Dinámica espacio temporal de organismos precursores de marea roja en la costa Pacífica de América del Norte y Centroamérica. *Revista de biología tropical*, 52, 99-107.

- Vargas-Montero, M., Bustamante, E. F., Guzmán, J.C. y Vargas, J.C. (2008). Florecimientos de dinoflagelados nocivos en la costa Pacífica de Costa Rica. *Hidrobiológica* 18 (1 Suplemento): 15-23.
- Wallace, B. P., DiMatteo, A. D., Hurley, B. J., Finkbeiner, E. M., Bolten, A. B., Chaloupka, M. Y., Hutchinson, B. J., Abreu-Grobois, F. A., Amorocho, D., Bjorndal, K. A., Bourjea, J., Bowen, B. W., Duenas, R. B., Casale, P., Choudhury, B. C., Costa, A., Dutton, P. H., Fallabrino, A. ... Mast, R. B. (2010). Regional management units for marine turtles: a novel framework for prioritizing conservation and research across multiple scales. *PLOS ONE* 5, e15465.