

Recibido: 01.11.2021 • Aceptado: 29.08.2022

Palabras clave: Amenazas ambientales, Caribe, tortuga marina.

Amenazas ambientales para las tortugas marinas en el Caribe mexicano

LUCÍA DELGADO MERÁZ

lucydm250@gmail.com

FACULTAD DE MEDICINA, UASLP

MARA DANIELA TERCERO JALPA

danytercero@ciencias.unam.mx

FACULTAD DE CIENCIAS, UNAM

VANESSA LABRADA MARTAGÓN

vanessa.labrada@uaslp.mx

FACULTAD DE CIENCIAS, UASLP

Un ecosistema está formado por elementos vivos (factores bióticos) y no vivos (factores abióticos). Todos los ecosistemas están interconectados porque coexisten en la misma biosfera, lo que significa que toda acción produce un efecto en el mismo u otro sitio. La modificación o alteración de un ecosistema puede poner en riesgo la conservación de las especies y la estabilidad de las funciones ecológicas.

Los ecosistemas del Caribe mexicano como manglares, pastos marinos y arrecifes de coral son muy importantes para la conservación de gran número de especies y para mitigar el efecto de algunos fenómenos naturales como huracanes o erosión (Sandoval Herazo y Lizardi Jiménez, 2019). En un ecosistema sano existe un equilibrio adecuado entre sus componentes y en las interacciones que brindan beneficios a los organismos.

Las tortugas marinas tienen, como el resto de las especies marinas, un rol importante en el mantenimiento de los ecosistemas marinos (Bjorndal, 1997). La tortuga blanca (*Chelonia mydas*) que habita la costa de Quintana Roo, se alimenta exclusivamente de los pastos marinos. Éstos al ser pastoreados, se vuelven más productivos; además, las tortugas marinas también son transportadoras de nutrientes dentro y entre los ecosistemas, por ejemplo, al depositar sus huevos en las playas, y debido a que son una especie migratoria (Eckert y Abreu-Grobois, 2001). Dicha distribución de nutrientes contribuye a mantener un sinnúmero de organismos, desde hormigas, aves, mamíferos e incluso flora que previene las dunas costeras de la erosión.

Dado a que el Caribe mexicano ofrece las condiciones ideales para que las tortugas marinas lleven a cabo su desarrollo y reproducción, la costa de Quintana Roo es hábitat de cuatro de las siete especies de tortugas marinas que existen en el mundo. Actualmente, todas las especies se encuentran en una categoría de riesgo de acuerdo con la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) y en México todas están listadas como especies en peligro de extinción según la Norma Oficial Mexicana (NOM-059-SEMARNAT, 2010). Por lo anterior, se vuelve prioritario la conservación

no sólo de las poblaciones, sino también del ambiente en el que habitan.

El deterioro del Caribe mexicano

El veloz desarrollo y el crecimiento urbano en la zona costera del Caribe mexicano es la principal amenaza que altera los ecosistemas de la región. El turismo desmedido, la deforestación y la contaminación modifican la composición original y la calidad de los ecosistemas poniendo en riesgo la salud y conservación de las especies que lo habitan, entre ellas, las tortugas marinas.

En la década de 1970 el turismo surgió como un motor de crecimiento económico y desarrollo regional en Quintana Roo (Alavez, 2017), convirtiéndolo en uno de los destinos favoritos de millones de turistas, lo cual provocó que la población creciera a un ritmo acelerado. Actualmente, se estima que la población es 67.8 veces mayor en comparación con la que había en 1950 (INEGI, 1992; INEGI, 2020a; INEGI, 2020b). El aumento de población implica una mayor explotación de recursos debido a la demanda (por ejemplo: agua, alimento, suelo), un crecimiento urbano que modifica el

paisaje para la construcción de viviendas, edificios y carreteras, así como mayor generación de residuos (tabla 1).

Las aguas residuales domésticas, industriales y agrícolas que se descargan sin tratamiento al subsuelo, ríos, cenotes y playas pueden ser causa y vehículo de contaminación química (Pozo *et al.*, 2011). En la península de Yucatán no hay ríos, pero sí actividades agrícolas responsables de la introducción de fertilizantes, pesticidas y sedimentos, los cuales pueden llegar a través de la lluvia a los cuerpos subterráneos de agua dulce que terminan desembocando en playas como parte de un proceso natural (Sánchez *et al.*, 2015). La Bahía de Akumal, ubicada en la costa central de Quintana Roo, es un sitio importante de alimentación y desarrollo para algunas especies de tortugas marinas. Algunos estudios recientes han reportado que la bahía presenta contaminación por bacterias coliformes fecales, derivadas de los aportes de aguas residuales sin tratamiento generados por los asentamientos humanos (Barrera-Escordia y Namihira-Santillán, 2004; Baker *et al.*, 2010).

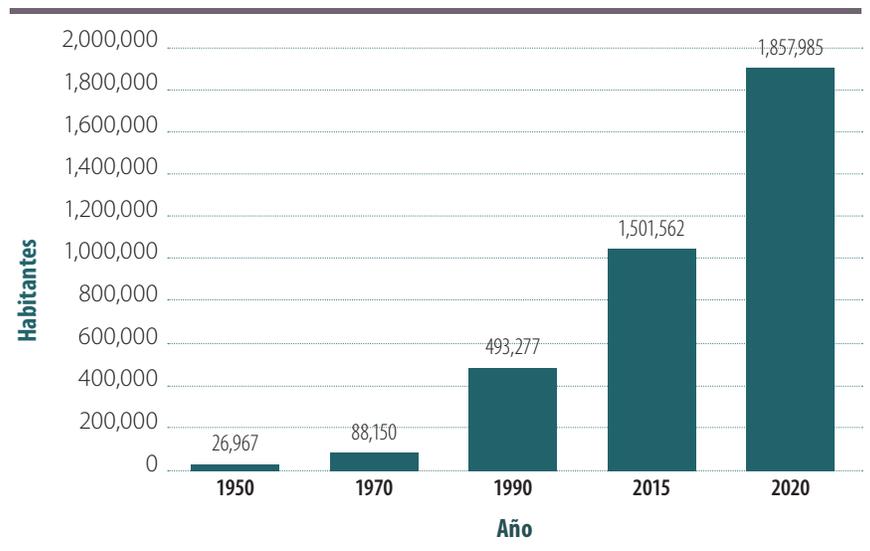


Foto 1. Tamaño de la población humana en Quintana Roo desde 1950 hasta 2020. (Fuente: Censo General de Población y Vivienda del INEGI, 2020a)

La urbanización también incrementa el uso de hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP) como diésel y gasolina, empleados para la construcción de carreteras de asfalto o por las embarcaciones que trasladan a los turistas o en actividades de pesca (Abdel-Shafy y Mansour, 2016). Los HAP son contaminantes orgánicos persistentes (Calva Benítez *et al.*, 2019), sustancias tóxicas y resistentes a la degradación que pueden ser transportados a largas distancias por agua o aire y ser ingeridos por los organismos, además de ser capaces de acumularse en los ecosistemas. En diversos estudios se han reportado niveles altos de contaminantes como HAP, compuestos orgánicos persistentes y metales en sitios con poca afluencia turística y alejados de zonas urbanizadas (Calva-Benítez *et al.*, 2014). Esto puede deberse a que los

arrecifes estén funcionando como barrera física haciendo que los contaminantes se acumulen en ciertas zonas, además del posible arrastre de contaminantes provenientes de actividades antrópicas a la costa por medio de las aguas subterráneas (SanJuan, 2020). Dichos reportes generan preocupación ante la probable exposición de los organismos y las consecuencias que ello conlleva.

Asimismo, la urbanización implica una mayor generación de luz artificial, es decir, contaminación lumínica en playas por el establecimiento de hoteles que afecta a la flora y a la fauna (Chepesiuk, 2010). En el caso de las tortugas marinas, las hembras en época reproductiva pueden desorientarse o abstenerse de anidar en las playas iluminadas por luces brillantes; además, las crías de tortugas marinas

recién salidas del cascarón también se desorientan y podrían ser incapaces de encontrar el mar (Chepesiuk, 2010).

Gracias a la abundancia de tortugas blancas, las actividades como la observación y nado con tortugas marinas cobraron mucho interés, lo que incrementó el tránsito desregulado de embarcaciones y nadadores congregados en las zonas de alimentación de estos animales (SEMARNAT, 2016). El aumento de la actividad turística y de embarcaciones disminuye la calidad del agua y sedimentos (Méndez *et al.*, 1998), puede ocasionar colisiones a las tortugas marinas (CONANP, 2009) y la presencia humana puede alterar el comportamiento de la fauna (Labrada-Martagón, 2005). Por lo anterior, se creó en la Bahía de Akumal un código de ética para el nado con tortugas marinas, se estableció el cierre temporal de actividades turísticas con tortugas marinas durante el mes de septiembre, y en el año 2016 se publicó el acuerdo para establecer la Bahía de Akumal como Zona de Refugio para la Protección de Especies Marinas (DOF, 2015).



Foto 1. Botella plástica de origen centroamericano elaborada y distribuida en San Pedro Sula (15°30'00"N 88°02'00"O) Honduras, encontrada y extraída en mar en la bahía de Puerto Morelos (20°51'13"N 86°52'31"O), Quintana Roo, 2021 (Fotografía: Biol. Gisela Maldonado).

Efectos de la basura plástica

En la actualidad, se calcula que el 80 por ciento de la basura marina tiene su origen en la tierra, y el otro 20 por ciento proviene de la actividad marítima (Greenpeace, 2017); de toda la basura marina, 88 por ciento es plástico (Cozar *et al.*, 2014). Gracias a la resistencia y fácil dispersión es posible encontrar residuos plásticos en todos los océanos y playas del mundo (Ledezma Hernández, 2019). En la bahía de Chetumal, Quintana Roo, el residuo más abundante recolectado en playa fue el vidrio de color, seguido por el PET, pañales desechables, tela y unice (Gamboa y Carrillo, 2016). En un estudio realizado en el Santuario de la tortuga

marina X'cachel – X'cachelito, se reportaron 180 kilogramos de residuos sólidos recolectados en playas dentro del área natural protegida, el unisel fue el plástico más abundante (García *et al.*, 2016). Muchos de los residuos encontrados en dicho estudio fueron de origen internacional, lo que corrobora la importancia de la interconexión entre ecosistemas. El arrastre por corrientes marinas tiene la capacidad de transportar todo tipo de contaminantes sólidos y químicos a otras partes del mundo, lejos de donde fueron generadas originalmente (foto 1).

Está documentado que las siete especies de tortugas marinas existentes ingieren todo tipo de residuos sólidos (madera, bolsas, ropa, empaques, aluminio, anzuelos, monofilamentos de pesca, etcétera) (Clukey *et al.*, 2018). Se ha demostrado que las tortugas marinas confunden los residuos plásticos con su alimento (Fukuoka *et al.*, 2016). El plástico ocasiona en estas especies asfixia, estrangulación, obstrucción y perforaciones en el tracto digestivo (Nicolau *et al.*, 2016).

Los microplásticos (menores a 5 milímetros) son producto de la degradación ambiental de piezas de plásticos más grandes, o piezas vírgenes de uso industrial (pellets) o de productos de belleza (por ejemplo, los exfoliantes corporales) (Hale, Seeley, La Guardia, Mai y Zeng, 2020). Estos tienen aditivos que por sí mismos pueden generar alteraciones a la salud de los organismos marinos (Alomar *et al.*, 2017; Pittura *et al.*, 2018), o pueden absorber otro tipo de contaminantes orgánicos persistentes (Keller, 2013).

Efectos de los arribazones del sargazo

El sargazo es una macroalga que funciona como hábitat, refugio y sitio de alimentación para varias especies marinas (Caballero *et al.*, 2020). Es vital para la supervivencia de diversas especies, pero su crecimiento desmedido provoca efectos negativos en los ecosistemas costeros, como los arrecifes, pastos marinos y playas (Carrillo y Shainbaum-Pardo, 2020). En el año 2014 comenzaron los avistamientos masivos de sargazo en el Caribe mexicano (Caballero *et al.*, 2020), los cuales continuaron ocurriendo

de manera intermitente en la costa de Quintana Roo (2015, 2018 y 2019) (Aldana, 2020).

La afluencia desmedida de sargazo y su posterior descomposición en agua provoca cambios en la calidad del agua. Cuando las bahías son invadidas por una capa flotante de sargazo se impide la entrada de luz solar, aumenta la cantidad de materia orgánica y disminuye el oxígeno disuelto y el pH eutrofizando el sitio (Van Tussenbroek *et al.*, 2017; Rodríguez-Martínez *et al.*, 2019). Este fenómeno afecta a la flora y fauna marina e impide que las condiciones del ambiente sean las adecuadas para el desarrollo de los pastos marinos, áreas de alimentación de las tortugas marinas (Van Tussenbroek *et al.*, 2017).

La degradación del hábitat y estados de eutrofización en la zona costera son algunos de los factores que puede desempeñar un papel en el desarrollo e incidencia de fibropapilomatosis en las poblaciones de tortugas marinas (Van Houtan *et al.*, 2014). La fibropapilomatosis es una enfermedad neoplásica de origen multifactorial, en la que las tortugas marinas desarrollan tumores en tejidos blandos externos y en órganos internos (Jones *et al.*, 2016). Aunque los tumores pueden no ser letales, la presencia de grandes tumoraciones tiene efectos perjudiciales en la salud de las tortugas marinas al limitar su visión, capacidad de nado y de alimentación o bien, alteran el funcionamiento de sus órganos (Jones *et al.*, 2016). En la última década, se ha observado un incremento en la prevalencia de esta enfermedad en las tortugas blancas del Caribe mexicano, principalmente en las agregaciones de la zona centro (Bahía de Akumal) y norte del estado de Quintana Roo (Muñoz-Tenería *et al.*, 2017) que coinciden con las áreas en



Amenazas ambientales para las tortugas marinas

Todas las especies de tortugas se encuentran en riesgo; en México están catalogadas como en peligro de extinción, y el daño al ecosistema marino afecta a su desarrollo y conservación

¿Por qué es importante cuidar a las tortugas marinas?

Aquí dos puntos:

- Transportan nutrientes dentro y entre otros ecosistemas, ya que son una especie migratoria.
- Debido a que las tortugas marinas se alimentan de pastos marinos, al pastorearlos los vuelven más productivos. Esto beneficia a todas las demás especies.

¿Cuáles son los factores que dañan a los ecosistemas marinos?

- Acelerado crecimiento urbano
- Turismo desmedido
- El no adecuado tratamiento de aguas residuales
- Basura marina (la mayoría es plástico) proveniente de la actividad marina
- Sargazo

¿Qué puede hacerse para ayudar a las tortugas marinas?

En el Laboratorio Ecología de la Salud de la Facultad de Ciencias de la UASLP, se estudia el estado de salud de la tortuga *Chelonia mydas*, especie que se encuentra exclusivamente en el Caribe mexicano. Gracias a la tecnología con la que cuentan allí pueden no sólo estudiar el estado de salud de la fauna marina, sino también identificar los cambios en el ambiente que causan a la salud de las tortugas.

Al saber qué es lo que las daña, pueden formularse planes para cuidarlas y, por ende, mejorar su hábitat.

donde se encuentran los asentamientos turísticos más concurridos.

Evaluación de la salud de las tortugas marinas en la UASLP

El Laboratorio Ecología de la Salud de la Facultad de Ciencias de la UASLP estudia desde el 2016 el estado de salud de la población de tortuga blanca (*C. mydas*) que habita la costa de Quintana Roo. La ecología de la salud se dedica a estudiar no sólo la salud poblacional de la vida silvestre, sino también a identificar a través de dichas especies, las alteraciones o cambios en la calidad del ambiente local donde habitan (Labrada-Martagón 2018) con la ayuda de biomarcadores tempranos de efecto y exposición.

En el laboratorio se colectan datos morfológicos (talla y peso) y muestras de sangre de tortugas blancas capturadas vivas, en vida libre y en cautiverio, a partir de las cuales se estiman datos demográficos de la población (por ejemplo, estructura de tallas, razón sexual, estado reproductivo) y se cuantifican diversas variables clínicas y biomarcadores del estado de salud. La determinación de niveles hormonales basales permite identificar disrupción endocrina ante la exposición a xenoestrógenos, así como evaluar su potencial como estimadores de parámetros demográficos de la población como la identificación del sexo y el estadio reproductivo de las tortugas marinas (Labrada-Martagón *et al.*, 2013).

La bioquímica sanguínea es una valiosa herramienta de diagnóstico para monitorear la salud de la vida silvestre (Aguirre y Balazs, 2000). La determinación de niveles de glucosa, proteínas totales, ácido úrico, colesterol y triglicéridos, entre otros, permite conocer el estado nutricional de las tortugas marinas, e inferir la

calidad del alimento de la población y su relación con la condición corporal de los organismos en todos los estadios de vida (Labrada-Martagón *et al.*, 2010).

También se trabaja con indicadores de estrés oxidativo que permiten determinar el daño y las respuestas de defensa antioxidante de estos organismos como resultado de la exposición a contaminantes orgánicos persistentes. Las tortugas que habitan en la bahía de Akumal han presentado la mayor proporción de individuos con daño genotóxico, es decir, un daño específicamente relacionado con contaminantes químicos como pesticidas, metales pesados y fármacos. Estas alteraciones se han cuantificado como

anormalidades nucleares (micronúcleos) y daño al DNA (prueba cometa) de eritrocitos (Rodríguez-Salazar, 2018; SanJuan, 2020). La frecuencia de anomalías en células rojas de las tortugas marinas es mayor en los individuos que habitan los sitios de forrajeo urbanizados o con actividades antrópicas (Rodríguez-Salazar, 2018; Labrada-Martagón, 2019; SanJuan, 2020; Guevara, 2021).

Aún es muy escasa la información sobre la frecuencia de microplásticos en las tortugas marinas de Quintana Roo. Los resultados preliminares de nuestros estudios indican que el 100 por ciento de los organismos estudiados presentan restos sólidos inorgánicos; las fibras detectadas han resultado ser de origen

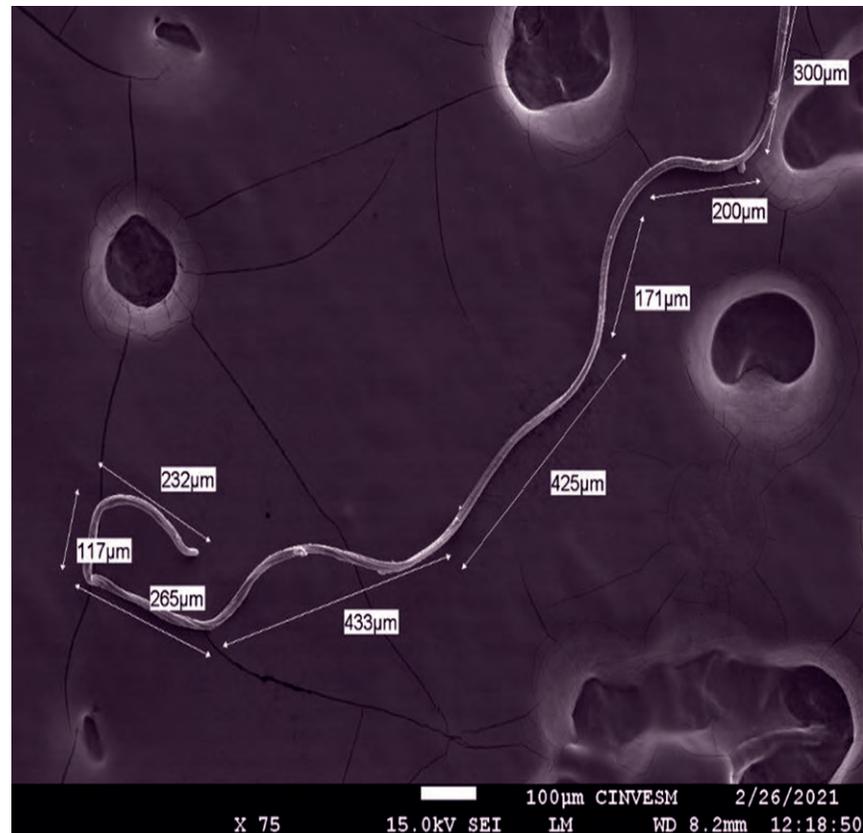


Foto 2. Fotografía de fibra plástica colectada en contenido esofágico de tortuga verde (*Chelonia mydas*) de la costa de Quintana Roo. Microscopía electrónica de barrido (De la Dra. Dalila Aldana, CINVESTAV-Mérida)

Es licenciada en ciencias ambientales y salud por la Facultad de Medicina de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí. Actualmente trabaja en el proyecto "Parámetros bioquímicos séricos de tortuga verde (*C. mydas*) en sitios de alimentación de la costa de Quintana Roo".



plástico (datos sin publicar, foto 2) de color transparente o azul como se ha reportado en otras partes del mundo (DiRenzo *et al.*, 2021). Es de esperarse que la ingesta de plásticos y sus compuestos orgánicos asociados generen respuestas fisiológicas en las tortugas marinas del Caribe mexicano, como se ha observado en otros organismos marinos como peces y moluscos (Alomar *et al.*, 2017; Pittura *et al.*, 2018).

El análisis integral de todos los biomarcadores y parámetros de salud mencionados anteriormente permite obtener un panorama general del estado clínico

y fisiológico de la población, también a determinar de manera temprana, alteraciones a salud que no son observables a simple vista con evaluaciones físicas *in situ* sin monitoreo previo. Este tipo de estudios son posibles gracias a la colaboración con múltiples personas e instituciones, no sólo académicas también asociaciones civiles y empresas que contribuyen al conocimiento del estado de salud integral de las poblaciones y, de manera indirecta de los ecosistemas que habitan las especies centinelas. Es de suma relevancia realizar en la medida de lo posible, estudios a largo plazo que permitan el monitoreo de las poblaciones silvestres en el tiempo para garantizar la identificación de cambios relacionados con alteraciones del entorno incluso estados de estrés crónico (exposición crónica). 

Referencias bibliográficas:

- Di Renzo, L., Mascilongo, G., Berti, M., Bogdanović, T., Listeš, E., Brkljača, M., Notarstefano, V., Gioacchini, G., Giorgini, E., Olivieri, V., Silvestri, C., Matiddi, M., D'Alterio, N., Ferri, N. y Di Giacinto, F. (2021). Potential Impact of Microplastics and Additives on the Health Status of Loggerhead Turtles (*Caretta caretta*) Stranded Along the Central Adriatic Coast. *Water, Air, & Soil Pollution*, 232(3): pp. 98. <https://doi.org/10.1007/s11270-021-04994-8>
- Guevara Meléndez, A. M. (2021). *Descripción de la frecuencia de anomalías y caracterización morfológica del núcleo de eritrocitos de tortuga verde (Chelonia mydas) a través de microscopía de fluorescencia en 3 diferentes zonas de estudio en Quintana Roo, México* (tesis de licenciatura). Universidad de El Salvador, San Salvador.
- Hale, R. C., Seeley, M. E., La Guardia, M. J., Mai, L. y Zeng, E. Y. (2020). A Global Perspective on Microplastics. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 125(1). <https://doi.org/10.1029/2018JC014719>
- Islas Madrid, N. L. (2020). *Indicadores de estrés oxidativo de la población de tortuga blanca (Chelonia mydas) que habita en el caribe mexicano* (tesis de maestría). Centro de Investigaciones Biológicas del Noreste, S.C. La Paz, Baja California Sur, México.
- Sanjuan M., X. S. (2020). *Evaluación de la respuesta clínica y genotóxica por la exposición a plomo y compuestos orgánicos persistentes en organismos inmaduros de tortuga verde (Chelonia mydas) en Quintana Roo, México* (tesis de maestría). Universidad Autónoma de San Luis Potosí. San Luis Potosí, México.

