



Fibropapillomatosis in free-ranging green sea turtles (*Chelonia mydas*) off the central coast of Veracruz, Mexico

Fibropapilomatosis en tortuga verde (*Chelonia mydas*) de vida libre en la costa central de Veracruz, México

Emilio A Suárez-Domínguez¹, Ibiza Martínez-Serrano^{1*}, Nicoletta Righini², Yusef E Chamlaty-Fayad¹, E Ahmed Bello-Sánchez³, Amelly H Ramos-Díaz¹

¹ Facultad de Biología, Universidad Veracruzana, Circuito Gonzalo Aguirre Beltrán s/n, CP 91090, Xalapa, Veracruz, Mexico.

² Área Académica de Ciencias Biológico-Agropecuarias, Universidad Veracruzana, Lomas del Estadio, CP 91000 Xalapa, Veracruz, Mexico.

³ Instituto de Neurootología, Universidad Veracruzana, Av. Dr. Luis Castelazo, Industrial de las Ánimas, CP 91190 Xalapa, Veracruz, Mexico.

* Corresponding author. E-mail: ibimartinez@uv.mx

ABSTRACT. Fibropapillomatosis (FP) is a neoplastic disease affecting marine turtles around the tropics. Juvenile green sea turtles (*Chelonia mydas*) seem to be the most affected by the cutaneous tumors, which are not malignant but depending on their number, size, and location, can hamper survival. FP prevalence in sea turtles has increased over the past few decades in areas such as Espírito Santo (Brazil) and Texas (USA), but in Mexico few instances have been documented to date. Here we report a 12.2% FP prevalence in free-ranging turtles captured during 2017–2018 in the Veracruz Reef System National Park, a previously unreported site in Mexico, which is subject to environmental and anthropogenic pressures. Histopathological analysis of one tissue sample revealed tumors were consistent with the characteristics of fibropapillomas. They were not severe (0.01–7.16 cm), but the majority had a verrucous appearance and were mainly found on the flippers and eyes, being potentially detrimental to the health of juvenile turtles. We recommend continued monitoring of this population, and the information provided here can serve as a baseline for future studies in this area of the Gulf of Mexico, where FP had not been reported.

Key words: cutaneous tumors, fibropapillomas, Gulf of Mexico, sea turtles.

RESUMEN. La fibropapilomatosis (FP) es una enfermedad neoplásica que afecta a las tortugas marinas en aguas tropicales. Los individuos juveniles de tortuga verde (*Chelonia mydas*) parecen ser los más afectados por los tumores cutáneos, que no son malignos, pero dependiendo de su número, tamaño y ubicación, pueden comprometer la supervivencia. La prevalencia de la FP en tortugas marinas ha incrementado en las décadas pasadas en zonas como Espírito Santo (Brasil) y Texas (EUA), pero en México pocos casos han sido documentados a la fecha. Durante 2017–2018 se registró por primera vez una prevalencia de FP del 12.2% en tortugas de vida libre en el Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano, un área sujeta a la presión ambiental y la presión antrópica. De acuerdo con el análisis histopatológico de una muestra de tejido, los tumores fueron consistentes con las características de fibropapilomas. Los tumores no fueron severos (0.01–7.16 cm), pero la mayoría tuvo una apariencia verrugosa y se encontraron en las aletas y los ojos, lo que podría representar un riesgo potencial para la salud de los juveniles. Se recomienda continuar el monitoreo de esta población, y la información aportada aquí puede servir de base para estudios futuros en aguas mexicanas del golfo de México, en donde la FP no había sido reportada aún.

Palabras clave: tumores cutáneos, fibropapilomas, golfo de México, tortugas marinas.

INTRODUCTION

Free-ranging sea turtles, due to their complex life cycle, long lifespan, and migratory behavior, are exposed to several threats and stressors of natural and anthropogenic origin that can affect their health, such as exposure to marine pollution, malnutrition, vessel strikes, entanglement, and infectious diseases (Work et al. 2015). Among these, fibropapillomatosis (FP), a neoplastic disease associated with chelonid herpesvirus 5 but mainly triggered by anthropogenic disturbances, has a circumtropical distribution (Rodenbusch et al. 2014, Duffy and Martindale 2019). Since its first reports in the 1930s

INTRODUCCIÓN

Debido a su complejo ciclo de vida, longevidad y comportamiento migratorio, las tortugas marinas de vida libre están expuestas a varias amenazas y factores de estrés de origen tanto natural como antrópico que pueden afectar su salud, tales como la exposición a la contaminación marina, la desnutrición, las colisiones con embarcaciones, los enmallamientos y las enfermedades infecciosas (Work et al. 2015). Entre estas, la fibropapilomatosis (FP), una enfermedad neoplásica asociada al herpesvirus quelónido 5 pero principalmente provocada por presión antrópica, tiene una distribución

in the Florida Keys, FP has reemerged in the past 3 decades as a conspicuous disease in green sea turtles (*Chelonia mydas*), reaching an epizootic status and potentially threatening the survival of this endangered species (Aguirre and Lutz 2004).

Fibroepithelial lesions of different size (up to 30 cm in diameter), morphology (from flat to verrucous), consistency (e.g., soft or firm), and color (e.g., pink, grey, black) can be present on the neck, flippers, periocular tissue, inguinal region, tail, cloaca, carapace, and plastron but can also occur internally as fibromas, myxofibromas, and fibrosarcomas (Jones et al. 2016, Page-Karjian 2019). The presence of these tumors, especially when numerous (up to 91 on a single juvenile green turtle in Brazil, Santos et al. 2010), is likely to interfere with regular activities such as swimming, diving, feeding, and predator avoidance, and it also might hamper vision and swallowing. Juvenile individuals are the most affected by FP, particularly after their recruitment in neritic waters, and some authors suggest that the few instances observed in adults can be due to the fact that afflicted immature turtles might be either dying off or, conversely, surviving, recovering, and developing greater immunity, which causes spontaneous regression of tumors (Van Houtan et al. 2010, Guimarães et al. 2013).

The etiology of FP is still being discussed, but some possible causes or risk factors associated with it are the presence of ectoparasites (Greenblatt et al. 2004); ingestion of arginine (immune response regulator) linked to feeding on invasive macroalgae in eutrophic habitats (Van Houtan et al. 2010); increase in warm water temperatures (Page-Karjian et al. 2014); pollution (Toresani et al. 2010); and increased ultraviolet exposure, which could induce genomic mutations, immunosuppression, or the conversion of chemicals into oncogenic compounds (Duffy and Martindale 2019). FP prevalence in different populations varies worldwide, both spatially and seasonally. For example, FP prevalence in Brazil from 2005 to 2014 ranged between 17.4% and 44.6% according to the geographic location (Rossi et al. 2019). In the coastal areas of Texas, prevalence increased from 5.0% in 2010 to 35.2% in 2018 (Shaver et al. 2019). In Hawaii the disease increased rapidly after an outbreak in the 1980s, peaked in the 1990s, and then declined from 1999 onward, without an apparent reason (Chaloupka et al. 2009). In Mexico, few reports of FP in green turtles have been documented to date. Recently, one case was described in Baja California Sur, where one juvenile out of 22 captured green turtles, exhibited lesions on the eyes and hind flippers (Reséndiz et al. 2016). Other cases were recorded in 2015 in Akumal, Quintana Roo, where 5 out of 22 captured individuals (22.7% prevalence) presented fibropapillomas (Labrada-Martagón et al. 2017).

The Veracruz Reef System National Park is a particularly important study area due to the activities that are being carried out within the current Port of Veracruz expansion, one of the major infrastructure projects in Mexico's recent history. This marine protected area is also affected

circumtropical (Rodenburg et al. 2014, Duffy y Martindale 2019). Desde los primeros reportes en la década de 1930 en los cayos de Florida, la FP ha vuelto a emerger durante las últimas 3 décadas como una enfermedad conspicua en tortugas verdes (*Chelonia mydas*), al grado de alcanzar un estado de epizootia y de ser una potencial amenaza para la supervivencia de esta especie en riesgo (Aguirre y Lutz 2004).

Las lesiones fibroepiteliales de diferente tamaño (hasta 30 cm de diámetro), morfología (desde placas planas hasta verrugosas), consistencia (e.g., blandas o firmes) y color (e.g., rosa, gris, negro) pueden presentarse en el cuello, las aletas, el tejido periocular, la región inguinal, la cola, la cloaca, el caparazón y el plastrón, pero también pueden ocurrir internamente como fibromas, mixofibromas y fibrosarcomas (Jones et al. 2016, Page-Karjian 2019). La presencia de estos tumores, especialmente si son múltiples (hasta 91 tumores en un individuo juvenil de Brasil, Santos et al. 2010), probablemente interfiere en actividades como la natación, el buceo, la alimentación y la evasión de depredadores; también podría amenazar la visión y la deglución. Los individuos juveniles son los más afectados por la FP, particularmente después del reclutamiento en aguas neríticas, y algunos autores sugieren que se observan pocos adultos con la enfermedad debido a que los inmaduros afectados mueren o, por el contrario, se recuperan, sobreviven y desarrollan una mayor inmunidad, la cual causa una regresión en los tumores (Van Houtan et al. 2010, Guimarães et al. 2013).

La etiología de la FP aún se encuentra en discusión, pero algunas causas posibles o factores de riesgo asociadas a ello son la presencia de ectoparásitos (Greenblatt et al. 2004); la ingestión de arginina (un regulador de actividad inmune) ligada a la alimentación de macroalgas invasoras en hábitats eutróficos (van Houtan et al. 2010); el aumento de las temperaturas cálidas del agua (Page-Karjian et al. 2014); la contaminación (Toresani et al. 2010); y la elevada exposición a luz ultravioleta, la cual podría inducir mutaciones genómicas, inmunosupresión o conversión de químicos hacia compuestos oncogénicos (Duffy y Martindale 2019). La prevalencia de la FP en diferentes poblaciones varía a nivel mundial tanto espacial como temporalmente. Por ejemplo, en Brasil, entre 2005 y 2014, la prevalencia de la FP varió entre el 17.4% y el 44.6% de acuerdo con la localización geográfica (Rossi et al. 2019). En las aguas costeras de Texas, la prevalencia aumentó del 5.0% en 2010 al 35.2% en 2018 (Shaver et al. 2019). En Hawái, la enfermedad ha aumentado rápidamente después de un brote en la década de 1980, con un pico en la década de 1990 y una disminución de 1999 en adelante, sin alguna razón aparente (Chaloupka et al. 2009). En México, se han documentado pocos registros de FP en tortuga verde a la fecha. Recientemente, en Baja California Sur, fue registrado un caso de un juvenil (de 22 capturados) con lesiones en los ojos y en las aletas posteriores (Reséndiz et al. 2016). Otros registros se documentaron en 2015 en Akumal, Quintana Roo, donde 5 de 22 individuos capturados (22.7% prevalencia) presentaron fibropapilomas (Labrada-Martagón et al. 2017).

by organic pollution from rivers with wastewater discharge from human activities, by tourism infrastructure, and by commercial and recreational fishing (Jordán-Dahlgren and Rodríguez-Martínez 2003, Ortiz-Lozano 2012). In this region of the Gulf of Mexico, information is still lacking on the presence of turtles with FP and the possible effects of chemical contaminants and organic pollutants on its prevalence. Since previous research has found higher prevalence of FP in green turtles living close to regions where agriculture, industrial activity, and urban development are occurring (van Houtan et al. 2010), this study provides baseline information for long-term monitoring programs that can be implemented to evaluate the current health status of green turtle populations in this area of Mexico. Here we report the first findings on FP recorded in free-ranging green sea turtles (*C. mydas*) in the Veracruz Reef System National Park during a year.

MATERIALS AND METHODS

The Veracruz Reef System National Park (19°00'00"–19°16'00" N; 95°45'00"–96°12'00" W) has an area of 65,516 ha and harbors 45 coral reef structures. The Park includes the Cabezo Reef, a shallow water area extending 1,538.7 ha (Liaño-Carrera et al. 2019) (Fig. 1), where systematic boat-based surveys (outboard motor, speed: 12–15 km·h⁻¹) were carried out from February 2017 to February 2018 at least once per month, depending on weather conditions. Capture per unit effort was calculated as the number of individuals captured per year divided by the total effort units (68.3 navigation hours). Turtles were captured by hand by an experienced swimmer following the technique described by Limpus (1978) and brought onboard. On the boat we recorded curved carapace length (CCL), notch to tip, with a flexible measuring tape (Bolten 1999) and, considering external physical evaluation (*sensu* Santos et al. 2017), the number, size, anatomic region, gross morphology, consistency, and color of cutaneous tumors present on each animal. Tumor size was recorded with a digital caliper, measuring the longest axis (Rossi et al. 2016). Only one tissue sample from a verrucous tumor could be collected. It was fixed in a 10% buffered formaldehyde solution and sent to the laboratory (ESCA Laboratorio Veterinario, Xalapa, Veracruz) for histopathology analysis. All turtles were marked with metal tags (National Band & Tag Company, Newport, KY, USA) on the anterior flippers following the methodology of Balazs (1999), and they were released *in situ* after being handled according to the proper recommendations (Hargrove et al. 2016). Fieldwork was carried out under permits SGPA/DGVS/07034/16 and SGPA/DGVS/000999/18 from the Mexican Secretariat of Environment and Natural Resources.

Turtles were categorized into 6 size classes according to CCL (class I: 21.0–34.0 cm; class II: 34.1–47.0 cm; class III: 47.1–60.0 cm; class IV: 60.1–73.0 cm; class V: 73.1–86.0 cm; class VI: 86.1–100.0 cm). Individuals with CCL > 86.1 cm

El Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano (golfo de México) es un área de estudio importante debido a las actividades humanas que ahí se llevan a cabo, como las actuales obras para la ampliación del puerto, uno de los mayores proyectos de infraestructura en la historia reciente de México. Esta área natural protegida también es afectada por la contaminación orgánica derivada de las descargas de los ríos, la infraestructura turística y la pesca comercial y artesanal (Jordán-Dahlgren y Rodríguez-Martínez 2003, Ortiz-Lozano 2012). En esta región del golfo de México, aún se carece de información sobre la presencia de tortugas con FP y, por ende, de los posibles efectos de los contaminantes químicos y orgánicos en su prevalencia. Debido a que investigaciones previas han reportado la presencia de FP en tortugas verdes que viven cerca de zonas donde hay desarrollo urbano, industrias y agricultura (van Houtan et al. 2010), este estudio provee información base para programas de monitoreo de largo plazo que puedan ser implementados para evaluar el estado de salud actual de las poblaciones de tortuga verde en esta área de México. En este trabajo, se reportan los primeros hallazgos de FP en tortugas verdes (*C. mydas*) de vida libre en el Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano registrados durante un año.

MATERIALES Y MÉTODOS

El Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano (19°00'00"–19°16'00" N; 95°45'00"–96°12'00" W) tiene un área de 65,516 ha y alberga 45 estructuras coralinas. El parque incluye el arrecife Cabezo, un área de aguas someras de 1,538.7 ha (Liaño-Carrera et al. 2019) (Fig. 1), donde dependiendo del estado del tiempo, se llevó a cabo al menos una navegación sistemática mensual en embarcaciones con motor fuera de borda a una velocidad de entre 12 y 15 km·h⁻¹ desde febrero de 2017 hasta febrero de 2018. La captura por unidad de esfuerzo fue calculada como el número de individuos capturados por año dividido entre el total de unidades de esfuerzo (68.3 h de navegación). Las tortugas fueron atrapadas manualmente por un nadador experimentado siguiendo la técnica descrita por Limpus (1978) y, posteriormente, fueron subidas a bordo. En la embarcación, se midió el largo curvo del caparazón (LCC) con una cinta métrica flexible (Bolten 1999) y, con base en la evaluación física externa (*sensu* Santos et al. 2017), se registró el número, el tamaño, la región anatómica, la morfología, la consistencia y el color de los tumores cutáneos presentes en cada animal. El tamaño de los tumores se obtuvo usando un vernier digital midiendo el eje mayor (Rossi et al. 2016). Se recolectó solo una muestra de tejido tumoral verrucoso, la cual fue fijada con una solución de formaldehído al 10% y enviada al laboratorio para su análisis histopatológico (ESCA Laboratorio Veterinario, Xalapa, Veracruz). Todas las tortugas fueron marcadas con etiquetas metálicas (National Band & Tag Company, Newport, KY, EUA) en las aletas anteriores siguiendo el método de Balazs (1999),

were considered sexually mature adults (Labrada-Martagón et al. 2017). Cutaneous tumors were classified into 4 size categories (Work and Balazs 1999, Trigo-Tavera and Valero-Elizondo 2004): A (<1 cm), B (1–4 cm), C (>4–10 cm), and D (>10 cm). Also, a classification was assigned according to the anatomic region, adapted from Rossi et al. (2016): head and eyes (1); neck and shoulders (2); forelimbs and hind limbs (3); carapace and plastron (4); inguinal region, cloaca, and tail (5). A FP index (FPI) was calculated for each individual, based on the sum of tumors in each size category:

$$FPI = (0.1 \times N_A) + (1 \times N_B) + (20 \times N_C) + (40 \times N_D) \quad ,$$

where N is the number of tumors of different sizes (A–D) (Rossi et al. 2016). The FPI value was then used to obtain a general score to classify tumor severity (mild: $FPI < 40$; moderate: $40 \leq FPI < 120$; severe: $FPI \geq 120$) (Rossi et al. 2016). To analyze the relationship between turtle size (CCL) and average tumor size, a Spearman correlation was run in PAST v.3.25 (Hammer et al. 2001).

RESULTS

During the study period, 41 green turtles were captured, which corresponded to 0.6 individuals per unit effort. Turtles varied in size from 26 to 100 cm (CCL), with 2 individuals in class I, 7 in class II, 14 in class III, 8 in class IV, 5 in class V, and 5 in class VI. Five turtles presented cutaneous tumors (12.2% prevalence) and none of them were considered adults, ranging in size from 41.7 to 80.0 cm (Table 1, Fig. 1). A total of 22 tumors were recorded on the 5 individuals, and the majority (41%) was found on flippers (region 3), followed by the head and eyes (region 1, 27%) and the carapace and plastron (region 4, 23%). Tumor frequency was lowest on the neck and shoulders (5%) and the tail and cloaca (5%) (Table 1).

Regarding gross morphology, 95% of the tumors were raised or slightly raised, whereas only one (5%) was flat. They were mainly sessile (68%), and in fewer cases (27%) pedunculated. Few were smooth (9%), and the majority were verrucous (73%) or mixed (smooth and verrucous, 18%). In one case, a tumor on an individual's eye was ulcerated. All tumors had a firm consistency, and their color was overall variable, from gray/black to red/pink, regardless of the anatomical region or tumor size (Table 1). The morphology of the tissue sampled was representative of the majority of the observed tumors and its histopathology analysis revealed moderate hyperkeratosis and epidermal hyperplasia with papillary projections. In the dermis, moderate fibroblastic proliferation and angiogenesis could be detected, as well as observing plasma cells, heterophiles, some melanomacrophages, and varying quantities of lymphocytes (Fig. S1).

Despite having a sample size of only 5 individuals, a trend toward a negative relationship between turtle size (CCL) and average tumor size could be inferred (Spearman correlation,

y fueron liberadas *in situ* después del manejo acorde a las recomendaciones correspondientes (Hargrove et al. 2016). El trabajo de campo fue realizado bajo los permisos SGPA/DGVS/07034/16 y SGPA/DGVS/000999/18 de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (México).

Las tortugas fueron categorizadas en 6 clases de talla de acuerdo con la LCC (clase I: 21.0–34.0 cm; clase II: 34.1–47.0 cm; clase III: 47.1–60.0 cm; clase IV: 60.1–73.0 cm; clase V: 73.1–86.0 cm; clase VI: 86.1–100.0 cm). Los individuos con LCC > 86.1 cm fueron considerados adultos sexualmente maduros (Labrada-Martagón et al. 2017). Los tumores cutáneos fueron clasificados en 4 categorías (Work y Balazs 1999, Trigo-Tavera y Valero-Elizondo 2004): A (<1 cm), B (1–4 cm), C (>4–10 cm) y D (>10 cm). También, se asignó una clasificación numérica de acuerdo con la región anatómica donde se encontraron los tumores (adaptado de Rossi et al. 2016): cabeza y ojos (1), cuello y hombros (2), extremidades anteriores y posteriores (3), caparazón y plastrón (4), región inguinal, cloaca y cola (5). El índice de FP (IFP) se calculó para cada individuo con base en la suma de los tumores en cada categoría de tamaño:

$$IFP = (0.1 \times N_A) + (1 \times N_B) + (20 \times N_C) + (40 \times N_D) \quad ,$$

donde N es el número de tumores de tamaños diferentes (A–D) (Rossi et al. 2016). El valor de IFP fue usado, entonces, para obtener una puntuación general y clasificar la severidad del tumor (leve: $IFP < 40$; moderada: $40 \leq IFP < 120$; severa: $IFP \geq 120$) (Rossi et al. 2016). Para analizar la relación entre el tamaño de la tortuga (LCC) y el tamaño promedio del tumor, se corrió una correlación de Spearman en PAST v.3.25 (Hammer et al. 2001).

RESULTADOS

Durante el estudio, fueron capturadas 41 tortugas verdes, lo cual corresponde a 0.6 individuos por unidad de esfuerzo. Las tortugas variaron en tamaño desde 26 hasta 100 cm (LCC), con 2 individuos en clase I, 7 en clase II, 14 en clase III, 8 en clase IV, 5 en clase V, y 5 en clase VI. Cinco tortugas presentaron tumores cutáneos (12.2% de prevalencia), y ninguna de estas fue considerada adulta, ya que sus tamaños variaron entre 41.7 y 80.0 cm (Tabla 1, Fig. 1). Un total de 22 tumores fueron registrados en 5 individuos; la mayoría (41%) fueron encontrados en las aletas (región 3), seguido de la cabeza y los ojos (región 1, 27%), y el caparazón y el plastrón (región 4, 23%). La frecuencia de estos tumores fue menor en el cuello y los hombros (5%), así como la cola y la cloaca (5%) (Tabla 1).

En cuanto a la morfología macroscópica, el 95% de los tumores fueron elevados o ligeramente elevados, y solo se registró una placa plana (5%). Los tumores fueron principalmente sésiles (68%), y solo en pocos casos (27%) fueron pedunculados. Pocos fueron lisos (9%), y la mayoría fueron verrucosos (73%) o mixtos (lisos y verrucosos, 18%). En un

$r_s = -0.9$, $n = 5$, $P = 0.01$). Overall, FP was not severe, being moderate in 2 individuals (FPI = 42.4 and 47.1) and mild in the other 3 (FPI ≤ 1) (Table 1).

DISCUSSION

The proliferative changes observed in the analyzed tissue indicated that the tumors found in this study were benign

caso, un tumor ocular estaba ulcerado. Todos los tumores tuvieron una consistencia firme, y su color fue variable, de negro-grisáceo a rojo-rosáceo, independientemente de la región anatómica o del tamaño del tumor (Tabla 1). La morfología del tejido muestreado fue representativa de la mayoría de los tumores observados y su análisis histopatológico reveló una hiperqueratosis moderada y una hiperplasia epidérmica con proyecciones papilares. En la dermis,

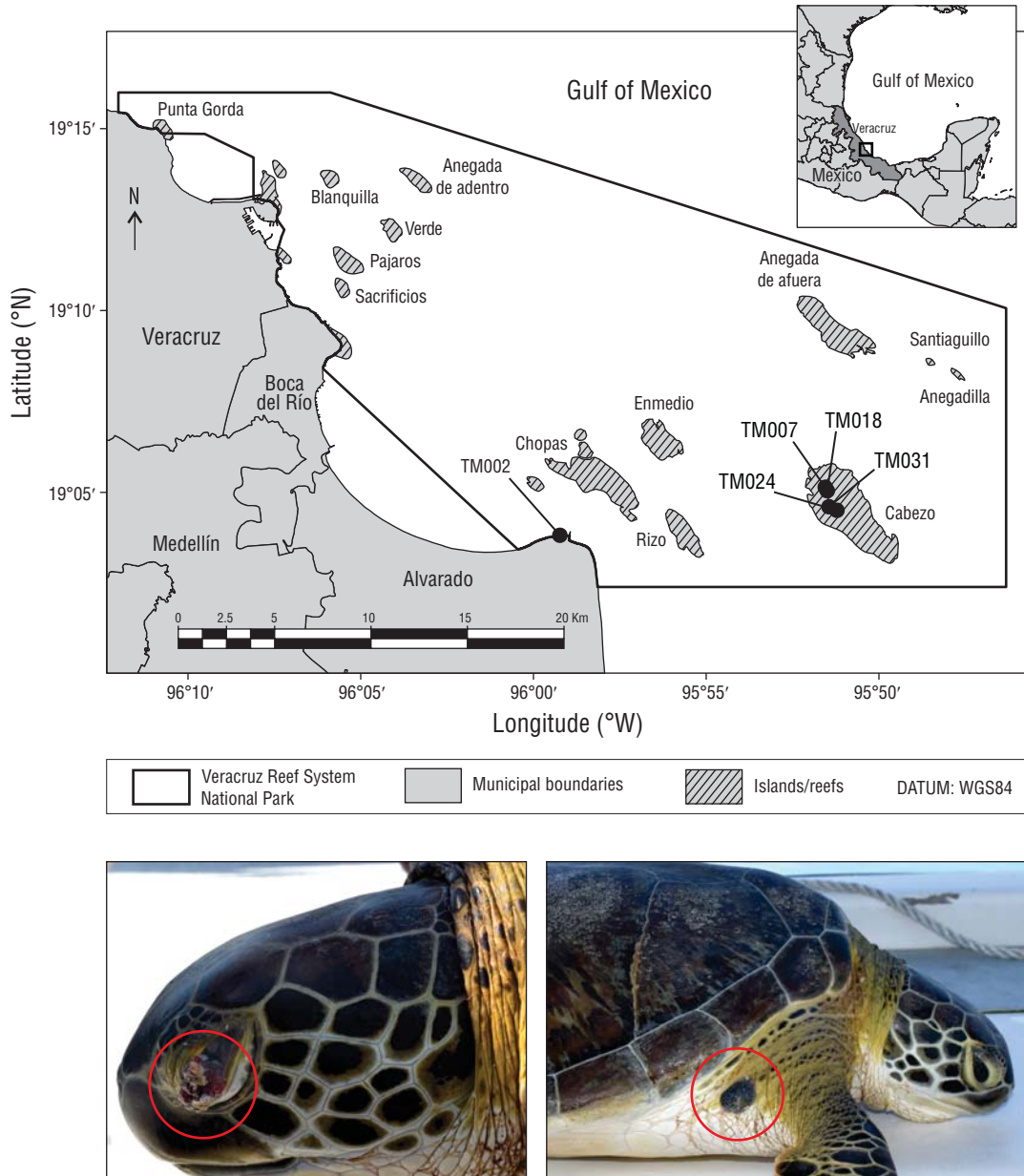


Figure 1. Map of the Veracruz Reef System National Park showing the location where the 5 green turtle individuals (*Chelonia mydas*) with fibropapillomas (filled circle with corresponding tag ID) were captured. Pictures at the bottom show 2 of the captured individuals with fibropapilloma tumors (red empty circles) (photos by M Lourdes Robledo-Catalina).

Figura 1. Mapa del Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano que muestra la ubicación de la captura de los 5 individuos de tortuga verde (*Chelonia mydas*) con fibropapilomas (círculos rellenos con la etiqueta de identificación correspondiente). Las fotos muestran 2 de los individuos con tumores cutáneos (círculos rojos vacíos) que fueron capturados (fotos por M Lourdes Robledo-Catalina).

Table 1. Characteristics of fibropapillomas found in 5 green sea turtles (*Chelonia mydas*) tagged in the Veracruz Reef System National Park in 2017–2018.
Tabla 1. Características de los fibropapilomas encontrados en 5 individuos de tortuga verde (*Chelonia mydas*) marcadas en el Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano en 2017–2018.

ID	Tag number		CCL (cm) [size class] ^a	Geographic coordinates	Number	Longest axis (cm) [size category] ^b	Anatomical region ^c	Gross morphology ^d	FPI ^e	Severity
	Left	Right								
TM002	UV350	UV1349	41.7 [III]	19°3'49.356" N 95°59'14.063" W	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10	2.80 [B] 1.28 [B] 1.15 [B] 4.49 [C] 1.85 [B] 1.05 [B] 1.59 [B] 7.16 [C] 1.11 [B] 0.86 [A]	1 1 4 3 3 3 3 4 3 4	R, S, V SR, S, V R, S, V R, P, M R, P, M SR, S, V R, P, V R, CM, M SR, S, V SR, S, SM	47.1	Moderate
TM007	UV1326	UV1327	51.1 [III]	19°5'8.412" N 95°51'33.371" W	1 2	0.16 [A] 0.32 [A]	1 3	SR, S, V SR, S, V	42.4	Moderate
TM018	UV0322	UV0321	80.0 [V]	19°5'2.220" N 95°51'29.628" W	1 3 4	0.01 [A] 2.36 [B] 1.62 [B]	1 3 2	F, S, SM SR, S, V R, S, V	0.1	Mild
TM024	UV0318	UV0319	50.0 [III]	19°4'30.396" N 95°51'13.100" W	1 5 6 7 8	1.31 [B] 4.39 [C] 5.38 [C] 0.70 [A] 0.73 [A]	3 3 4 4 5	SR, S, V R, P, M R, P, V SR, S, V SR, P, V	1.0	Mild
TM031	UV0658	UV0657	67.0 [IV]	19°4'36.264" N 95°51'26.676" W	1 2	0.48 [A] 0.32 [A]	1 1	R, S, V, U R, S, V	0.2	Mild

^aSize class of individuals, based on curved carapace length (CCL): I = 21.0–34.0 cm, II = 34.1–47.0 cm, III = 47.1–60.0 cm, IV = 60.1–73.0 cm, V = 73.1–86.0 cm, VI = 86.1–100.0 cm.
^bTumor size categories: A (<1 cm), B (1–4 cm), C (>4–10 cm), and D (>10 cm).
^cAnatomical regions of sea turtle where fibropapillomas were found: 1 = head and eyes; 2 = neck and shoulders; 3 = forelimbs and hind limbs; 4 = carapace and plastron; 5 = inguinal region, cloaca, and tail.
^dGross morphology: R = raised, SR = slightly raised, F = flat, S = sessile, P = pedunculated, CM = coalescing masses, V = verrucous, SM = smooth, M = mixed (verrucous and smooth), U = ulcerated.
^eFibropapillomatosis index (FPI) = $(0.1 \times N_A) + (1 \times N_B) + (20 \times N_C) + (40 \times N_D)$, where N is number of fibropapillomas and subscript uppercase letters are the tumor size categories.

neoplasms consistent with previous descriptions of fibropapillomas. Our results revealed 12.2% FP prevalence in green turtles captured in the Veracruz Reef System National Park during a year-long monitoring. This value is similar to those reported for other regions, such as the Turks and Caicos Islands during 2008–2010 (13%) (Stringell et al. 2015) and Puerto Manglar, Puerto Rico, during 1997–2010 (12%) (Patrício et al. 2011). However, more recent reports across different populations, including those in the Caribbean off Mexico (Labrada-Martagón et al. 2017), highlight a generally higher prevalence (e.g., 43.1% in southeast Brazil [Tagliolatto et al. 2016]). Thus, despite the fact that the Veracruz Reef System is increasingly being impacted by anthropogenic activities, the observed tumors were not severe, and the recorded prevalence was not high compared to recent data reported at other sites, for example Espirito Santo and São Paulo, Brazil, and the coast of Texas, USA (Rossi et al. 2019, Shaver et al. 2019).

During our year-long survey we did not encounter any dead or stranded turtle showing signs of FP. Severely affected green turtles show extensive tumor growth, are more vulnerable to infection than mildly affected turtles and can develop anemia, look emaciated, and be susceptible to stranding (Stacy et al. 2019). It is important to consider that depending on the location of the tumor, the severity can be underestimated. For example, tumors on the eyes or mouth, even if small in size, can impair vital functions such as vision, breathing, and feeding (Stacy et al. 2019). Of the 5 individuals reported in this study, 4 had tumors on their eyes and 3 had the highest number of tumors on the flippers, which may cause greater exposure to predators and may represent a potential impediment to foraging and adequate food intake for juvenile turtles (Jones et al. 2016, Reséndiz et al. 2019). In particular, survival might have been compromised in one of the captured individuals (TM002), since 9 of its 10 tumors were both verrucous and mixed, with 2 located on the eyes and 5 on the flippers. Verrucous and pedunculated tumors are less likely to show spontaneous regression, and euthanasia is suggested for cases similar to that of this turtle (i.e., with bilateral ocular tumors) (Page-Karjian et al. 2014).

All the individuals affected by FP-like lesions were juveniles, and the fact that average tumor size was inversely proportional to turtle size confirms that this age class can be more affected and potentially vulnerable to FP. Research on turtle immature life stages is limited (Wildermann et al. 2018). However, juveniles are key to maintaining stable green turtle populations (Hirth and Schaffer 1974), and monitoring their health and recording the occurrence of FP in the coming years is thus recommended.

In the Veracruz Reef System National Park more studies are needed on the direct effects of environmental pollution on marine vertebrates. Recent research in this area has evidenced the presence of bacterial infections affecting coral reefs, which are at the bottom of the food chain (García-Fuentes et al. 2014); the occurrence of harmful algal blooms,

se pudo observar proliferación moderada de fibroblastos y angiogénesis, así como células plasmáticas, heterófilos, algunos melanomacrófagos y cantidades variables de linfocitos (Fig. S1).

A pesar de tener una muestra de sólo 5 individuos, se pudo inferir una tendencia hacia una relación negativa entre el tamaño de la tortuga (LCC) y el tamaño promedio del tumor (correlación de Spearman, $r_s = -0.9$, $n = 5$, $P = 0.01$). En general, el grado de FP no fue severo, ya que fue moderado en 2 individuos (IFP = 42.4 y 47.1) y leve en los otros 3 (IFP ≤ 1.0) (Tabla 1).

DISCUSIÓN

Los cambios proliferativos observados en el tejido analizado indicaron que los tumores encontrados en este estudio fueron neoplasias benignas consistentes con descripciones previas de fibropapilomas. Nuestros resultados revelaron un 12.2% de prevalencia de la FP en tortugas verdes capturadas en el Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano durante un año de monitoreo. Este valor es similar a los reportados para otras regiones, como las islas Turcas y Caicos durante 2008–2010 (13%) (Stringell et al. 2015) y puerto Manglar, Puerto Rico, durante 1997–2010 (12%) (Patrício et al. 2011). Sin embargo, reportes más recientes para diferentes poblaciones, incluidas aquellas en la zona mexicana del Caribe (Labrada-Martagón et al. 2017), resaltan una prevalencia general mayor (i.e., 43.1% en el sudeste de Brasil [Tagliolatto et al. 2016]). Por lo tanto, a pesar del aumento en las actividades humanas y su correspondiente impacto en el Sistema Arrecifal Veracruzano, el grado de los tumores observados no fue severo y la prevalencia registrada no fue alta comparada con los datos recientes reportados para otros sitios, por ejemplo, Espirito Santo y São Paulo, Brasil, y la costa de Texas, EUA (Rossi et al. 2019, Shaver et al. 2019).

Durante el año de monitoreo no encontramos tortugas muertas o varadas que tuvieran signos de FP. Las tortugas verdes severamente afectadas que muestran tumores grandes y numerosos son más vulnerables a las infecciones que las tortugas levemente afectadas y pueden desarrollar anemia, padecer de emaciación y ser susceptibles a varamientos (Stacy et al. 2019). Es importante considerar que dependiendo de la localización del tumor, la severidad puede subestimarse. Por ejemplo, los tumores en los ojos o la boca, aun si son pequeños, pueden perjudicar funciones vitales como la visión, la respiración o la alimentación (Stacy et al. 2019). De los 5 individuos reportados en este estudio, 4 tuvieron tumores en los ojos y 3 presentaron una mayor cantidad de tumores en las extremidades, lo cual podría causar una mayor exposición a depredadores y podría representar un potencial impedimento al forrajeo y la ingestión de alimentos adecuados para las tortugas juveniles (Jones et al. 2016, Reséndiz et al. 2019). En particular, la supervivencia de uno de los individuos capturados (TM002) podría estar

related to increased ocean temperature, and nitrogen and phosphorus enrichment due to fertilizers (Aké-Castillo et al. 2014); and metal enrichment in the sediments supplied by rivers to coastal areas near the city of Veracruz (Celis-Hernández et al. 2013). The Park represents a dynamic system subject to environmental and anthropogenic pressures, which must be evaluated as possible stressors for marine turtles. A better understanding of FP has been listed within the 5 global research priorities for sea turtle conservation (Hamann et al. 2010). Thus, here we provide valuable information documenting for the first time the prevalence of FP in this area of the Gulf of Mexico that can serve as a baseline for future studies.

ACKNOWLEDGMENTS

Funding was provided by Administración Portuaria Integral de Veracruz (API-GI-CS-62601-054-16, API-GI-CS-62601-071-18). Thanks are due to the company Scubaver and Jorge E Morales-Mávil for providing field equipment, and to all the volunteers and field assistants, including Jazmín Cobos-Silva, Josué Mazaba-Lara, and M Lourdes Robledo-Catalina. The authors declare that there is no conflict of interest regarding the publication of this note.

REFERENCES

- Aguirre AA, Lutz PL. 2004. Marine turtles as sentinels of ecosystem health: Is fibropapillomatosis an indicator? *EcoHealth*. 1(3):275–283.
<https://doi.org/10.1007/s10393-004-0097-3>
- Aké-Castillo JA, Okolodkov YB, Rodríguez-Gómez CF, Campos-Bautista G. 2014. Florecimientos algales nocivos en Veracruz: especies y posibles causas (2002-2012). In: Botello AV, Rendón-von Osten J, Benítez JA, Gold-Bouchot G (eds.), *Golfo de México. Contaminación e Impacto Ambiental: Diagnóstico y Tendencias*. Campeche (Mexico): Universidad Autónoma de Campeche. p. 133–146.
- Balazs GH. 1999. Factors to consider in the tagging of sea turtles [Factores a considerar en el marcado de tortugas marinas]. In: Eckert KL, Bjorndal KA, Abreu-Grobois FA, Donnelly M (eds.), *Research and Management Techniques for the Conservation of Sea Turtles*. Washington DC: IUCN/SSC Marine Turtle Specialist Group. Publication No. 4.
- Bolten AB. 1999. Techniques for measuring sea turtles. In: Eckert KL, Bjorndal KA, Abreu-Grobois FA, Donnelly M (eds.), *Research and Management Techniques for the Conservation of Sea Turtles*. Washington DC: IUCN/SSC Marine Turtle Specialist Group. Publication No. 4.
- Celis-Hernández O, Rosales-Hoz L, Carranza-Edwards A. 2013. Heavy metal enrichment in surface sediments from the SW Gulf of Mexico. *Environ Monit Assess*. 185:8891–8907.
<https://doi.org/10.1007/s10661-013-3222-3>
- Chaloupka M, Balazs GH, Work TM. 2009. Rise and fall over 26 years of a marine epizootic in Hawaiian green sea turtles. *J Wildl Dis*. 45(4):1138–1142.
<https://doi.org/10.7589/0090-3558-45.4.1138>
- Duffy DJ, Martindale MQ. 2019. Perspectives on the expansion of human precision oncology and genomic approaches to sea turtle fibropapillomatosis. *Commun Biol*. 2:54.
<https://doi.org/10.1038/s42003-019-0301-1>

comprometida, dado que 9 de sus 10 tumores fueron verrugosos y mixtos, y 2 de estos se encontraron en los ojos y 5 en las aletas. Los tumores verrugosos y pedunculados son menos propensos a mostrar regresión espontánea, y se ha sugerido la eutanasia en casos similares al de esta tortuga (i.e., con tumores oculares bilaterales) (Page-Karjian et al. 2014).

Todos los individuos afectados por lesiones cutáneas fueron juveniles, y el hecho de que el tamaño promedio de los tumores fue inversamente proporcional al tamaño de la tortuga confirma que esta clase de talla puede ser la más afectada y potencialmente vulnerable a la FP. La investigación sobre las etapas inmaduras de las tortugas es limitada (Wildermann et al. 2018), pero los juveniles son clave para mantener las poblaciones de tortuga verde estables (Hirth y Schaffer 1974), por lo que es recomendable monitorear su salud y registrar la presencia de FP en los siguientes años.

Es necesario que se realicen más estudios en el Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano con el fin de que se analicen los efectos directos de la contaminación ambiental en los vertebrados marinos. La investigación reciente en esta área ha evidenciado la presencia de infecciones bacterianas que afectan a los arrecifes coralinos, los cuales son la base de la cadena trófica (García-Fuentes et al. 2014); la presencia de florecimientos algales nocivos, relacionados con el aumento de la temperatura del océano, y el enriquecimiento de nitrógeno y fósforo debido a los fertilizantes (Aké-Castillo et al. 2014); y el enriquecimiento de metales en los sedimentos provenientes de los ríos en las áreas costeras de la ciudad de Veracruz (Celis-Hernández et al. 2013). El parque representa un sistema dinámico sujeto a la presión ambiental y la presión antrópica, las cuales deben ser evaluadas como posibles estresores de las tortugas marinas. El entendimiento de la FP ha sido listado como una de las 5 prioridades globales para la conservación de las tortugas marinas (Hamann et al. 2010), por lo que estos resultados que documentan por primera vez la prevalencia de la FP en esta área del golfo de México pueden servir como línea base para estudios posteriores.

AGRADECIMIENTOS

El financiamiento fue provisto por la Administración Portuaria Integral de Veracruz (API-GI-CS-62601-054-16, API-GI-CS-62601-071-18). Se agradece a la empresa Scubaver y a Jorge E Morales-Mávil por haber provisto equipo y material de campo, además, a todos los voluntarios y asistentes en campo, incluidos Jazmín Cobos-Silva, Josué Mazaba-Lara y M Lourdes Robledo-Catalina. Los autores declaran que no existe ningún conflicto de interés acerca de la publicación de esta nota.

- García-Fuentes JL, Galaviz-Villa I, Lango-Reynoso F, Castañeda-Chávez MR. 2014. Pathogenic bacteria in corals from Veracruz Reef System National Park. *Int J Mod Eng Res.* 4(5):29–36.
- Greenblatt RJ, Work TM, Balazs GH, Sutton CA, Casey RN, Casey JW. 2004. The *Ozobranchus* leech is a candidate mechanical vector for the fibropapilloma-associated turtle herpesvirus found latently infecting skin tumors on Hawaiian green turtles (*Chelonia mydas*). *Virology.* 321(1):101–110. <https://doi.org/10.1016/j.virol.2003.12.026>
- Guimarães SM, Gitirana HM, Wanderley AV, Monteiro-Neto C, Lobo-Hajdu G. 2013. Evidence of regression of fibropapillomas in juvenile green turtles *Chelonia mydas* caught in Niterói, southeast Brazil. *Dis Aquat Organ.* 102(3):243–247. <https://doi.org/10.3354/dao02542>
- Hamann M, Godfrey MH, Seminoff JA, Arthur K, Barata PCR, Bjørndal KA, Bolten AB, Broderick AC, Campbell LM, Carreras C, et al. 2010. Global research priorities for sea turtles: informing management and conservation in the 21st century. *Endanger Species Res.* 11(3):245–269. <https://doi.org/10.3354/esr00279>
- Hammer Ø, Harper DAT, Ryan PD. 2001. PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. *Palaeontol Electron.* 4(1):1–9.
- Hargrove S, Work T, Brunson S, Foley AM, Balazs G. 2016. Proceedings of the 2015 International Summit on Fibropapillomatosis: Global Status, Trends, and Population Impacts. NOAA Tech Memo. Honolulu (HI): US Dep Commer, Pacific Islands Fisheries Science Center. NOAA Technical Memorandum NOAA-TM-NMFS-PIFSC-54. <http://dx.doi.org/10.7289/V5/TM-PIFSC-54>
- Hirth HF, Schaffer WM. 1974. Survival rate of the green turtle, *Chelonia mydas*, necessary to maintain stable populations. *Copeia.* 1974(2):544–546. <https://doi.org/10.2307/1442553>
- Jones K, Ariel E, Burgess G, Read M. 2016. A review of fibropapillomatosis in green turtles (*Chelonia mydas*). *Vet J.* 212:48–57. <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2015.10.041>
- Jordán-Dahlgren E, Rodríguez-Martínez RE. 2003. The Atlantic coral reefs of Mexico. In: Cortés J. (ed.), *Latin American Coral Reefs.* Amsterdam (Netherlands): Elsevier Science. p. 131–158.
- Labrada-Martagón V, Muñoz-Tenería FA, Zenteno-Savín T. 2017. Oxidative stress and hematological parameters in green turtle *Chelonia mydas* afflicted with fibropapilloma in Mexican Caribbean. In: Zavala JL, Villafañá J, Espinoza FM (eds.), *Capítulos Temáticos de Biología, Química y Agronomía. Ciencia e innovación para la salud.* Mexico: Universidad Autónoma de Guadalajara. p. 421–429.
- Liaño-Carrera F, Camarena-Luhrs T, Gómez-Barrero A, Martos-Fernández FJ, Ramírez-Macias JI, Salas-Monreal D. 2019. New coral reef structures in a tropical coral reef system. *Lat Am J Aquat Res.* 47(2):270–281. <http://dx.doi.org/10.3856/vol47-issue2-fulltext-7>
- Limpus CJ. 1978. The reef: uncertain land of plenty. In: Lavery HJ (ed.), *Exploration North: A Natural History of Queensland.* Sydney (Australia): Lloyd O'Neill Pty Ltd. p. 187–222.
- Ortiz-Lozano L. 2012. Identification of priority conservation actions in marine protected areas: Using a causal networks approach. *Ocean Coast Manage.* 55:74–83. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2011.10.013>
- Page-Karjian A. 2019. Fibropapillomatosis virus in marine turtles. In: Miller RE, Lamberski N, Calle P (eds.), *Fowler's Zoo and Wild Animal Medicine.* Vol. 9. St. Louis (MO): ELSEVIER. p. 398–402.
- Page-Karjian A, Norton TM, Krimer P, Groner M, Nelson SE, Gottdenker NL. 2014. Factors influencing survivorship of rehabilitating green sea turtles (*Chelonia mydas*) with fibropapillomatosis. *J Zoo Wildl Med.* 45(3):507–519. <https://doi.org/10.1638/2013-0132R1.1>
- Patrício AR, Velez-Zuazo X, Diez CE, Van Dam R, Sabat AM. 2011. Survival probability of immature green turtles in two foraging grounds at Culebra, Puerto Rico. *Mar Ecol Prog Ser.* 440:217–227. <https://doi.org/10.3354/meps09337>
- Reséndiz E, Fernández-Sanz H, Barrientos-Torres DS, Vega-Bravo JA, Lara-Uc MM. 2019. Gross examination and histopathology of fibropapillomas in *Chelonia mydas* and *Lepidochelys olivacea* from Baja California Sur, Mexico. *J Histol Histopathol.* 6:1. <https://doi.org/10.7243/2055-091X-6-1>
- Reséndiz E, Flores-Ramírez S, Koch V, Cordero-Tapia A. 2016. First record of fibropapillomatosis in a green turtle *Chelonia mydas* from the Baja California Peninsula. *J Aquat Anim Health.* 28(4):252–257. <https://doi.org/10.1080/08997659.2016.1223207>
- Rodenbusch CR, Baptistotte C, Werneck MR, Pires TT, Melo MTD, de Ataíde MW, dos Reis KDHL, Testa P, Alieve MM, Canal CW. 2014. Fibropapillomatosis in green turtles *Chelonia mydas* in Brazil: characteristics of tumors and virus. *Dis Aquat Org.* 111(3):207–217. <https://doi.org/10.3354/dao02782>
- Rossi S, Sánchez-Sarmiento AM, Guimarães-dos Santos R, Zamana RR, Setiem-Prioste FE, Gattamorta MA, Cruz-Ochoa PF, Grisi-Filho JHH, Matushima ER. 2019. Monitoring green sea turtles in Brazilian feeding areas: relating body condition index to fibropapillomatosis prevalence. *J Mar Biol Assoc UK* 99(8):1879–1887. <https://doi.org/10.1017/S0025315419000730>
- Rossi S, Sánchez-Sarmiento AM, Thijl-Vanstreels RE, Guimarães-dos Santos R, Setiem-Prioste FE, Gattamorta MA, Grisi-Filho JHH, Reiko-Matushima E. 2016. Challenges in evaluating the severity of fibropapillomatosis: A proposal for objective index and score system for green sea turtles (*Chelonia mydas*) in Brazil. *PLOS ONE.* 11(12):e0167632. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0167632>
- Santos MRD, Dias-Ferreira P Jr., Cardoso-Nóbrega Y, Merçon J, Miura-Pereira T, Carvalho-Gomes L. 2017. Stress response of juvenile green sea turtles (*Chelonia mydas*) with different fibropapillomatosis scores. *J Wildl Dis.* 53(3):653–656. <https://doi.org/10.7589/2016-08-192>
- Santos RG, Martins AS, Torezani E, Baptistotte C, da Nóbrega-Farias J, Horta PA, Work TM, Balazs GH. 2010. Relationship between fibropapillomatosis and environmental quality: a case study with *Chelonia mydas* off Brazil. *Dis Aquat Org.* 89:87–95. <https://doi.org/10.3354/dao02178>
- Shaver DJ, Walker JS, Backof TF. 2019. Fibropapillomatosis prevalence and distribution in green turtles *Chelonia mydas* in Texas (USA). *Dis Aquat Org.* 136(2):175–182. <https://doi.org/10.3354/dao03403>
- Stacy BA, Foley AM, Work TM, Lauritsen AM, Schroeder BA, Hargrove SK, Keene JL. 2019. Report of the Technical Expert Workshop: Developing Recommendations for Field Response, Captive Management, and Rehabilitation of Sea Turtles with Fibropapillomatosis. St. Petersburg (FL): US Dep Commer, National Marine Fisheries Service. NOAA Technical Memorandum NMFS-OPR-60. 56 p.
- Stringell TB, Clerveaux WV, Godley BJ, Phillips Q, Ranger S, Richardson PB, Sanghera A, Broderick AC. 2015. Fisher choice may increase prevalence of green turtle fibropapillomatosis

- disease. *Front Mar Sci.* 2:57.
<https://doi.org/10.3389/fmars.2015.00057>
- Tagliolatto AB, Guimarães SM, Lobo-Hajdu G, Monteiro-Neto C. 2016. Characterization of fibropapillomatosis in green turtles *Chelonia mydas* (Cheloniidae) captured in a foraging area in southeastern Brazil. *Dis Aquat Org.* 121(3):233–240.
<https://doi.org/10.3354/dao03020>
- Torezani E, Baptistotte C, Mendes SL, Barata PCR. 2010. Juvenile green turtles (*Chelonia mydas*) in the effluent discharge channel of a steel plant, Espírito Santo, Brazil, 2000–2006. *J Mar Biol Assoc UK.* 90(2):233–246.
<https://doi.org/10.1017/S0025315409990579>
- Trigo-Tavera FJ, Valero-Elizondo G. 2004. *Patología General Veterinaria*. 4th ed. Mexico City: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Van Houtan KS, Hargrove SK, Balazs GH. 2010. Land use, macroalgae, and a tumor-forming disease in marine turtles. *PLOS ONE.* 5(9):e12900.
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0012900>
- Wildermann NE, Gredzens C, Avens L, Barrios-Garrido HA, Bell I, Blumenthal J, Bolten AB, Braun-McNeill J, Casale P, Di-Domenico M, et al. 2018. Informing research priorities for immature sea turtles through expert elicitation. *Endanger Species Res.* 37:55–76.
<https://doi.org/10.3354/esr00916>
- Work TM, Balazs GH. 1999. Relating tumor score to hematology in green turtles with fibropapillomatosis in Hawaii. *J Wildl Dis.* 35(4):804–807.
<https://doi.org/10.7589/0090-3558-35.4.804>
- Work TM, Balazs GH, Summers TM, Hapdei JR, Tagarino AP. 2015. Causes of mortality in green turtles from Hawaii and the insular Pacific exclusive of fibropapillomatosis. *Dis Aquat Org.* 115(2):103–110.
<https://doi.org/10.3354/dao02890>

*Received August 2019,
accepted March 2020.*

SUPPLEMENTARY MATERIAL

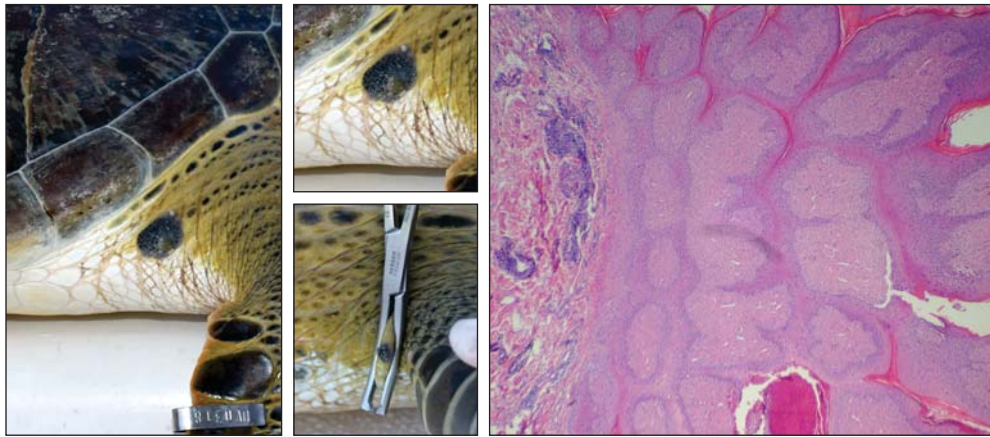


Figure S1. Macroscopic and microscopic characteristics of a tumor on one of the green turtles (*Chelonia mydas*) captured in the Veracruz Reef System National Park. The tumor is firm in consistency and grey in color, with multiple exophytic papillary growths. The histological cross section shows moderate hyperkeratosis, epidermal hyperplasia with papillary projections, and moderate fibroblast proliferation in the dermis.

Figura S1. Características macroscópicas y microscópicas del tumor de uno de los ejemplares de tortuga verde (*Chelonia mydas*) capturados en el Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano. El tumor es firme en su consistencia y de color gris, con múltiples crecimientos papilares exofíticos. El corte histológico muestra hiperqueratosis moderada, hiperplasia epidérmica con proyecciones papilares y proliferación moderada de fibroblastos en la dermis.