



**Universidad Nacional Autónoma  
de México  
Facultad de Estudios Superiores Iztacala**

**“Aspectos demográficos, de estado y  
comportamiento reproductivo de la tortuga  
*Chelonia mydas* en los campamentos de  
anidación de playa Lechuguillas del municipio  
de Vega de Alatorre, Veracruz del periodo 2006  
al 2016”**

Que para obtener el título de Licenciado en Biología

P R E S E N T A

Javier Ruíz Gómez

Asesor: Dr. José Luis Gamma Flores.



Los Reyes Iztacala Edo. De México 2019



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## **Agradecimientos**

El presente trabajo es el resultado del esfuerzo y la cooperación de guarda parques, estudiantes y personal de la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas que desde hace 25 años han trabajado con la finalidad de resguardar a las poblaciones de tortugas marinas que tienen su hábitat en nuestro país, es el esfuerzo y compromiso de todas estas personas, que han participado a lo largo de los años, a ellos es a quién quienes debo agradecer sinceramente su labor y dedicación a la preservación de los organismos más emblemáticos de la fauna marina del golfo de México.

Especialmente agradezco a la Lic. En Biología Rosa Ciria Martínez Portugal su trabajo como directora del programa de campamentos tortugueros del Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano, y por toda la ayuda y conocimiento que me ha brindado, sin su apoyo este proyecto no habría sido posible, así mismo agradezco al Lic. Tomas Camarena Luhrs por facilitar los permisos para acceder a las bases de datos del parque.

Así mismo, deseo personalmente, expresar mi gratitud hacia cuatro personas que han estado conmigo desde el principio impulsando a que este trabajo se llevara a buen término: mi padre, Javier Ruiz, por haberme educado e impulsado a prepararme profesionalmente, a Sandra mi esposa por motivarme a no abandonar esta meta y llenarme de consejos y ánimo; Al Dr. Gama por rescatar esta tesis del olvido y a mi querido amigo Momo Balam, a ustedes dedico esta obra.

# INDICE

## INTRODUCCIÓN

### MARCO TEÓRICO

**Caracterizaciones del comportamiento biológico de poblaciones de especies de interés para su preservación.** PP 6

**Aspectos Biológicos de *Chelonia mydas*.** PP 7

**Taxonomía**

**Morfología**

**Fisiología**

**Sistema Digestivo**

**Alimentación**

**Distribución Geográfica**

**Selección del Hábitat y Biología de la Reproducción**

**Funciones Ecológicas** PP 15

**Unidades de Conservación de Especies de Interés** PP 16

**Estatus de Conservación y factores de Riesgo de *C. mydas*.** PP 19

**ANTECEDENTES** PP 22

**JUSTIFICACIÓN** PP 23

**OBJETIVOS** PP 24

**PREGUNTA DE TRABAJO** PP 24

**MATERIAL Y METODOS** PP 25

**RESULTADOS** PP 30

**DISCUSIÓN** PP 41

**REFERENCIAS** PP 55

## Resumen

En costas mexicanas del Atlántico y el Pacífico, se ubican algunos de los sitios de mayor importancia para la alimentación, copulación, desove y reclutamiento de algunas de las especies siete especies marinas que existen; una de ellas es la tortuga verde *Chelonia mydas*. Esta especie, para su anidación se distribuye alrededor del 30 % en el estado de Veracruz. Actualmente, la especie se encuentra catalogada como especie en peligro de extinción por el libro rojo y por la NOM-056-SEMARNAP -2010, por esta razón la población está protegida mediante programas nacionales de conservación. La Conservación de una especie en dicho estatus suele requerir estudiar sitios en donde se ubiquen fragmentos poblacionales o “unidades demográficas” en sitios donde se pueda salvaguardar la diversidad genética de la especie. En los campamentos tortugueros del PNSAV se han monitoreado y registrado aspectos demográficos de *C. mydas* desde 1994 para su protección, recuperación y conservación de estas unidades poblacionales demográficas. Para evaluar el comportamiento de rasgos de vida y estrategias reproductivas, de sobrevivencia, reclutamiento y factores de riesgo de la tortuga verde durante el periodo de su arribazón 2006-2016, en las Playas de Lechuguillas, Vega de Alatorre, Ver., mediante el registro de la información compilada en la base de datos del sistema.

Los datos indican que, al llegar al sitio, *Chelonia mydas* suele arribar con una población de aproximadamente 300 hembras reproductoras por temporada. Habitualmente, para desovar reconoce y prefiere áreas de las playas con menor probabilidad de inundación. El tamaño o edad de las hembras indica que son individuos adultos maduros jóvenes y de edad similar entre ellas. Tanto la sobrevivencia como el reclutamiento alcanzan alrededor del 70 %. Los factores de riesgo disminuyen en promedio, hasta casi un tercio la cantidad de huevos ovipositada por año y afectan según se trate del adulto, o el desarrollo de la cría. Para la hembra adulta la mayor amenaza parece ser la antrópico (incluido las alteraciones del hábitat) mientras que para las crías y el reclutamiento o los huevos (su embriogenia) la mayor vulnerabilidad se asocia con factores naturales como los fenómenos meteorológicos durante las temporadas de huracanes y las alteraciones

del hábitat; y en menor medida, aunque de forma constante a factores antropogénicos como el saqueo y la depredación por parte de fauna doméstica (canidos). Finalmente, en el sitio, la población de la tortuga verde sufre cambios demográficos muy pronunciados en formas cíclicas de dos-tres años, aunque parece experimentar una tasa de crecimiento modesta durante este periodo de estudio.

**Aspectos demográficos, de estado y comportamiento reproductivo de la tortuga *Chelonia mydas* en los campamentos de anidación de playa Lechuguillas el municipio de Vega de Alatorre, Veracruz del periodo 2006 al 2016.**

**Marco Teórico.**

**Caracterizaciones del comportamiento biológico de poblaciones de especies de interés para su preservación.**

En costas mexicanas (del Atlántico y el Pacífico), se ubican los sitios de mayor importancia para la anidación, alimentación, copulación, y desove de algunas especies de las siete especies de tortugas marinas (Chacón, 2008). De ellas, la tortuga verde *Chelonia mydas* es la más común y de más amplia distribución, encontrándose en mares tropicales y subtropicales alrededor del mundo. En estos sitios, *C. mydas* se distribuye entre el 22-40 % de costas veracruzanas (Bravo-Gamboa y Martínez-Portugal, 2006; Zurita y Prado, 2007); en Yucatán y Quintana Roo exhibe una amplísima distribución donde se vigila y protege la anidación de la especie desde el 52-65 %. Para la vertiente de las costas del Pacífico, la tortuga verde anida en con mayor frecuencia en Michoacán, y con menor frecuencia en Guerrero, Jalisco y Oaxaca (Márquez, 1990; Zurita et al., 1993).

Para recabar información biológica sobre las especies de tortugas en peligro, se han definido como playas índice (o unidades demográficas) aquellas que además de haber tenido seguimiento a lo largo del tiempo, garantizan una continuidad en el monitoreo y generan información de largo plazo con la cual se puede evaluar la tendencia genética estructural y evolutiva de las poblaciones (Green 2005). En Michoacán se llevan a cabo acciones para la recuperación de *C. mydas* desde 1978. Actualmente existen 23 campamentos tortugeros en la costa, de los cuales siete protegen nidadas de la especie (Márquez 1990). Mientras que para el golfo de México, se localizan en Arrecife Alacranes, Cayo Arcas, Campeche-Yucatán y Tamaulipas-Veracruz (Millán-Aguilar, 2009).

**.- Aspectos Bioecológicos de la Tortuga Verde *Chelonia mydas*.**

**a).- Taxonomía.**

La Tortuga verde es la especie de mayor tamaño dentro de la familia Cheloniidae. El nombre común de la especie deriva del color verde de su grasa corporal.

a).- Clasificación taxonómica

REINO: Animalia

FILO: Chordata

CLASE: Sauropsida

ORDEN: Testudines

SUBORDEN: Cryptodira

SUPERFAMILIA: Chelonioidea

FAMILIA: Cheloniidae

GÉNERO: *Chelonia*

ESPECIE: *C. mydas* (Linnaeus, 1758).

b).- Morfología

La morfología de los quelonios parte del modelo anatómico corporal de los reptiles. Su cuerpo está ligeramente aplanado dorso ventralmente con un par de apéndices, suelen poseer ojos complejos y pueden percibir los colores, tienen oídos simples con tímpano externo y un hueso único que conduce el sonido al oído interno; su simetría es bilateral y sus extremidades son grandes y proyectadas hacia abajo, lo que les permite caminar, correr, excavar, nadar o trepar. Además, a diferencia de la mayoría de los reptiles, las patas de las tortugas están más por debajo del cuerpo que en la mayoría de los reptiles. Poseen un caparazón formado por dos partes; la dorsal se llama caparazón y la parte ventral plastrón, ambas piezas son un conjunto de placas córneas fusionadas al esqueleto y unidos uno al otro por medio de los puentes, que se encuentran en los costados del animal. Esta concha se forma con



el crecimiento de placas óseas de origen dérmico que se fusionan dorsalmente a las costillas y a las vértebras, formando una dura bóveda. Esta, se continúa lateralmente en el plastrón, que en las tortugas terrestres está totalmente soldado al caparazón y en las marinas se encuentra articulado en los puentes por medio de tejido conectivo cartilaginoso, mismo que le permite cierta distensión en dirección vertical, facilitando los movimientos de la respiración.

Esta coraza tiene dos aberturas, una en la parte anterior, por donde salen la cabeza y los miembros anteriores, y otra posterior hacia abajo, por donde salen la cola y los miembros posteriores. Poseen un cráneo de tipo anápsido, cubierto de escamas córneas. La boca carece de dientes en las mandíbulas, los cuales son sustituidos por una vaina córnea y aserrada, que se asemeja al pico de aves, llamada ramphoteca o tomium. El cráneo además carece de forámenes temporales y se articula al cuello mediante vertebras opistocélicas que confieren su característica capacidad de retracción hacia el caparazón. Ya que el cuerpo se encuentra encapsulado y fusionado al caparazón, los huesos de las cinturas pectoral y pélvica donde se articulan las extremidades quedan dentro de la bóveda ósea, por lo que las clavículas están fusionadas al plastrón, el cual consiste de nueve placas óseas y típicamente tienen 12 o 13 escudos. Los huesos que forman las cinturas pectoral y pélvica adquieren una morfología aplanada, esta configuración permite la retracción de los miembros hacia el interior del caparazón.

Los miembros (patas) de los quelonios presentan adaptaciones evolutivas en función del hábitat del organismo. En las terrestres presentan formas columnares, con cinco dedos y uñas cortas. En las palustres y fluviales son iguales pero con membranas interdigitales y garras curvadas; y en las marinas las patas tienen forma de remos, con los dedos unidos y muy largos y solamente con una o dos uñas vestigiales. La cola, presenta dimorfismo sexual ya que en la edad adulta es corta en las hembras y larga y prensil en los machos, su forma es la de un apéndice cónico con una sola abertura cloacal en su base ventral.

### c).- **Fisiología**

El sistema circulatorio es vascularizado y cerrado, por el circula tejido sanguíneo con eritrocitos nucleados que componen del 20 al 30% del volumen sanguíneo total y cargan casi la misma cantidad de hemoglobina que los mamíferos. Las principales arterias llamadas arcos aórticos salen del corazón por la parte superior hacia la región frontal-dorsal, el arco derecho vasculariza las extremidades, la cabeza y el cuello mientras que el arco izquierdo tiene solo ramas e irriga las vísceras; el arco pulmonar es el que se conecta directamente con el sistema respiratorio.

El corazón cuenta con cuatro cámaras, aunque el septum inter-ventricular está incompleto, por lo que se le considera un corazón de tres cavidades, dos aurículas y un ventrículo en los que en el ventrículo único se presenta una mezcla parcial de sangre venosa y arterial. La oxigenación de la sangre se realiza mediante respiración pulmonar neumática, y los pulmones se encuentran adheridos al caparazón por la cara interna de la sección dorsal, lo que condiciona al organismo a mantenerse constantemente con el vientre hacia el suelo, ya que de estar en posición invertida durante largos periodos de tiempo, el peso de los órganos internos comprime los pulmones causando asfixia. En las tortugas marinas el plastrón tiene cierta flexibilidad en la línea media y en los puentes, debido a la presencia de tejido conectivo cartilaginoso, y hace las veces de diafragma al facilitar el movimiento respiratorio, aunque fuera del agua presentan inhalación pasiva, por la acción del vacío que ejerce la gravedad sobre los pulmones, el peso de las vísceras y cierto movimiento de los músculos, y dentro del agua usan el mecanismo de exhalación pasiva, debido a la presión hidráulica transmitida a los pulmones por las partes blandas dentro de la concha.

### d).- **Sistema digestivo**

La lengua de los quelonios es suave, simple y no protráctil, un dato relevante de dicho es que parece no tener mucha participación en el proceso de alimentación. El esófago es un tubo de transmisión que va desde la faringe hasta el estómago y está revestido de papilas córneas. El alimento viaja a través de esta estructura ya sea completo o en grandes porciones. El estómago es una estructura en forma de saco

que cuenta con pliegues longitudinales en la mucosa gástrica. El pequeño intestino es similar en todas las especies de quelonios, consistiendo en pliegues longitudinales organizados en forma de espiga que impiden el retorno del bolo alimenticio.

La piel de las tortugas es suave, en su mayoría lisa y dividida solo por ranuras superficiales. Hay presencia de escamas en las patas y en una menor proporción en la cola y la cabeza. Otro dato relevante en la anatomía de las tortugas es el hecho de que muchas especies tienen un escudo bien formado en la superficie dorsal de la cabeza, el cual es visible y texturizado. Existen apéndices integumentarios que son proyecciones de la superficie corporal que funcionan como mecano receptores. Presentan tres tipos de apéndices en la piel: tubérculos, barbillas y fimbrias. Cada uno consiste de epidermis junto con vasos sanguíneos y terminales nerviosas, aunque carecen de componentes glandulares, esqueléticos o musculares.

Siendo organismos ectotérmicos (necesitan el calor de su medio circundante como energía para poder llevar a cabo actividades diarias básicas), los quelonios presentan problemas para retener el calor metabólico. Esto se debe a que tienen una superficie de aislamiento muy pobre, es decir, una piel muy delgada, particularmente los más pequeños; en muchos casos se necesita una regulación térmica a través de ritmos exógenos, como es la permanencia por periodos más o menos prolongados en lugares soleados (heliotermia). En el caso de las tortugas marinas, aunque llegan a tener gran tamaño, es muy relativa la termorregulación, debido a la influencia del medio que las rodea, ya que el agua es mejor conductor térmico que el aire y esto las obliga a permanecer la mayor parte del tiempo en zonas preferentemente templadas o tropicales, siempre por encima de los 20°C. Lo que más afecta a las tortugas es un cambio repentino hacia bajas temperaturas un cambio drástico de 15 o 20 °C de temperatura ambiente hasta 5 o 6 °C, y resulta fatal cuando permanecen a bajas temperaturas por periodos relativamente prolongados. Solo la tortuga laúd es la excepción pues no le afectan estas bajas temperaturas, ya que su gruesa piel y su mecanismo termorregulador le permite mantener su cuerpo hasta más de 15 °C por encima de las temperaturas mínimas

antes mencionadas, lo que les faculta para soportar con mayor eficiencia las variaciones climáticas. Por el contrario, temperaturas mayores a los 35 °C provocan problemas a todas las especies de tortugas marinas, causándoles lasitud y ninguna de ellas llega a tolerar periodos prolongados por encima de los 40 C sin verse afectada fisiológicamente e incluso pueden llegar a la muerte.

#### e).- **Alimentación.**

Tras su nacimiento, las crías de tortuga verde presentan un peso corporal medio aproximado de 25 g, y una longitud recta del caparazón (LRC) de alrededor de 50 mm. Desde su eclosión hasta su vida adulta, las tortugas marinas experimentan cambios ontogénicos en el uso de hábitats que comprenden playas de anidación, corredores migratorios, hábitats en donde se desarrollan los juveniles, y zonas de alimentación utilizadas por los adultos (Seminoff et al., 2002).

Los diversos estudios sobre hábitos alimenticios de la tortuga verde señalan que, *C mydas* se caracteriza por presentar cambios ontogenéticos de hábitat, en la composición específica de la dieta durante su desarrollo además de diferencias temporales y geográficas en el nivel trófico de las tortugas (Mortimer, 1995; López-Mendilaharsu et al., 2005:). El cambio ontogénico está asociado con la dieta, en donde los recién nacidos hasta tallas juveniles son carnívoros y los adultos son principalmente herbívoros, alimentándose de pastos marinos (*Thalassia testudinum*, *Halodule* sp., *Syringodium* sp.), algas bentónicas, fanerógamas y esponjas, aunque también podrían consumir, en menor proporción, briozoos, crustáceos, moluscos y erizos de mar (Amorocho y Reina 2007; Amaya-Espinel y Zapata 2014; Arthur et al., 2008).

Tras su eclosión, se sabe que las crías se dirigen a un ambiente pelágico de mar abierto, y se desplazan activamente con las corrientes del mar alimentándose de residuos de vitelo del desarrollo embrionario (Wyneken 2001; Hirth, 1997), y complementándolo de organismos zooplactónicos como medusas, moluscos y huevos dispersos de varias especies (Bjorndal, 1997). Permanecen ahí y se

dispersan en océano abierto con una dieta omnívora y alcanzan el estado juvenil, y en una escala trófica superior que los adultos y juveniles inmaduros de mayor tamaño (Arthur et al., 2008).

Tras 3-5 años de vida pelágica, los individuos juveniles tienen un tamaño aproximado de 20-40 cm de longitud curva del caparazón (Balazs, 1994; Musick y Limpus, 1997), ocurre un cambio de ambiente y se desplazan a hábitats neríticos (ambiente marino costero, con profundidades menores a los 200 m, aunque también pueden encontrarse en arrecifes coralinos y fondos rocosos) y se aproximan a sus zonas de nacimiento y se establecen como residentes en zonas de alimentación favorables, con una alta disponibilidad de recursos (Monzón-Argüello et al., 2010). Cabe destacar que en esta especie, se ha observado una etapa de transición omnívora durante el crecimiento antes de trasladarse completamente hacia (o dentro de) los sitios de alimentación costeros, con organismos juveniles alimentándose de algunas especies de invertebrados, además de pastos o algas (Hirth, 1997; Bjorndal, 1997; Godley et al., 1998). Ya en ambiente nerítico, las tortugas verdes modifican su dieta y adquieren una flora intestinal capaz de digerir nutrientes vegetales, como la celulosa, que los faculta hacia hábitos herbívoros bentónicos (Wyneken, 2001). Al igual que ocurre en otras especies, a medida que los juveniles se van desarrollando inician migraciones para aproximarse a sus áreas de nacimiento, bajo un comportamiento denominado '*natal homing*'. Generalmente, los juveniles se hacen residentes de las zonas de alimentación y permanecen ahí por varios años hasta que alcanzan la madurez sexual, con una talla promedio de aproximadamente 100 cm de caparazón (Monzón-Argüello et al., 2010; Bolker et al. 2007). Como adulto, la tortuga verde puede llegar a pesar entre 80 -150 kg, y se alimenta principalmente de algas y fanerógamas marinas de ecosistemas litorales, y en ocasiones de medusas, esponjas, moluscos, peces, crustáceos y anélidos (Bjorndal, 1997), llegando a ser las presas animales un componente importante de su dieta en algunas de las fases de su ciclo de vida (Cardona et al., 2010). Por otro lado, los hábitats de alimentación de los juveniles neríticos no suelen coincidir con los de los adultos reproductores. Los adultos se dispersan de las zonas de forrajeo neríticas hacia corredores oceánicos para el apareamiento.

f).- Distribución geográfica.

La tortuga verde es una especie de distribución global en aguas tropicales y en menor medida en aguas subtropicales (Groombridge y Luxmoore, 1989). Sus principales áreas de puesta se concentran en playas de latitudes tropicales. Al igual que otras especies de tortugas marinas, la tortuga verde es altamente migratoria, pudiendo realizar complejas migraciones entre hábitats ampliamente separados. La anidación ocurre en más de 80 países alrededor de todo el mundo con unas 150 colonias de puesta, aunque sólo 12 tienen más de 2.000 hembras nidificantes al año (Hirth, 1997; Seminoff, 2004). En México, la Tortuga Verde anida con mucha frecuencia en las playas de los estados de Tamaulipas, Veracruz, Campeche, Yucatán y Quintana Roo (Márquez, 1990).

g). **Selección del Hábitat y Biología de la Reproducción.**

La tortuga verde ocupa tres tipos de hábitats en las diferentes fases de su ciclo de vida: playas de nidificación, zonas de convergencia en hábitats pelágicos, y zonas de alimentación bentónicas en aguas poco profundas. La selección del hábitat es un aspecto fundamental relacionado con el éxito de eclosión del neonato en los nidos. Las hembras consideran diferentes factores (ecológicos, biológicos, químicos y físicos) con los cuales podrían aumentar el éxito de eclosión y la sobrevivencia de las crías.

La tortuga verde suele elegir playas, con un conjunto de características como la cantidad de oxígeno que fluye entre el sustrato, la salinidad que alcanza el suelo, la humedad relativa del sustrato, la temperatura, el tipo y densidad de la arena, la cantidad de iluminación en la localidad, la pendiente y la extensión de la playa. Pueden ser playas de tamaño variable, pudiendo ser desde playas con oleaje muy fuerte, pudiendo ser incluso playas abiertas a pequeñas escalas. También considera en su elección la topografía submarina frente a la costa, la pendiente, la textura de la arena y la presencia de zona de vegetación accesible aunque la importancia de éstas y otras características varían según el área de puesta

(Mortimer, 1995). Bjorndal y Bolten (1992) señalan que la textura y condiciones de la arena pueden variar radicalmente con los cambios ambientales. Esta selección es tan relevante en la preservación del nido que la pérdida de nidadas por inundación o la erosión de las playas altera severamente la eclosión de las crías (Zurita y Miranda 1993; Bolongaro et al. 2010), son factores que diezman la condición actual de las tortugas marinas.

La edad y el tamaño de la primera reproducción pueden variar entre las distintas poblaciones y localizaciones geográficas, pudiendo estar influenciado tanto por la tasa de crecimiento como por la dieta. Existe variación geográfica de la edad de madurez sexual, que varía entre 19-30 años (Heppell et al. 1999), siendo la maduración de esta especie la más tardía de las tortugas marinas. Las hembras migran desde áreas de alimentación a sus playas natales (Meylan *et al.*, 1992) y presentan un alto grado de fidelidad al sitio de anidación o filopatría (Miller, 1997). El apareamiento ocurre en la ruta hacia las playas de anidación (Meylan *et al.*, 1992). Los adultos reproductores realizan migraciones intermitentes desde las áreas de alimentación a las playas de anidación para la reproducción cada 2 ó 3 años, donde realizan varias puestas con un intervalo aproximado de dos semanas entre posturas (Bowen y Karl, 2007; Nathan et al., 2008). La tortuga verde, parece tener gran fidelidad no solo por las playas, sino también por el sector específico de anidación dentro de las mismas. Pueden re-anidar de dos hasta cinco veces por estación. En cada nido suelen poner 110-130 huevos, con un diámetro de 40-46 mm (Márquez 1990). En el Caribe mexicano, la tortuga verde extiende la anidación desde el verano y parte de otoño. Las poblaciones de *C. mydas* se caracterizan por presentar grandes fluctuaciones anuales en el número de hembras nidificantes respecto a otras especies (Broderick et al. 2001). Durante los periodos entre puestas, las hembras permanecen en reposo a una profundidad constante (máximo alrededor de 18-20 m) durante intervalos de tiempo prolongados. De esta forma, las tortugas tienen un consumo mínimo de oxígeno, y conservan energía que les servirá para mejorar su rendimiento reproductivo (Hays et al. 2000).

## **Funciones Ecológicas.**

Como otras tortugas marinas, *C. mydas* juega un papel muy importante en el equilibrio del ecosistema marino. Pertenece a una comunidad que se mueve con diferente nicho ecológico según su etapa de desarrollo; carnívoro, herbívoro e incluso omnívoro dentro de los primeros eslabones de la trama trófica marina. Algunas especies son consumidores primarios, mientras otras se encuentran en niveles tróficos superiores. Son a su vez consumidas por depredadores superiores en la cúspide de la cadena alimenticia. Realizan un papel importante en el mantenimiento de los ecosistemas costeros, en el transporte de nutrientes entre el ambiente pelágico y costero, y controlan poblaciones de invertebrados marinos, incluidas las medusas, las cuales a su vez controlan poblaciones de larvas de peces, en eventos que repercuten también en la estabilidad ecológica fitoplanctónica regulando la aparición de rojas y brotes de enfermedades (Chacón y Aráuz 2001).

Es en este marco que la conservación de la tortuga marina adquiere más relevancia, pues se convierte en una “especie bandera”, o “embajadora del mar”. Su protección efectiva implica la conservación de playas de anidación en los trópicos, y la protección de sus corredores biológicos y zonas de alimentación en aguas subtropicales y templadas de diferentes países. Por ende, su protección y perpetuidad beneficia todo el ecosistema marino, repercutiendo en la sostenibilidad de los mares a largo plazo.



## **Unidades de Conservación de especies de Interés.**

Para estudiar y/o describir una entidad biológica, siempre es necesario definir claramente no solo los parámetros de estudio involucrados con la entidad, sino también según el grado de organización biológica. Así por ejemplo, el individuo suele caracterizarse con parámetros fisiológicos (principalmente), para compararse contra otro individuo. A nivel de población, los atributos de caracterización suelen ser tasas de migración, mortandad, de potencial biótico, entre otros. A niveles superiores de organización biológica (comunidad y ecosistema) también existen variables para cada uno de esos niveles, que facultan para realizar diagnósticos donde se establece el status que guarda la entidad biológica en relación a un medio ambiente particular, así como factores o agentes influyentes en las respuestas que exhiben y dinamizan a dichas entidades.

En el ámbito de biología de la conservación, definir la “unidad de conservación” de una población(es) representa un grado alto de complejidad dado que dichas unidades deberían ser delimitadas en gran medida en términos de unidades evolutivamente significativas (UES), para representar con precisión las probabilidades de extinción y ayudar a establecer prioridades para los esfuerzos de conservación de especies de interés (Green, 2005). Actualmente, estas unidades de estudio son “unidades demográficas”. *Chelonia mydas*, es una tortuga marina que tiene requerimientos ecológicos según su desarrollo ontogénico (Mortimer, 1995; Bjorndal, 1997) y por lo cual su población está fragmentada desde el principio. Cada estadio es un fragmento poblacional o linaje con evolución o cambio relacionado con su ambiente, independiente de los otros linajes (juvenil y adulto) y del de la población progenitora. Asimismo, estos linajes son también diásporas de dispersión colonizando distintos ambientes aunque también tengan regresos a sus centros de origen. ¿Cómo entonces, podría definirse una “unidad de conservación”, que sea un procedimiento práctico para diagnosticar el estado de conservación entidades intraespecíficas (linajes) de una especie de acuerdo con las directrices de aplicación general ?.

Las Unidades de Conservación propuestas, deben de ser distinguibles con base a una taxonomía establecida de manera confiable o una filogenia bien corroborada, evidencia convincente de distinción genética, disyunción de rango y / o distinción biogeográfica (Karl y Bowen 1999). Basadas también, en datos ecológicos, incluyendo información del hábitat, tendencias poblacional-demográficas, y amenazas entre las más importantes (Karl y Bowen 1999; Robles de Benito, 2009).

*Unidades de conservación donde se pueda realizar la conservación in situ. Donde se pueda “Salvaguardar la diversidad genética de las especies silvestres de las que depende la continuidad evolutiva; así como asegurar la preservación y el aprovechamiento sustentable de la biodiversidad del territorio nacional, en particular preservar las especies que están en peligro de extinción, las amenazadas, las endémicas, las raras y las que se encuentran sujetas a protección especial” (Convenio sobre la Diversidad Biológica, 1993).*

Su uso ha sido adoptado por el Comité sobre el estado de la vida silvestre en peligro de extinción en Canadá, para la evaluación del estado de las especies bajo la Ley Canadiense de Especies en Riesgo (Green, 2005). Las unidades son equivalentes a poblaciones aisladas y típicamente se caracterizan por cambios en la frecuencia genotípica, así como diferencias en rasgos demográficos claves incluyendo estructura de edad, supervivencia, fecundidad y proporción sexual. De manera general, coinciden con las poblaciones demográficamente independientes que se definen como aquellas en las que la dinámica poblacional depende en mayor medida de las tasas de nacimiento y muerte que de la migración (Allendorf y Luikart, 2007).

## **Estatus de conservación y Factores de Riesgo de *Chelonia mydas*.**

A nivel mundial, la tortuga verde *Chelonia mydas* es una especie protegida y considerada en peligro A2bd por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) y en el apéndice I de Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres en todo su rango de distribución (Morales-Betancourt et al. 2015). En México se encuentra dentro de la NOM-059-SEMARNAT-2010 bajo el estatus de "en peligro de extinción" (Diario Oficial de la Federación, 2010). Esta categorización se ha asignado porque se ha registrado una disminución global de más del 50% en pocas generaciones (Seminoff, 2004; 2 Seminoff y Shanker 2008). En México, la especie está listada como en Peligro de Extinción, refiriéndose a que su área de distribución o el tamaño de sus poblaciones en el territorio nacional han disminuido drásticamente, poniendo en riesgo su viabilidad biológica en todo su hábitat natural (CNANP, 2011).

Cabe resaltar sin embargo, que este cambio no es consistente para todos los fragmentos poblacionales de la tortuga verde. Por ejemplo, en costas mexicanas, colombianas, del mediterráneo, Indonesia, Guinea Ecuatorial o Turquía, el número de hembras anuales nidificantes ha disminuido drásticamente (Seminoff, 2004; Fundación Corcobado, 2008; Monzon-Arguello et al. 2010), pero con diferencias según contextos regionales. En algunos lugares las subpoblaciones de hembras nidificantes ha disminuido su frecuencia anual a menos de 250 especímenes (48 - 67% a nivel global (Seminoff, 2004). Para México esto se percibe también esto con las poblaciones de la tortuga en playas del Pacífico y las del Golfo de México y Caribe mexicano donde los anidamientos están disminuyendo a una tasa alarmante (Fundación Corcovado, 2008). Poblaciones como las del Pacífico oriental han registrado declinaciones de más del 80%, mientras que las sureste (Yucatán y Quintana Roo), han sido ligeramente menores (CNANP, 2012). Esto está muy relacionado con que en esos sitios, sus amenazas aún no se han podido controlar o mitigar (Comisión Natural de Áreas Naturales Protegidas, CNANP, 2011).

Las poblaciones de ésta especie se encuentran en riesgo debido a diversos factores que la han alterado y diezmado, siendo la destrucción del hábitat, la contaminación de los mares, la sobre-captura, la depredación, las enfermedades y el calentamiento global los más incidentes.

De los factores de riesgo, la fragmentación del hábitat por aspectos antropocéntricos es uno de los más impactantes. La alteración de las costas por la invasión humana (erosión, morfología de la costa, contaminación, urbanización, actividades turísticas, la destrucción de hábitats críticos de alimentación, de anidación y de reposo) afecta la posibilidad de reclutamiento y hace a los adultos vulnerables al acercarse a las costas para completar su ciclo reproductivo, (Barreto-Sánchez, 2011). Esto afecta y altera su potencial reproductivo.

El deterioro del ambiente marino por contaminación (Bell et al. 2003), se debe a factores como derrames, nano partículas, y una cantidad ingente de desechos sólidos. En el mar, la mayoría de ellos están compuestos por plásticos. Hay dos tipos de afectaciones; enredo e ingestión. El enredo con plásticos, redes fantasmas, cuerdas u otro material, limita la movilidad de las tortugas marinas, impide el ascenso a superficie para respirar causándoles asfixia, o sencillamente obstaculiza la llegada de los neonatos al mar. Por otro lado, está la posible ingesta de material no digerible, ya que las tortugas marinas en ocasiones confunden los desechos (bolsas plásticas, globos, nanopartículas,) con alimento, causándoles problemas digestivos incluso la muerte.

De todas las tortugas que habitan en el Caribe, la tortuga verde es probablemente la más explotada y comercializada para el consumo humano. El impacto ha sido mediante la cosecha ilegal de huevos y la sobrepesca comercial, la captura accidental durante operaciones pesqueras de camarón (Cornelius, 1986). La mortandad de adultos para consumo de carne, sigue siendo hoy día una de las principales amenazas (NMFS 1998). Por ejemplo, Rueda-Almonacid et al. (2007) calcularon que la captura incidental por pesquerías en el Pacífico colombiano dan

muerte cada año a más de 50 individuos de tortugas marinas, siendo *C. mydas* la que más frecuentemente es capturada. Todas estas actividades afectan los procesos de oviposición por la disminución del espacio disponible y las constantes modificaciones de las playas, generando impactos negativos sobre el estado de estas poblaciones aumentando su vulnerabilidad (Bolongaro *et al.*, 2010).

En condiciones naturales, existe una larga lista de depredadores naturales de huevos y crías. Animales domésticos como canidos, animales exóticos como las ratas, aves marinas, saurios, insectos, peces y el cangrejo fantasma *Ocypode* sp. (depredador frecuente de huevos y crías) son quienes protagonizan una alta depredación de nidos y crías en las playas de puesta (Broderick y Hancock, 1997; Hirth, 1997; Yerli *et al.*, 1997; Kaska, 2000; Sundin, 2001; Tomás *et al.*, 2010). La mortalidad de huevos y, posteriormente, de los neonatos por depredación en los primeros momentos de vida puede llegar al 90%. Se estima que sólo una tortuga de cada 1,000 neonatos llega a reproducirse, aunque esta baja supervivencia podría contrarrestarse en condiciones naturales gracias a la gran longevidad y alta fertilidad de la especie (Monzon-Arguello *et al.*, 2010).

Actualmente, del rubro de enfermedades, ya se han identificado multitud de parásitos y patógenos que podrían producir enfermedades de infecciones por microorganismos en tortugas marinas. De ellas, destaca una la fibropapilomatosis, asociada posiblemente a un grupo de *Herpesvirus* misma que se describió inicialmente en la tortuga verde (Quackenbush *et al.*, 1998; Ene *et al.*, 2005), y que parece haberse extendido a otras alrededor de todo el mundo (Herbst y Klein 1994). La prevalencia de la enfermedad ha ido incrementando, sin embargo, todavía no se conoce con exactitud la etiología y prevalencia de esta enfermedad. La mayor incidencia se observa en individuos de 10-30 kg y 40-90 cm de longitud recta del caparazón, si bien pueden verse afectados ejemplares juveniles, subadultos y adultos (Chaloupka y Balazs 2005; Work *et al.*, 2004; Santoro *et al.*, 2009).

Al igual que para todas las especies de tortugas, el calentamiento global es una amenaza. Se predice que el cambio climático podría afectar la sobrevivencia de

numerosas especies, así como la distribución de las mismas. Las tortugas marinas son especies ectodérmicas en donde el sexo de las crías depende de la temperatura de incubación en el nido, por lo que el incremento de temperatura podría alterar la proporción sexual hembras/machos (Segura y Cajeme 2010) y las estructuras poblacionales de las especies. Así mismo, el incremento de la temperatura del agua del mar incidirá en alteraciones en los regímenes hidrológicos y en la intensidad de los fenómenos naturales (tormentas tropicales y huracanes) con la consiguiente elevación del nivel del mar. Esta elevación causará cambios e inundación en la morfología litoral, daños a los hábitats de anidación, de alimentación costera y cambios en las corrientes marinas afectando las migraciones (Moncada et al., 2011).

## **Antecedentes.**

En los últimos años ha habido un aumento en estudios sobre tortugas marinas en diversas partes del mundo. Por ejemplo, Monzón y Arguello (2010) diagnosticaron la situación de *C mydas* en playas del mediterráneo español. Igual descripción para esta especie de tortuga se realizó en el Caribe panameño y colombiano (Aráuz et al. 2017), y Costa Rica (Brenes-Arias, 2010).

Para México, se tiene estudios sobre las preferencias alimenticias y el crecimiento de la tortuga verde en el Golfo de California (Seminoff et al., 2002) y del Pacífico mexicano (Talavera-Sáez, 2016). También existe el diagnóstico de su situación y aspectos demográficos (Briseño-Dueñas y Abreu Grobois 1998, Antonio-Cahuich et al. 2006; Chassin-Noria 2002; Chassin-Noria et al. 2004 en Michoacán), y el reporte de su protección en Cozumel (González-Baca, 2005). Sobre su estructura genética poblacional, de aspectos de protección y conservación en playas de mexicanas de Michoacán (Delgado 2003), Veracruz (Millán-Aguilar, 2009). También, de hábitos alimenticios (Talavera-Sáenz 2016) y de la cuantificación de metales pesados tóxicos en órganos de *C. mydas* en Baja California, México (Fitzgerald 2004).

## **Justificación**

No obstante esta miríada de trabajos, es fundamental ahondar con mayor investigación sobre aspectos biológicos (desarrollo, demografía, aspectos morfométricos, de salud), de uso y preferencias de hábitat, y comportamiento e impacto antropogénico, en la tortuga verde entre otros. A pesar de los esfuerzos tanto gubernamentales como de la población civil encaminados a la preservación de esta especie, la magnitud de la pérdida de hábitat causada por el incremento del tráfico marino y las obras de ampliación del puerto de la ciudad de Veracruz, amenaza con superar la capacidad de recuperación de la poblaciones de tortuga verde. Hasta hoy, aún no se ha analizado a fondo la dinámica poblacional de esta especie debido a las limitaciones técnicas que supone muestrear y dar seguimiento en el tiempo a organismos con áreas de migración tan extensas y cuya situación de protección jurídica especial limita bastante los estudios que se pueden hacer al respecto. La caracterización de la conducta de anidación y sus respuestas a los cambios medio ambientales ayudaría a definir e instrumentar mejores condiciones para el éxito reproductivo de la especie, además de definir y proteger áreas específicas que habitan a las tortugas y otros organismos que dependen de ellas (Eckert, 1999).

Por lo cual este trabajo pretende aportar información al respecto, a través de los siguientes objetivos.



## **Objetivo Global**

Evaluar el comportamiento demográfico – poblacional, condición y riesgo de *Chelonia mydas* durante el periodo 2006-2016 en el campamento tortuguero de Lechuguillas, de Vega de Alatorre, Ver.

## **Objetivos particulares:**

- .- Deducir el tamaño y edad de la población anidante.
- .- Establecer la estrategia de selección y anidación en el hábitat de la tortuga verde.
- .- Valorar las tendencias reproductivas de la población de hembras anidantes.
- .- Calcular la sobrevivencia-mortandad y tasas de reclutamiento de la progenie de la tortuga verde en el campamento tortuguero.
- .- Examinar y valorar la condición de la progenie al emerger
- .- Reconocer y cuantificar factores de riesgo para la tortuga verde en esta zona.

## **Pregunta de trabajo.**

¿La estrategia reproductiva de hembras de la tortuga verde anidantes en las playas de Lechuguillas, está influenciada por características ambientales del área que determinan los rasgos demográficos, reclutamiento y condición de la especie?.

## Materiales y métodos.

Área de estudio (Campamento Tortuguero).

El área de estudio y registro, en una de las zonas de anidación de tortugas marinas más importantes del estado de Veracruz, y se localiza en la playa de Lechuguillas y el Llano en el municipio de Vega de Alatorre al norte del puerto de Veracruz: coordenadas geográficas de: 20° 02' 24.89" - 20°00'53.72" Latitud Norte y de Longitud Oeste. Físicamente y linealmente, inicia en la desembocadura de la Barra de Las Higueras, al norte del campamento y termina en la parte sur en la desembocadura de la Laguna de San Agustín, y comprende una superficie de playa total de 13.5 Km. Asimismo, se colocaron en dirección norte-sur, 28 estacas o balizas equidistantes 500 mts. entre sí (balizas # 0 y # 28) para cubrir todo el tramo de playa total (Fotografía aérea anexa).

Para coleccionar toda la información biológica sobre el área de anidación de la tortuga verde, el hábitat de playa fue dividido en un transecto de variación según rasgos particulares que potencialmente pudieran afectar la selección del sitio de anidación. Así se reconocieron tres segmentos de anidación. El primero que comprendió la línea de pleamar hasta el borde de la playa o berma correspondiendo a la zona "A", el tramo del berma hasta el inicio de la vegetación, sitio "B", y el o sitio de dunas, la zona "C", según esquema siguiente.

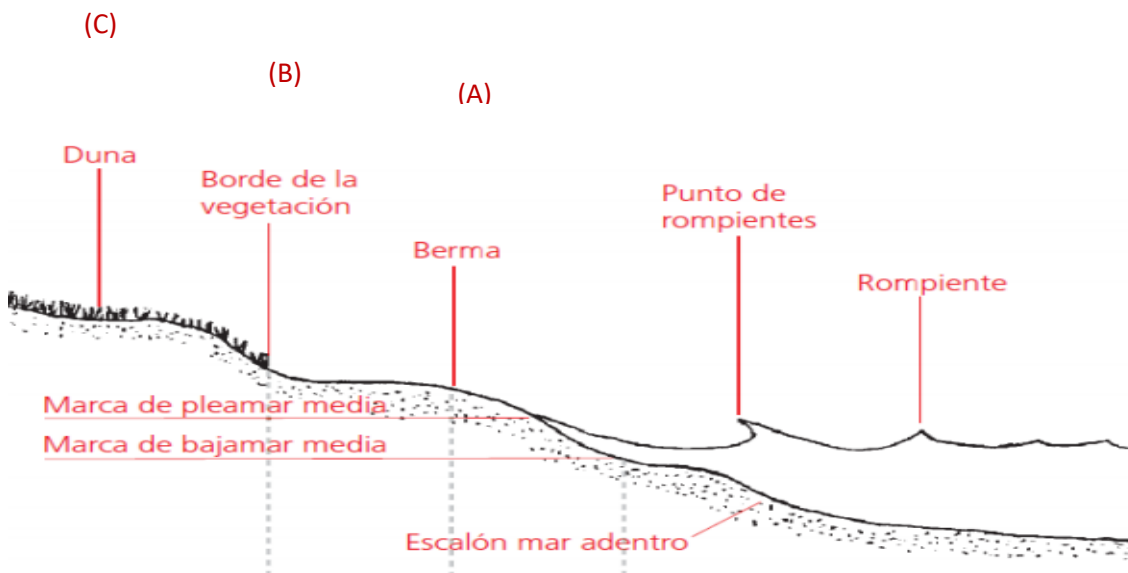
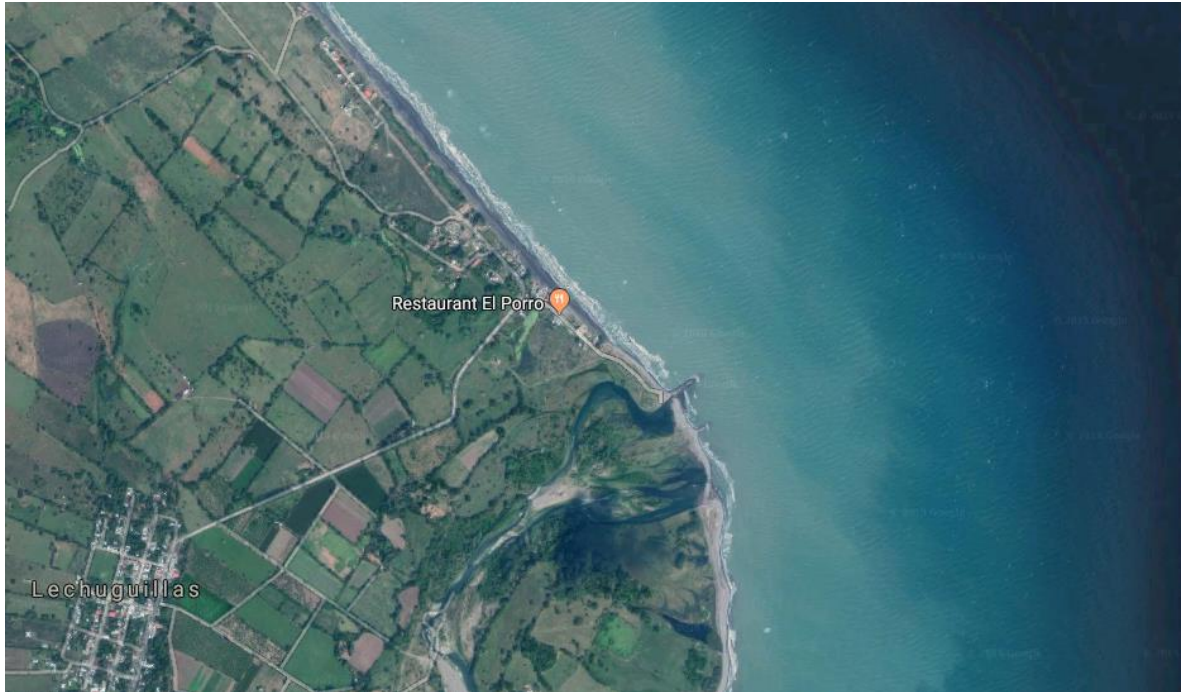


Fig. 1. Transecto de zonas de anidación (A, B, y C) en la playa.



Fotografía aérea de las playas de anidación de *Chelonia mydas* del campamento tortuguero administrado por PNSAV.

Todos los datos registrados formaron parte de un proyecto de monitoreo para la protección y conservación de tortugas marinas del golfo de México que se lleva a cabo por el PNSAV.

El levantamiento de la información de los datos bio-ecológicos sobre la tortuga se recabaron realizando recorridos de playa diurnos todos los días, así como recorridos nocturnos programados, de las 22:00 hasta las 06:00 hrs., durante los meses de mayo a octubre, temporada establecida como la temporada de anidación de *Chelonia mydas* para el Atlántico veracruzano, cada año durante el periodo de 2006-2016. Ante la imposibilidad de registrar la nidada en toda la extensión de los 13.5 km de playa, se decidió resguardar, in situ, un porcentaje que oscilo entre 30-45 % del total de nidada. De este total se estudió el comportamiento poblacional demográfico de la tortuga verde así como su condición al emerger.

Conducta de anidación y éxito de eclosión. Para establecer la conducta de anidación, y registrar sus eventos, se siguió la siguiente estrategia:

.- Localización y Medición morfo métrica de las hembras reproductivas. Esto se llevó a cabo mediante recorridos nocturnos, buscando hasta avistar a las hembras ovigeras. Una vez detectada la hembra, estableció y realizó: la numeración y marcación del nido.

.- Ubicación y numeración de cada nido, así como el kilometraje dentro de la playa, y la fecha en la que inició la oviposición.

.- Número de huevos (Desove por conteo directo) por puesta de cada hembra en el nido.

Obtención de medidas morfo métricas de los individuos adultos (en hembras después del desove). Para la caracterización morfo-métricas del individuo que desova, se tomó en cuenta: el largo curvo del caparazón (LCC) y el Ancho curvo del caparazón, (ACC). El primero, se midió desde el punto medio anterior o muesca del escudo nuchal a la mitad de la muesca posterior entre los escudos supra caudales (extremo posterior), mientras que el segundo, se midió desde la mitad del quinto escudo dorsal en ambos lados. Ambas medidas se tomaron con cinta métrica flexible.

.- Selección del sitio de anidación o preferencia del tipo de hábitat. El sitio de anidación fue establecido por la ubicación, frecuencia y número de nidos en los hábitats de la playa con la que las tortugas escogieron cada uno de los sitios, como una medida de abundancia relativa. Es decir, el número de nidos de las hembras, y número de huevos en cada sector del transecto línea de marea-área de dunas.

Posteriormente, se realizaron visitas de seguimiento en los nidos marcados, después de aproximadamente 50 desde la anidación en la playa a fin de recopilar datos sobre la disposición final de los nidos. Durante estas revisiones, se tomaron datos referentes a:

.- Tiempo de Incubación-Eclosión.

.- % Supervivencia

- Éxito reproductivo. Este se estimó en términos del éxito de anidación de la hembra y del porcentaje de emergencia de las nidadas (éxito = núm de neonatos vivos / núm total de huevos).

- Situación del nido. Esto consistió en describir el estado en que se le encuentra, como depredado – número total de cascarones-, saqueado, etc.).

- Condición del Huevo y Cría. A través de:

% de Huevos sin Eclosionar.

Tasa de Mortandad (Total de crías muertas del total de crías).

Etapas de Desarrollo Embrionario y su Estimación

% de Eclosión y Total de Crías en Superficie.

Condición. Situación de las Crías al Nacer (albinos, deformes, con tumores).

% De reclutamiento o Liberación al Mar.

Todas estas variables se valoraron de acuerdo a los criterios de Miller (2000).

Finalmente se registraron todos estos datos en las fichas de campo correspondientes. Los datos de las fichas fueron ordenadas por folio en orden cronológico y capturados en la base de datos del PNSAV utilizando el formato estándar del proyecto de monitoreo de tortugas del golfo de México (formato anexo).

3504 sin ficha										Fecha de Eclosion										REVISION TORTUGA																																																																																																																																																																																																																																															
Folio	Playa	Fecha	N°	Espiece	Estaca	Zona	Acción	Uso nido	Hora	Huevo	Formulo	Yaramiento	Marca	captu	L.C.	A.C.	Tumores	Condición final del nido																																																																																																																																																																																																																																																	
		Desove							A	B	C	Viva/Muerta	Sexo																																																																																																																																																																																																																																																						
												Macho/Hembra indeterminado	Alta derecha	Alta izquierda	Alta derecha	Alta izquierda	Microchip	Transmisión	T. Neof. Fiem.	muesca-punta	muesca-muesca	Ancho (Cm)	Referencia	Lugar																																																																																																																																																																																																																																											
CONDICION FINAL										REVISION																																																																																																																																																																																																																																																									
04/01/200										Fecha																																																																																																																																																																																																																																																									
de saqueo, depredación, traslado o emergencia O REVISIÓN										SUPERFICIE										DENTRO DEL NIDO										ECLOSIONANDO										TOTAL										CRIAS MUERTAS										HUEVOS NO ECLOSIONA																																																																																																																																																																																																							
										Normal										Albina										Deformes										Albinas y Deformes										Suma de vivos										Normal										Albina										Deformes										Albinas y Deformes										Suma de vivos eclosionando										Normal										Albina										Deformes										Albinas y Deformes										Suma de vivos eclosionando										Normal										Albina										Deformes										Albinas y Deformes										Suma de muertos eclosionando										Cascarones										Sin eclosionar										1º										2º										3º Viva									
										Normal										Albina										Deformes										Albinas y Deformes										Suma de vivos										Normal										Albina										Deformes										Albinas y Deformes										Suma de vivos eclosionando										Normal										Albina										Deformes										Albinas y Deformes										Suma de muertos eclosionando										Cascarones										Sin eclosionar										1º										2º										3º Viva																																																											
HUEVOS NO ECLOSIONADOS										ANALISIS										OBSERVACIONES DE FICHA																																																																																																																																																																																																																																															
1º										2º										3º Vivas										3º Muertas										Sin Revisar										HEMIDACION (LARVA PARACION DE CRÍAS)										ROBAMALCABALLO										Quien Rovina										% de Crías Liberadas										TOTAL DE HUEVOS										OBSERVACIONES DE FICHA										OBSERVACIONES DE CAPTURAS																																																																																																																																																					

Procesamiento de los datos. Dada la enorme variación de los datos en cada una de las variables registradas, se decidió mostrar sólo los promedios de los resultados, y su graficación para ilustrar su comportamiento a lo largo del tiempo.

## RESULTADOS.

Los resultados que se detallan a continuación corresponden principalmente con los registrados para un área, circa 30 % del total de playa en que suele anidar *Chelonia mydas* en el campamento (Tabla Anexa). Este porcentaje (promedio), es el que se pudo resguardar y proteger con la mayor certidumbre.

La talla de la población anidante de *Chelonia mydas* en el campamento tortuguero, salvo al inicio (20 cm menor), fue relativamente muy constante durante la mayoría del periodo de estudio. La talla osciló unos 6 cm entre el tamaño máximo y el mínimo, y con una talla promedio de  $103.34 \pm 0.68$  cm (fig. 1).

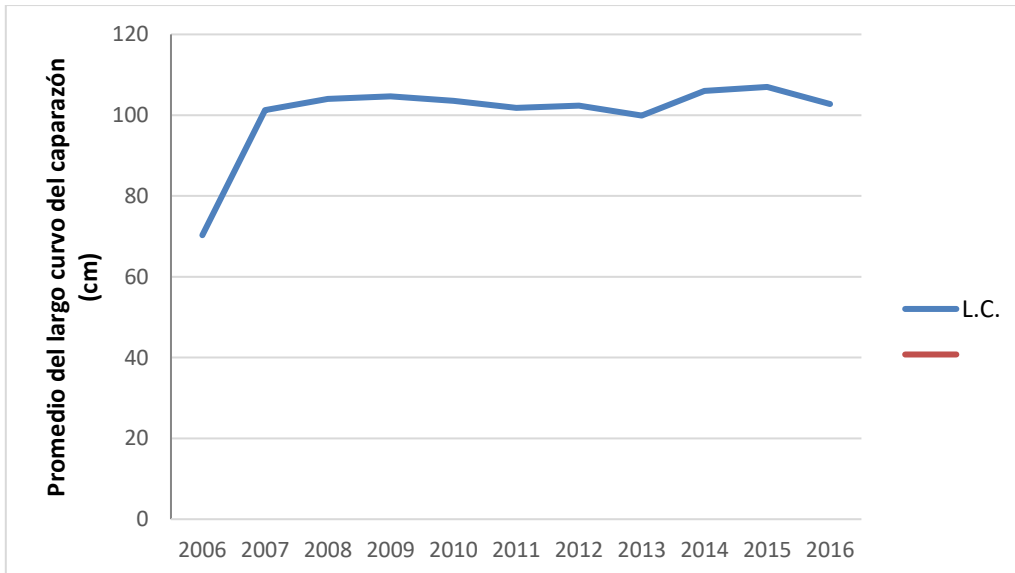


Fig. 1.- Longitud de caparazón de las hembras anidando. Los datos son el promedio de

N = 68 Individuos promedio (que incluye individuos avistados, varados y capturados).

En la playa del campamento, la tortuga verde para su anidación a lo largo del tiempo, seleccionó siempre con mayor frecuencia promedio (~ 75 % de los eventos) la zona "C" de playa alta prácticamente de las dunas y algo de vegetación para ovopositor.

Cabe señalar que en 2009 fue la excepción y la playa cercana a la línea de costa prevaleció como sitio de elección (fig. 2).

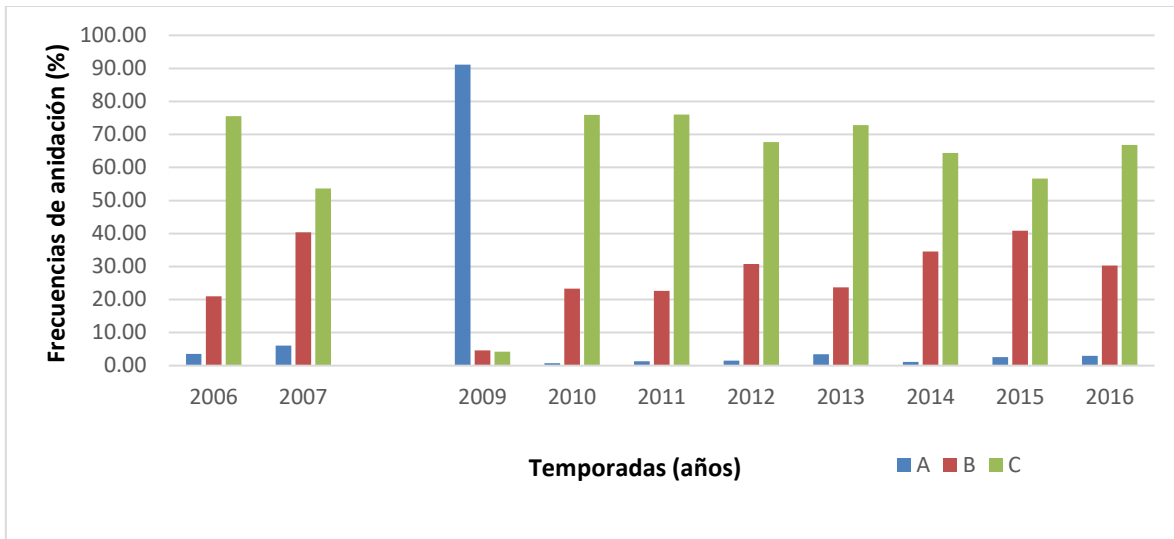


Fig. 2. Frecuencia de selección del sitio de anidación de *C. mydas* por zona A, B, y C. Los datos son el promedio y el error estándar de eventos registrados anualmente

Como proceso, la anidación de *C. mydas* mostró una tendencia de crecimiento inicial muy significativo durante la primera mitad del periodo de estudio y con variación muy abrupta en la parte final de la investigación. Durante el periodo, anidó  $2694.4 \pm 686$  ocasiones en promedio / año, en el sitio de estudio. Cabe destacar que la cantidad de nidada o hembras oscilo entre 1000 y 7000 nidos/hembras, teniendo su pico máximo en el 2015, con un total de 7055 nidos (fig.3).

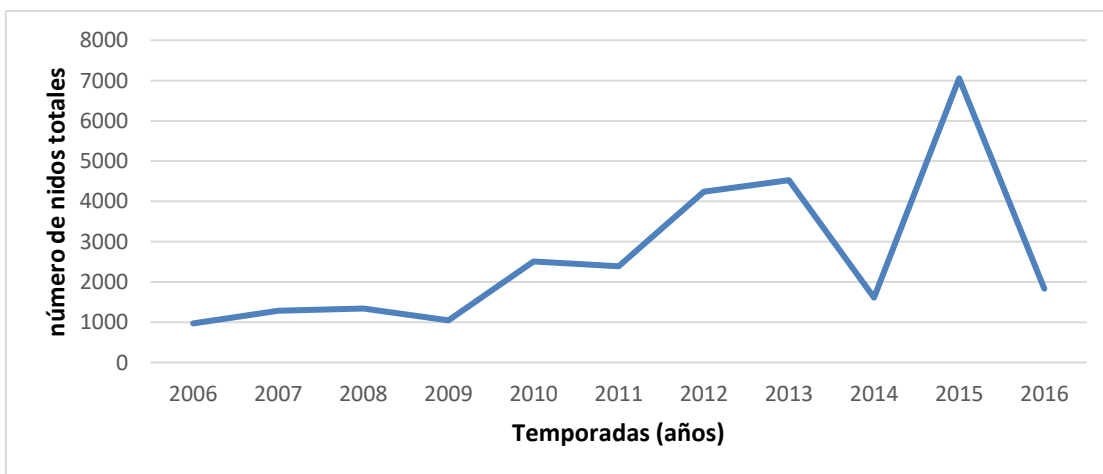




Fig. 3.- Tamaño de nidadas totales por año, durante el periodo de estudio. Los datos son el promedio por año.

La cantidad de huevos total, sin bien exhibió tendencia a aumentar en el tiempo, fue sumamente variable y disminuyó al final. El número de huevos por nido fue de  $110 \pm 20$  huevos, mientras que la cantidad promedio de nidada por temporada, fue de  $133062,82 \pm 26215$ . El periodo de mayor producción fue el de los años 2011-2013 (fig. 4).

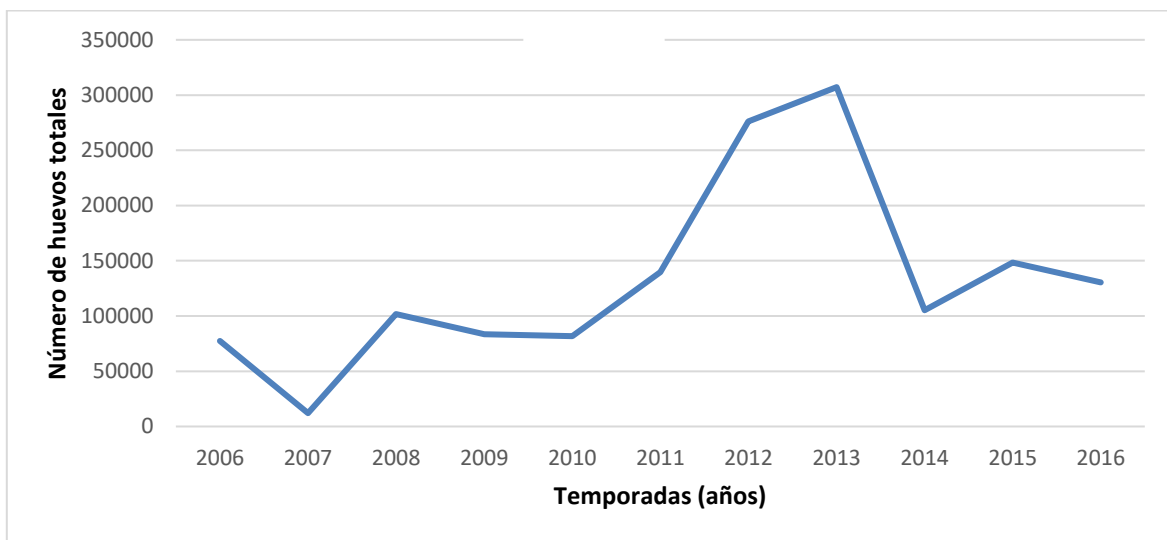


Figura 4. Número de huevos anuales. Los datos son el promedio de nidadas anuales.

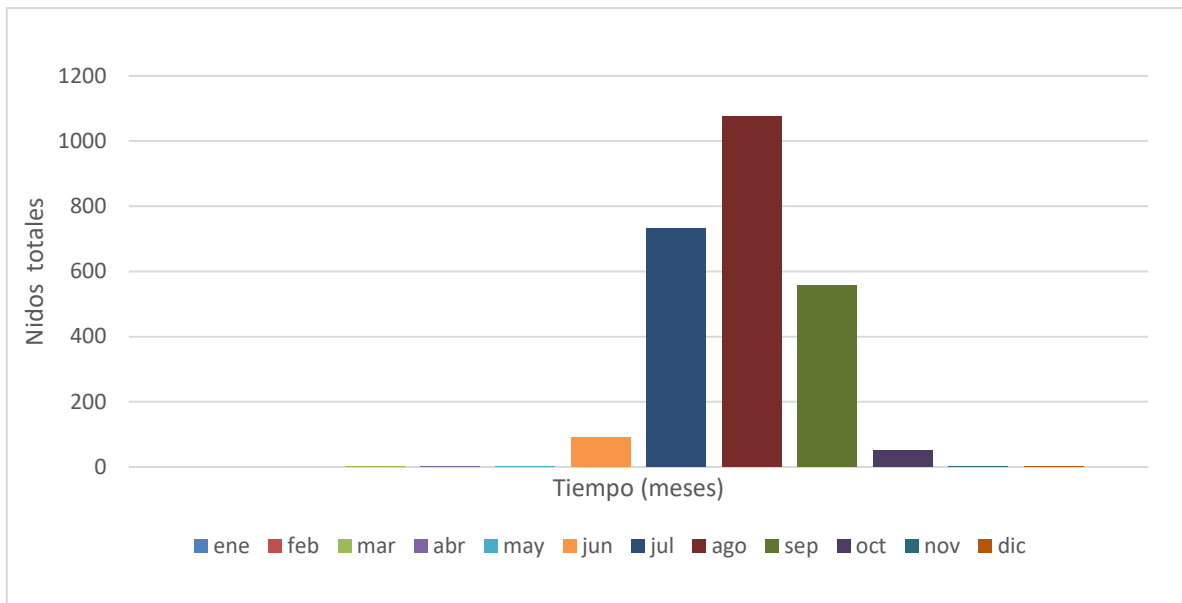


Figura 5. Periodo de anidación estacional anual de *Chelonia mydas* en el campamento Tortuguero. Los datos son el promedio de eventos registrados por mes.

En general, para su anidación, el periodo estacional fue durante el verano e inicio del otoño. Julio, agosto y septiembre son los meses cuando la tortuga anida más del 80 % de veces del periodo de anidación anual (fig. 5).

### Tasa de sobrevivencia.

La sobrevivencia promedio observada (incluidas crías resguardadas en el nido) fue del 70.7 % (tabla anexa). Debe notarse que como todos los rasgos biológicos de *C. mydas*, la sobrevivencia osciló dramáticamente, sobre todo en los años 2013- 2015 (0.5-85 %) (fig. 6).

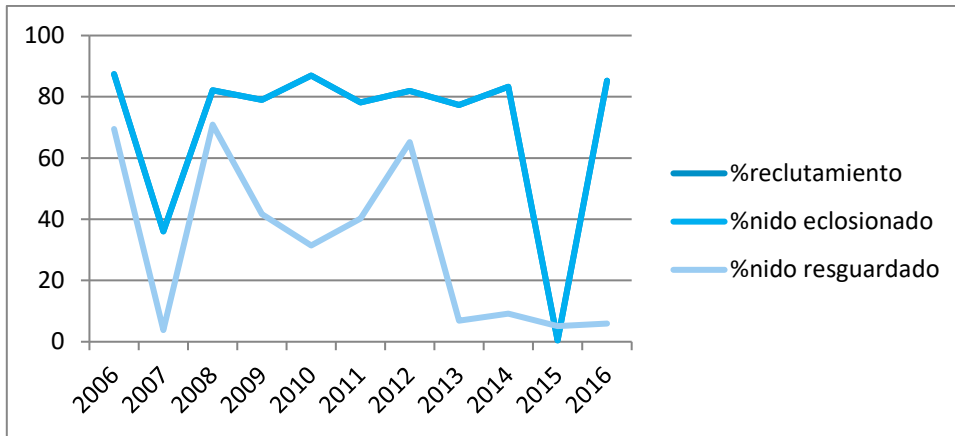


Figura 6. Supervivencia de nidos en porcentaje por temporada tanto resguardados como eclosionadas in situ.

El reclutamiento o liberación promedio de las crías de *C. mydas* fue de un valor semejante al de la sobrevivencia, circa 71 %. Hay que destacar que como proceso también mostró un comportamiento variable de la misma manera que lo hizo tanto la población anidante como la cantidad de huevos a lo largo del tiempo (fig.4).

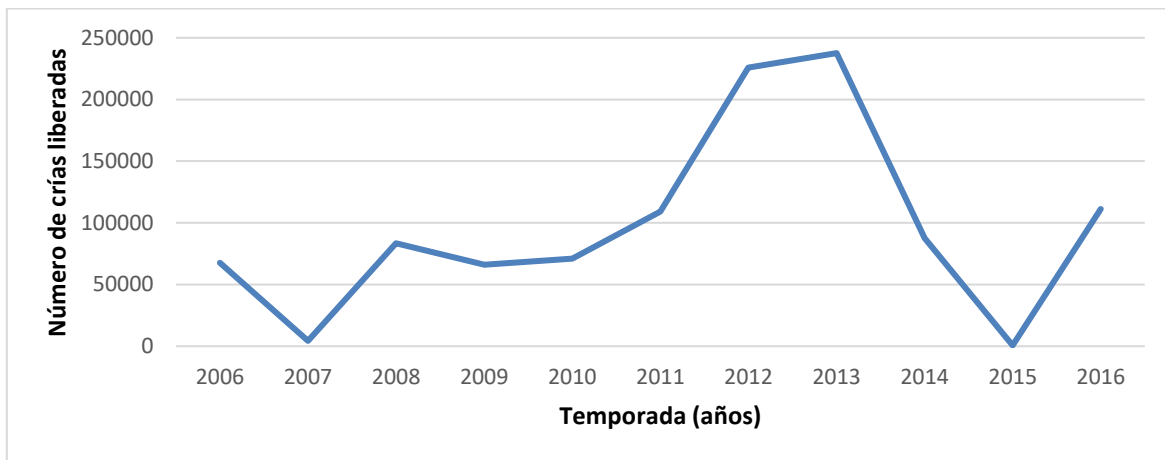


Fig.7. Cantidad de crías de *Chelonia mydas* liberadas (reclutamiento) por año. Los datos son el promedio de las liberaciones anuales.

No obstante esta tasa de reclutamiento media alta, no se observó un efecto paralelo en el crecimiento de la población durante el primer lustro. El crecimiento inicial de la población, exhibió una tendencia general hacia un crecimiento lento, y después creció el resto del periodo con una tasa final del  $0.67 \pm 0.14$ . (Recuadro en fig. 7).

Sin embargo, hay variaciones regulares en periodos bi-trianuales, el más notable en 2012-2015 (fig.7).

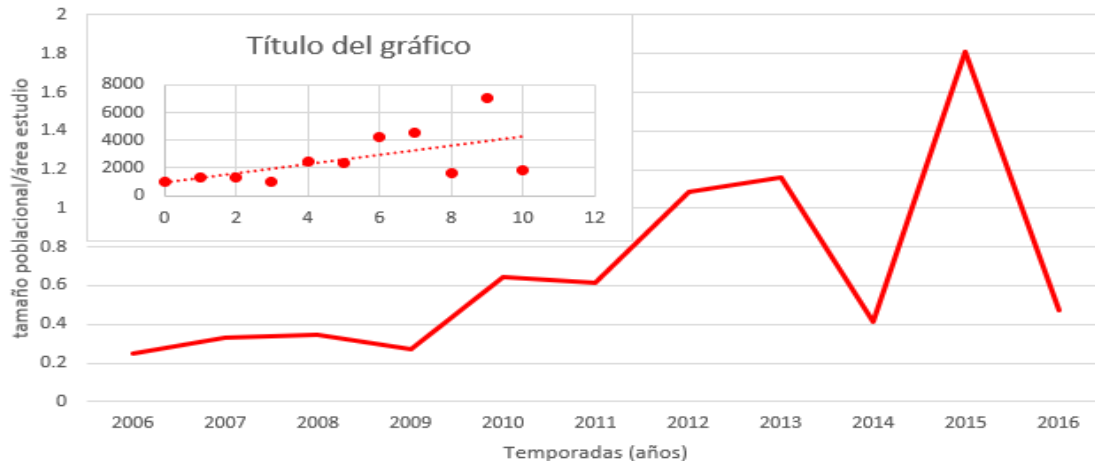


Fig. 7.- Crecimiento poblacional de *Chelonia mydas* en el tiempo. Los datos son el promedio de las poblacionales en anidación anuales.

La condición de las crías eclosionadas sobrevivientes y liberadas para reclutamiento poblacional, muestra que la mayoría es en promedio normal 99% y que existen individuos, deformes, albinos, o con ambos rasgos, aunque con frecuencias bajas (fig.8A, 8B y 8C). El comportamiento de crías deformes y albinas se presentan con variación fluctuante, aunque con diferente magnitud entre sí, aunque la condición de albinas tiene una tendencia al aumento, la otra es relativamente constante, respectivamente (Fig. 8 A y B). Este patrón no se observa para las crías que presentan ambos rasgos, una condición de frecuencia mínima, aunque en el periodo 2015 aparece un crecimiento inesperado muy notable

(Fig. 8 C).

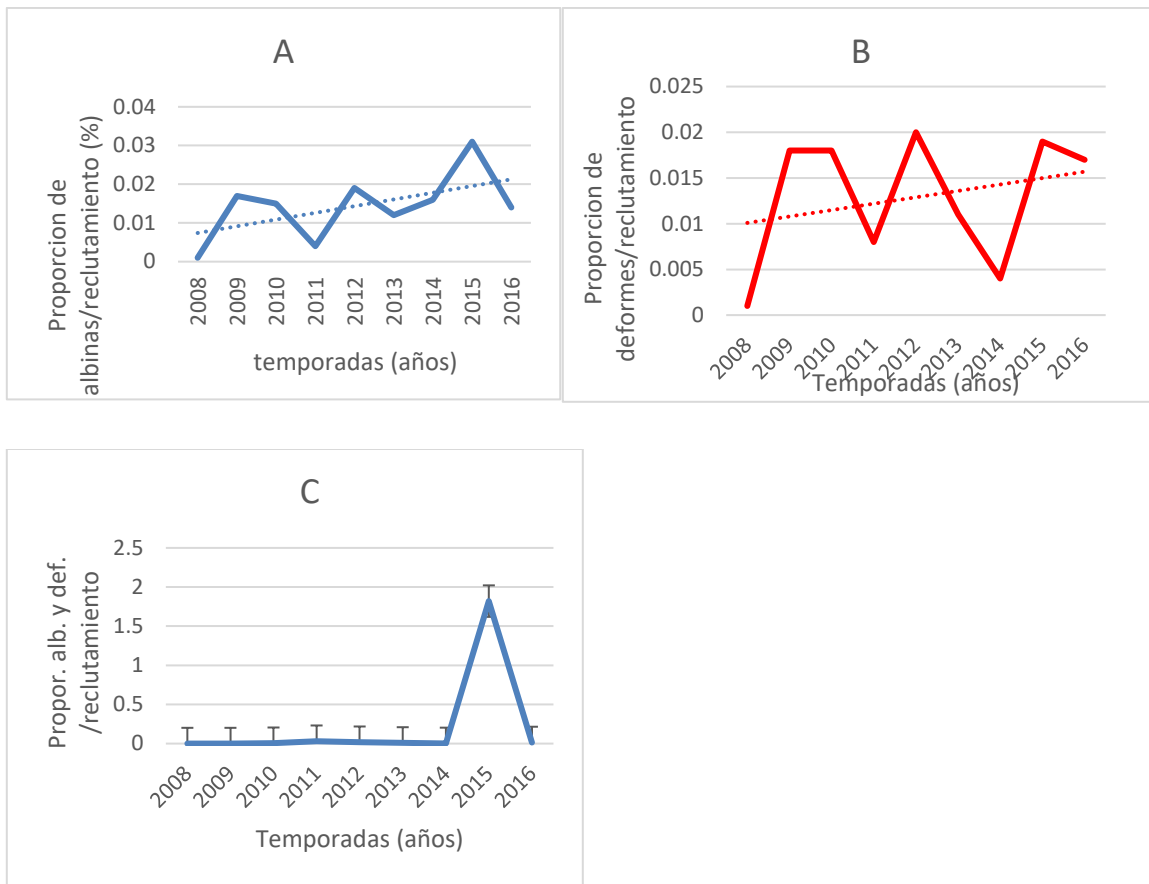


Fig. 8. Condición de los neonatos de la tortuga verde al nacer: A crías albinas, B crías deformes y C crías con ambas condiciones.

Los factores de riesgo (y de mortandad, por lo tanto) para esta especie de tortuga en el área son muy variados, aunque pueden ser categorizados en dos grandes grupos: antrópicos y naturales y siendo más frecuentes e impactantes los últimos, alrededor de 60 % de riesgo total (fig.9). Estos factores, presentaron un patrón de comportamiento muy variable a lo largo del periodo de estudio, en los datos, salvo el rubro de depredación que permaneció relativamente constante a lo largo del mismo periodo.

El factor de riesgo que causa mayores pérdidas a la población de la tortuga verde es el relacionado con fenómenos meteorológicos (clima), el cual presenta una variación que oscila desde muy mínima hasta el 41%. También, se puede observar en este comportamiento, picos con una frecuencia bianual-trianual muy marcada. La mortandad registrada en nidos (alrededor del 1 %), y se debe en su mayoría a desarrollos embrionarios incompletos, y excepcionalmente a embriones no viables que nacieron muertos. El estado de desarrollo embrionario más frecuentemente observado fue el secundario y el terciario (datos no mostrados).

AÑO	NIDADA		Pobla c. (Indiv s)	Núm. Huevo s	Incu b. (días )	No. De Crías	SOBREVI VENCIA (%).	Libe r. (%)	Mortandad (%)
	Total	Prote g.							
2006	971	675	323.7	77309	57.31	67,563	87.39	87.3 9	12.6
2007	1283	49	427.7	12071	48.17	4,354	36.06	36.0 6	73.9
2008	1338	949	446	10177 4	51.97	83,568	82.11	82.1 1	17.89
2009	1049	437	349.7	83626	S/D	66,033	78.96	78.9 6	21.04
2010	2509	790	836	81798	53	71,122	86.94	86.9 4	13.06
2011	2386	960	795	13974 3	S/D	109,17 0	78.12	78.1 2	21.88
2012	4240	2764	1413	27599 5	S/D	225,99 4	81.88	81.8 8	18.12
2013	4529	313	1509	30715 8	S/D	237,60 4	77.35	77.3 5	22.65
2014	1614	148	538	10530 7	S/D	87,658	83.24	83.2 4	16.76
2015	7055	362	2351. 7	14844 6	S/D	656	0.44	0.44	99.56
2016	1836	109	612	13046 4	S/D	111,27 5	85.30	85.3 0	14.7
	2697. 4± 628.7	686 ± 229.8	873± 191	13306 2 ± 26215	52.61 ±1.87	96818 ± 22841	70.71±8.2 4	70.7 1± 8.24	30.2 ± 8.6

El segundo factor en importancia es el de la depredación que, si bien afecta en menor medida comparado con las causas climáticas, presenta menor variación que estas e igualmente se comporta de forma pulsante a lo largo del periodo de estudio oscilando entre el (1.37% y 18.49%). El factor saqueo, solo presentó una variación mínima, y su comportamiento fue constante. Aunque no hay forma de establecer su origen, cuantitativamente, se asume que la agente sería antrópico (perros husmeando alrededor de los nidos (observaciones personales. fig.9).

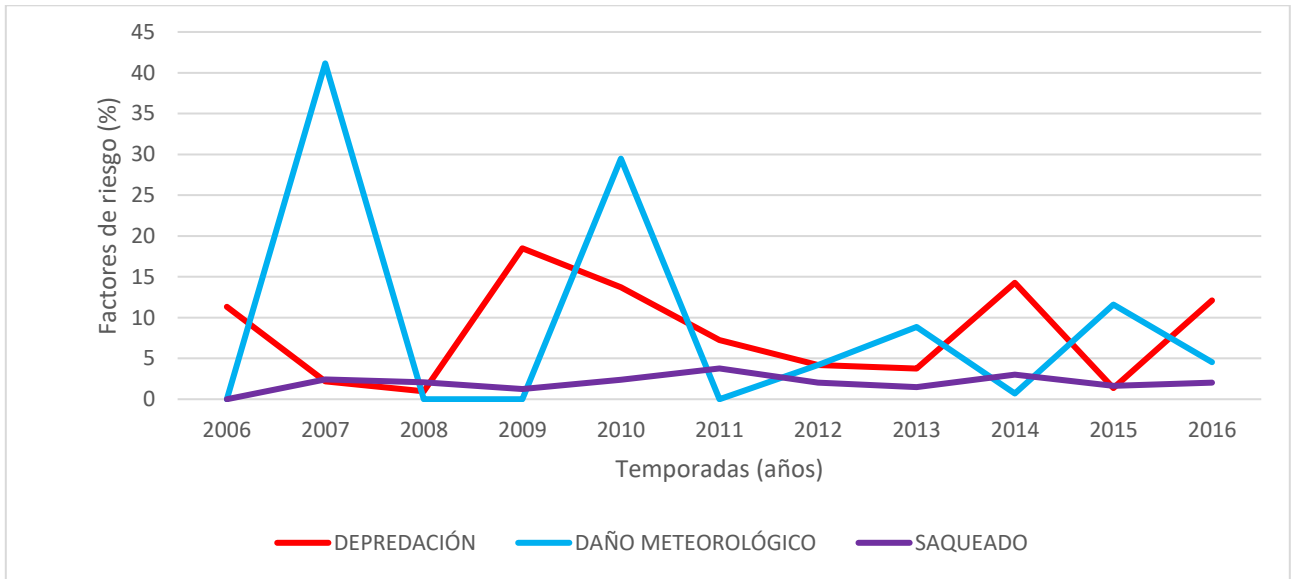


Fig. 9. Factores de riesgo. Para la tortuga *C. mydas* en lechuguillas. Los datos representan el porcentaje.

Tabla Anexa. Datos en crudo de variables poblacional, demográficas, reclutamiento de *Chelonia mydas*.

Las diferentes unidades de manejo presentan una tendencia poblacional distinta. Las poblaciones del Golfo de México y Mar Caribe presentan una tendencia positiva (Zurita et al., 2002; Guzmán et al., 2008), sin embargo, a partir de finales de los 90's la población de Quintana Roo presenta un incremento significativo con respecto al resto de las colonias de esta región (Fig. 3). De acuerdo con la figura, se puede observar que se ha presentado una fluctuación bianual en el número de nidadas en las playas durante las diferentes temporadas. En los años pares, las anidaciones



fueron mayores, mientras que, en los años impares, las anidaciones fueron menores. (En CNANP, 2011).

## **Discusión.**

El nivel de vulnerabilidad de la especie se da por sus características de historia de vida, las que influyen directamente en la sobrevivencia y reproducción de las poblaciones, como la edad de madurez sexual, la fecundidad, la sobrevivencia específica de cada estadio, el número de episodios reproductivos, así como el tamaño de la nidada, del huevo y de la descendencia (Goshe et al., 2016).

### **Edad y Talla de la Población Anidante.**

El tamaño promedio (tentativo y a manera de indicador) de la población o número de hembras de tortuga verde que anidan en sitio se estimó tentativamente circa, 873 tortugas activas sexualmente durante la década de estudio. La estimación (indirecta), se realizó basándose en el método en Alvarado y Murphy (2000), quienes utilizan las nidadas efectivas y el valor teórico de frecuencia de anidación para la especie o el número de episodios reproductivos por temporada. En este caso, se consideró que la tortuga verde realiza varias puestas con un intervalo de dos semanas entre posturas (Bowen y Karl, 2007; Nathan et al., 2008), y que re-anidó tres veces por estación. La población osciló entre valores 423 y 2351 mínimos y máximos de hembras, respectivamente (tabla en anexo). Este tamaño significaría una población relativamente grande en relación a otras zonas del pacífico mexicano (Alvarado-Díaz *et al.* 2001), y del atlántico de Costa Rica y Colombia (Márquez, 2008), donde el número de hembras anuales nidificantes ha disminuido substancialmente (frecuencia anual de menos de 250 individuos reproductores), 48 – 67 % a nivel global (Fundación Corcovado, 2008; Seminoff, 2004). Sin embargo, El tamaño de este fragmento poblacional reproductivo de la tortuga verde en el sistema tortuguero de Vega de Alatorre, Veracruz, parece ser el doble del que anida anualmente a lo largo del mediterráneo (300-400), de acuerdo con estudios de Kasperek et al. (2001).

La tasa de crecimiento anual de la tortuga *C. mydas*, establecida mediante “esqueleto-cronología” (cálculo de las tasas de crecimiento anual en la etapa juvenil,

principalmente), en diversas zonas de alimentación y crecimiento, señala un intervalo de 1.4 – 2.0 cm por año (Goshe et al., 2016: Tobón-López y Amaracho-Llanos 2914; Zug et al. 2002). Por su parte, varios estudios (Seminof et al., 2004; Monzón Argüello et al., 2010) destacan el rango de maduración de 75 hasta 106 cm para esta especie y de entre 19-30 años de edad según situación geográfica, aunque Zurita y Prado (2007), Negrete (2006), y Figueroa et al., (1993), discrepan y señalan que la madurez la alcanza entre los 11 y 17 años. Al respecto entonces, se puede asumir que la edad-tamaño de las hembras que anidan en el campamento tortuguero, del Municipio de Vega de Alatorre (intervalo de 80 - 107 cm LC), se encontró dentro de la edad de individuos maduros jóvenes (en un principio) y adultos maduros, el resto del periodo de registro (fig. 3).

Cabe destacar también, que la población de hembras del año 2006, con 20 cm de talla más reducida, no fueron las mismas que habrían regresado al año siguiente, por lo cual la población habrá sido otra dada la diferencia en talla de las que llegaron en los años posteriores. Es decir, la población de hembras del 2006, parece no haber regresado en los años siguientes, sino tal vez después de una o dos décadas. Esto por otra parte parece no ser inusual, dado que Broderick et al. (2001), mencionan que esta especie presenta variaciones poblacionales con grandes fluctuaciones anuales en el número de hembras nidificantes respecto a otras especies. Esto por otra parte, se relaciona con tasas de re-migración que podrían ser de varios años entre eventos. Para *Chelonia mydas* el periodo de re-migración se ha establecido entre 2-3 años (Miller, 1997: Briseño-Dueñas et al., 1998). Por estudios de rastreo satelital (Balazs 1994; Nichols et al. 1999) se ha establecido que existen dos rutas migratorias para la población de *C. mydas*; una que va hacia el norte bordeando la costa de Tamaulipas, Texas, Alabama y Luisiana hasta el delta del Mississippi, y la otra que ha podido ser rastreada siguiendo las costas de Tabasco, Campeche y Yucatán. Esto explicaría la varianza de los datos y sugiere un pulso migratorio de dos poblaciones alternándose la nidada en la playa. Esto explicaría la variación de la población en el tiempo de la tortuga verde registrada en este trabajo (fig. 6).

Sin embargo, la talla y edad de las hembras jóvenes del 2006, es muy parecida a las tallas y edades de las tortugas que anidaban en las playas de Michoacán, a principios de la última década del siglo pasado (Figueroa *et al.* 1993). La edad y el tamaño de la primera reproducción pueden variar entre las distintas poblaciones y localizaciones geográficas, pudiendo estar influenciado tanto por la tasa de crecimiento como por la dieta (Monzón-Arguello *et al.*, 2010).

#### Selección del Hábitat o Sitio de Anidación y Biología de la Reproducción.

En *C. mydas*, se observó una marcada preferencia en la posición de la playa que utiliza para construir y ovipositar los nidos. El sector de la playa en la zona de estudio que la tortuga verde utilizó con mayor frecuencia promedio fue el sector C. La frecuencia de selección fue siempre mayor al 60 % de las veces, seguido del sector B y un mínimo del sector cercano a línea de pleamar para anidar (fig. 2). Este comportamiento selectivo de sitio de anidación parece ser muy común en la tortuga verde, y coincide con el que exhibió esta tortuga en costas colombianas (Tobon-Lopez y Amorocho-Llanos 2014), playas de Costa Rica (Chacón *et al.* 2008) y otros lugares (Asociación ANAI, 2000). La preferencia por este hábitat para anidar es explicable en términos de que es el lugar donde el sustrato tiene la mayor oxigenación, la mejor compactación, la menor salinidad, la menor posibilidad de erosión y probabilidad de inundación. Es la zona más segura y estable de la playa en donde se podría mitigar los altos niveles de pérdidas de nidos, y es fundamental para la preservación del nido, el desarrollo y eclosión exitosa de las crías (Mortimer, 1995; Bolongaro *et al.*, 2010). Cabe destacar también que la tortuga verde se restringe más a esta zona de dunas y vegetación que la tortuga baula (*Caretta caretta*) y la de carey (*Eretmochelys imbricata*), las cuales parecen preferir la zona B y A, respectivamente (Piedra-Castro y Morales –Cerdas, 2015).

En la zona, las hembras reproductoras suelen anidar en promedio, 2619 ocasiones por temporada, con un total máximo de 7055 en 2015 (fig.3). Esto significa una reducción dramática (hasta un 81 %) en lo reportado por ANAI (2000) que

documenta 5 arribadas en La Marinera, con un total de 38,200 nidos que fueron dejados in situ, y el informe de logros de la ARAP 2009-2012.

En cuanto a la cantidad de huevos por cada nido en el sistema tortuguero de Lechuguillas, el número promedio registrado en este trabajo (110), se encontró muy cercano a lo promedio documentado por nido en Márquez (1990), Broderick y Godley (1996) y Azanza-Ricardo (2009), y en la parte alta del rango reportado de huevos depositados por hembra para esta especie por Briseño-Dueñas y Abreu-Grobois (1998) y Zurita et al. (2002). En este sentido, la tortuga verde parece mantener un potencial reproductivo relativamente constante, independiente del área donde desove. También, es notoria que la producción de huevos, *C mydas* exhibe un patrón en ciclos bi-trianuales: mayor producción cada 2-3 años, comportamiento igualmente coincidente con lo registrado para otros estados del país (CNAP 2011). Este patrón, se observa claramente asociado con los tamaños poblacionales y su comportamiento de re-migración, bi-trianual.

En relación al periodo de anidación pico de la tortuga verde, este comprende de julio-agosto-septiembre, siendo anidación fundamentalmente de verano, mientras que Márquez (1990), resalta que el evento de anidación pico de esta especie de quelonio, se alcanza en otoño (octubre y noviembre) en Colombia y Costa Rica (Corcobado 2008). Esto significa que existe un desfase estacional en el desove, probablemente relacionado con la productividad de cada playa, y con las condiciones medioambientales y latitudinales. Al respecto, Brenes-Arias (2010), encontró una relación estadísticamente significativa ( $p < 0.05$ ) del desove otoñal de la tortuga verde, con la mayor precipitación y menor salinidad en la playa en ese periodo. Esas condiciones del medio ambiente, posiblemente fueron semejantes en las playas de Lechuguillas dado que ocurren así, pero durante el verano, periodo de mayor precipitación, según ([smnconagua.gob.mx](http://smnconagua.gob.mx))

El tiempo de incubación y desarrollo, de *Chelonia mydas* fue de 52 días en las playas de Lechuguillas. Este periodo se encuentra dentro del intervalo de tiempo

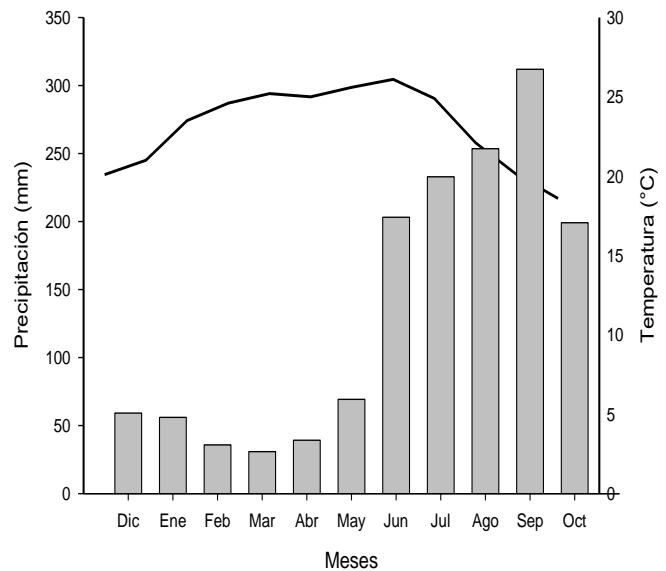
registrado para la especie en el país en otros estudios (Cuevas-Flores et al., 2010). Es, sin embargo, más rápida (15 %) la incubación de la tortuga verde en Veracruz que en Michoacán (Zurita *et al.*, 1993). El proceso de incubación está muy estrechamente relacionado con las características físico-químicas del hábitat (textura, humedad etc.), y sobre todo con los comportamientos meteorológicos: “un aumento en la humedad del mismo y buena ventilación y corresponde con mayor éxito de desarrollo y eclosión” (Maloney et al., 1990). Existe información que muestra que cuando los periodos de incubación en vivero se vieron interrumpidos debido a la lluvia y las temperaturas asociadas, habría habido alteraciones en la proporción machos: hembras de las crías y la de alto riesgo de mortandad (el exceso de agua suele interferir en el desarrollo y ocasionar la muerte del individuo). Al respecto, de acuerdo con las observaciones de Tokida y Kuratani (2001), algunas especies de tortugas de la familia Cheloniidae presentan ojos, extremidades y caparazón cuando se encuentran alrededor del 40 % de su periodo de incubación, durante los estadios 2-4. Con esta reflexión en mente, y dado que la tortuga verde exhibió un periodo de incubación de 52 días, entonces, los estados embrionarios registrados en este trabajo (2-3<sup>ero</sup>), indicarían que se encontraban alrededor de 40-45 días en ese proceso.

Esto, aunque no se registró en este trabajo en las zonas de anidación, es muy probable que haya ocurrido dado que el periodo de incubación se lleva a cabo en gran medida durante el periodo de mayor cantidad de lluvia en el campamento tortuguero cuando las temperaturas del clima del lugar suelen ser de: 26°C y 300 mm de precipitación (smnconagua.gob.mx) .El exceso de agua e inundación necesario que habría afectado el desarrollo se atribuye a ciclones y huracanes como el “Dean” (agosto de 2007, Zurita y Prado, 2007), Karl”, “Lisa” y la tormenta tropical “Mathew” que azotaron las costas veracruzanas (Martínez-Portugal et al., 2011;) cuyas altas marejadas y fuertes vientos asociadas a precipitaciones > a 150 mm acumuladas en menos de dos días (Tabla 2), afectaron también la morfología de las playas y la perdida de nidadas enteras, sobre todo aquellas localizadas la parte cercana a la línea de mar y playa baja. Es tan grande el efecto de los huracanes

(sobre todo de categoría 5) que puede ocasionar disminuciones dramáticas de pérdida de nidadas y mortandad en los huevos que el año 2007, prácticamente desapareció la nidada total anual (véase fig. 4). En este año, las afectaciones a la producción de huevos y neonatos, fueron los de mayor porcentaje a la vez que superaban, en ambos casos el 55 % de pérdida de huevos (Miranda, 2007).

Tabla 2. Condiciones ambientales asociadas a eventos meteorológicos (Huracanes y/o tormentas tropicales en las playas de Lechuguillas, en años particulares dentro del periodo de estudio (smnconagua.gob.mx).

Año	Condición Meteorológica		Intensidad en sitio de contacto	Precipitación Acumulada
	Huracán	Tormenta Tropical		
2007	Dean		2	100-150
		Lorenzo		100-150
2010	Karl		3	125-150
		Mathew		50-70
2011		Arlene		70-80
		Harvey		70-80
2012	Ernesto		3	150-200
		Helene		< 50
2013	Ingrid		4	150-250
		Barry		100-125
		Fernand		100-125
2014	Dolly		3	100-150
2016	Earl		3	100-125
		Danielle		70-100



Lógicamente que estas circunstancias, influyeron en el éxito de eclosión o sobrevivencia de la tortuga verde. La tasa de eclosión de *C. mydas* en el campamento tortuguero puede considerarse relativamente alto y dentro del intervalo de gran variación (50-75%) de otras investigaciones y reportes (Hirth, 1997).

La tasa de reclutamiento (liberación de crías). Ciertamente que el reclutamiento de crías liberadas por el campamento tortuguero fue el de las crías sobrevivientes (circa 70%). Esta tasa de liberación es menor (entre un 10-20%), a la documentada para otras playas (Miranda 2007). Es evidente entonces, que el proceso selección del sitio de anidación-tiempo de incubación-éxito de eclosión, sobrevivencia y reclutamiento de *Chelonia mydas* están fuertemente relacionados con características medio ambientales del hábitat, del clima y de la temporada.

Crecimiento Poblacional. La tasa de crecimiento del fragmento poblacional de la tortuga verde que suele anidar en Lechuguillas, fue modesta, aunque constante. Sin embargo, es prácticamente igual al de otras poblaciones en el golfo de México y sureste del país, al menos durante la primera mitad de la década de estudio. El crecimiento de la tortuga durante la segunda mitad del periodo, es no obstante muy inferior al comportamiento mostrado por la población en playas del caribe mexicano. Esta diferencia podría ser atribuible, a la fragmentación del hábitat por aspectos antropocéntricos, y a una mejor e instrumentada política de protección y resguardo de la especie en dichas playas. El cambio de uso del suelo para desarrollo y turístico (fragmentación del hábitat) es uno de los más impactantes. La alteración de las áreas de anidación para las tortugas, la transformación de la vegetación original arbórea (detrás de las dunas) en pastizales ganaderos (Miranda, 2007), crea una zona abierta luminosa, menor protección o resguardo, mayor efecto del viento en la morfología de las playas de anidación con mayor impacto en las tasas de anidación y de desarrollo y éxito de eclosión de las tortugas. Esto significa la destrucción de los hábitats vitales para completar su ciclo de vida. Todas estas actividades afectan los procesos de ovoposición por la disminución del espacio disponible y las constantes modificaciones de las playas, generando impactos negativos sobre el estado de estas poblaciones, altera su potencial reproductivo, y aumenta su vulnerabilidad (Bolongaro *et al.*, 2010). Esto seguramente explica la reducción en ese año (Miranda, 2007) de la nidada total en relación a años previos.

En cualquier instancia, la tendencia al alza en el número de nidos número de huevos, así como el de crías liberadas, al cabo de diez temporadas podría ser un indicativo de un crecimiento demográfico positivo de la tortuga verde.

La política de mayor protección, potenciaría el crecimiento de la especie, sobre todo en la temporada de arribazón, y que a las hembras adultas no sean depredadas por el hombre (huevos y hembras adultas). La caza, para consumo de carne y huevos (Barreto-Sánchez 2011; Amaya-Espinel y Zapata-Padilla 2014) y por captura incidental (Guzmán *et al.* 2009) es la principal amenaza y riesgo en variados



ecosistemas costeros del mundo (Rueda et al. 2007). En Lechuguillas, debido a la insuficiencia de personal de campo para la vigilancia que prevenga esa depredación, no habría sido (posiblemente) mejorar dicha situación.

Al comportamiento biológico y demográfico de la población de este quelonio, debe añadirse las condiciones de amenaza o riesgo (internas y externas) de las hembras reproductoras que anidan ahí. Depredación por fauna nativa e introducida, saqueo y el calentamiento global serían del orden interno mientras que la contaminación representa la causa externa.

La depredación de nidos y crías por fauna nativa e introducida se ha vuelto un gran problema debido al descontrol y aumento desmedido de las poblaciones de depredadores de tortugas marinas como la tortuga verde durante la temporada reproductiva, depredando un gran número de ellos cada noche (Engeman *et al.*, 2005). Existe una larga lista de depredadores naturales de huevos y crías incluyendo cánidos, aves, saurios, insectos, peces y cangrejos fantasma (Yerli et al., 1997; Kaska, 2000; Tomás et al., 2010; Sundín, 2001).

En este estudio y en el campamento tortuguero, el porcentaje de pérdida de huevos por depredación puede ser considerado semejante y dentro del intervalo del sufrido en otras playas del sureste mexicano Campeche (4 % Guzmán et al., 2008), Yucatán (15-20 %, en CNANP-2018), Quintana Roo (6 % FFCM, 2007), y 1- 27% en el periodo de 1994 a 2007, en la misma playa Lechuguillas, Veracruz (Seminoff 2004). Sin embargo, confirman que es el perro el mayor depredador de huevo de la tortuga verde en el lugar y que su tasa de depredación va en aumento: del 13 y 16, respectivamente. También se reportan otros animales depredadores como las ratas, aunque solo se tiene registros de observaciones personales y no cuantitativas, así como de insectos. Un cánido (el coyote), es reportado también como el mayor depredador de nidadas de esta especie de tortuga en otras zonas del Golfo de México, Rancho Nuevo, Tamaulipas. (TEWG, 2000).

El saqueo (atribuible al hombre), suele ser a través de la muerte y sacrificio de hembras adultas anidando, siendo en las nidadas a las que no se les puede vigilar y proteger, el más impactante (Fig.9). En este estudio dado que la información procede del área en resguardo, la información en la base de datos muestra que casi no se detectó el sacrificio de las hembras en anidación. Solamente, existen registros puntuales de alguna hembra “volteada “muerta, pero principalmente en las playas que no habrían sido resguardadas. Esto dificultó, la cuantificación, por eso no pudo establecer la magnitud de esta amenaza en el sistema. En donde sí logró cuantificar la amenaza e impacto del hombre en la tortuga es en la tasa de saqueo, principalmente por la extracción del desove completo de nidos. Esto provocó que en el (0.9%) haya sido imposible dar el seguimiento adecuado los nidos que estaban en observación durante su periodo de incubación. De acuerdo con la fig.9, la magnitud de saqueo habría sido del orden de 3.77 % en su valor máximo. Este valor, se puede considerar bajo en relación al reportado para otras investigaciones. En el Pacífico michoacano (distintas playas michoacanas), el saqueo de nidos en las playas varía de 5- 50 %. Cabe resaltar que esa información procede de nidadas que se dejan in situ (30%) en corrales protegidos (CNANP, 2018), cantidad de playa también registrada en este trabajo.

### **Calentamiento Global e Implicación de los cambios de temperatura.**

El impacto del calentamiento global es de particular interés sobre todo porque existen organismos en cuya determinación del sexo depende de la temperatura (TSD), sobre todo la temperatura de incubación durante el desarrollo embrionario (Chacón *et al* 2007), hecho que a menudo induce la producción de progenies con relaciones de sexo muy sesgadas, contrarias a las pronosticadas (Hays *et al.* 2017). Este enigmático comportamiento ha provocado preocupación de que el calentamiento global pueda inducir generaciones con un solo sexo. Yntema y Mrosovsky (1982) mostraron que, para todas las especies de tortugas marinas, la temperatura pivotal (temperatura que produce una razón de sexos 1:1) es aproximadamente 29° C; por encima de los 32° C, todas las crías serían hembras y

por debajo de 28° C todas serían machos (Spotila et al., 1987. En Spotila 2004). Existen claras, aunque escasas evidencias de que las progenies de tortuga verde podrían estar produciendo progenies principalmente de hembras (Hays, et al., 2017). Al respecto, Jensen et al. (2018), utilizando una combinación de técnicas genéticas y endócrinas, mostraron que una población importante de la tortuga *Chelonia mydas* (de las más grandes en el mundo), ha producido principalmente hembras durante dos décadas, lo cual sugiere una eventual total feminización en un futuro cercano. Los mismos autores añaden las temperaturas de incubación extremas no sólo producirán más hembras, sino que causarán mayor mortandad en las camadas.

Las proporciones hembra: macho de las poblaciones dependen de las condiciones climáticas de las playas de incubación (Godfrey y Mrosovsky, 2006). Existe información que muestra que cuando los periodos incubación en vivero se vieron interrumpidos debido a la lluvia, las nidadas siempre mostraron una tendencia al desarrollo de machos, pues las temperaturas eran menores a la pivotal (Azanza-Ricardo 2009). En dicha investigación también, se observó cómo todas las nidadas alcanzaron el límite inferior de la temperatura umbral 24°C, temperatura a la cual hay un alto riesgo de mortandad. Esto, aunque no se registró en este trabajo en las zonas de anidación, es muy probable que haya ocurrido dado que el periodo de incubación se lleva a cabo en gran medida durante el periodo de mayor cantidad de lluvia en nuestra zona cuando las temperaturas del clima del lugar suelen ser entre 21-26 °C (smnconagua.gob.mx). Como se observa, este intervalo de temperatura oscila con el umbral que suele inducir mortandad en el embrión (Ackerman 1997).

De acuerdo con este razonamiento, las progenies de hembras reproductoras del sistema del campamento tortuguero no serían totalmente de hembras. Asimismo, de acuerdo con Hays et al. (2010), la mayor periodicidad reproductiva del macho mitigara el sesgo de más hembras en las crías, más allá de lo sospechado. Esto sería debido a una combinación entre la habilidad de los machos para fecundar más

huevos de muchas hembras, y de las hembras para guardar espermas para fecundar muchas camadas durante periodos mayores.

#### Contaminación.

Esta amenaza se considera más como el de una causa externa que la que podría afectar in situ (derrames ocasionales). De estos en México, la muerte de 27 tortugas verdes estuvo asociada a la exploración sísmica realizada por PEMEX, principalmente de 2004 a 2005, así como juveniles y adultos que fueron afectados por derrames de petróleo crudo proveniente de la industria petrolera (En CNANP, 2018).

El deterioro del ambiente por la contaminación marina (Bell *et al.*, 2003). Actualmente, estos ecosistemas sufren problemas importantes de contaminación y degradación, lo que constituye una grave amenaza para la conservación de esta especie y de todas las especies de tortugas marinas. La contaminación marina parece ser un problema creciente para la tortuga verde, cuyo efecto sería a través de su alimentación en las áreas de alimentación (fuera de sus sitios de reproducción, por lo tanto). De acuerdo con Da Silva *et al.* (2014) su investigación muestra que en áreas de alimentación y desarrollo de *C. mydas* en costas atlánticas brasileñas, la concentración de contaminación, de metales esenciales y no esenciales (Ag, Cd, Cu, Pb y Zn), perjudica significativamente a esta especie y el daño es en musculo, hígado y riñón. Asimismo, Clukey *et al.* (2018) reportan consumos, dentro de la alimentación, de hasta de 23.1 g de plástico. El plástico proviene de contenedores con restos de contaminantes de partículas orgánicas persistentes como DDTs, PCBs, CHLs, HBCA y PBDEs cuya posible ruta de ingreso en la tortuga fue por la ingestión de esos restos (Teuten *et al.*, 2009) y alterando su potencial reproductivo.

Estos contaminantes ambientales se han sugerido como la causa probable de fibropapilomatosis (FP) en la tortuga verde. La fibropapilomatosis es una

enfermedad pandémica caracterizada por tumores externos e internos asociada con virus del herpes en las tortugas marinas. En la tortuga verde, la severidad se relaciona de manera directa con la edad y la tasa de crecimiento: a mayor edad o tamaño mayor severidad de la fibropapilomiasis, probablemente por mayor exposición al factor causal de la enfermedad (Chaloupka y Balazs 2005, 2009), y que Balazs y Chaloupka (2004) teorizan que pudo haber influido en el dramático abatimiento de la población de esta especie en la región de las islas hawaiianas en las últimas décadas del siglo pasado.

Al respecto, estudios muy recientes (Da Silva et al., 2016), indican que los metales y partículas orgánicas persistentes suelen ocasionar estrés oxidativo tóxico en los organismos, y que este estrés se relaciona con la patogenia por infección viral del papiloma. Esto es, que la contaminación metálica, en particular de Cu, Fe and Pb y algunas sustancias cloradas, debe de estar implicada en la etiología de papiloma en la tortuga verde a través de la generación estrés oxidativo. Parte de estos metales pesados fueron encontrados presentes en huevos ovipositados por individuos la tortuga verde en la zona (Contreras-Vega, 2016), y en playas de Yucatán (Cuevas et al. 2003). Cabe, sin embargo, resaltar que las concentraciones detectadas estuvieron por debajo de la norma oficial y por lo tanto libre de contaminación y sin efecto aparente sobre el éxito de eclosión, en dicha investigación. Contaminantes como, Cd, Zn, Pb se encontraron positivamente relacionados con la oxidación (Da Silva et al. 2016), debido a que inducen la síntesis de metalotioninas para protegen el tejido en contra de los efectos tóxicos de esas sustancias.

Las implicaciones de esta hipótesis, explican la creciente tendencia (fig.- 10 a, b, y c) de esta enfermedad en la progenie de la tortuga en el área de estudio, y que confirma que la mayor incidencia se registra en el grupo de crías y sus primeros años de edad más que el reportado para la población de juveniles, sub-adultos y adultos (Orós et al., 1999; Santoro et al., 2009), y alterando su potencial

reproductivo. Los efectos de esta enfermedad pueden verse incrementados con diferentes tipos de contaminantes marinos (Herbst y Klein, 1994).

En síntesis, de los factores de riesgo para *C. mydas* en Lechuguillas, la fragmentación del sitio, la depredación y el saqueo son amenazas que no se han podido controlar o mitigar, como lo reporta para otras playas la Comisión Natural de Áreas Naturales Protegidas (CNANP, 2011).

Finalmente, como conclusión, los resultados señalan que los rasgos demográficos, reclutamiento y condición de las hembras de *Chelonia mydas* en las playas de Lechuguillas, está regulada, en gran medida, por las características ambientales del área, el afecto antrópico (alteración del hábitat, modificación morfológica de las playas, cambio de uso del suelo), el saqueo y la depredación tanto por fauna silvestre como doméstica, y condiciones meteorológicas. Por lo cual, se sugieren las siguientes recomendaciones

Por lo cual, se sugieren las siguientes recomendaciones:

### **Recomendaciones.**

Limpiar de obstáculos la playa que dificulten el desplazamiento de las tortugas hacia las zonas de anidación.

Prohibir la alteración de las pocas zonas de anidación y forrajeo que son usados por esta especie.

Restringir, la ocupación ilegal de personas en la playa.

Aumentar vigilancia y el patrullaje con mayor énfasis, sobre todo durante el periodo de anidación e incubación.

Desarrollar estrategias de protección de juveniles, sub-adultos y adultos sobre todo para las pocas hembras anidantes y sus posturas,

Establecer un control o programa riguroso para erradicar la fauna depredadora hogareña (perros, puercos)

Integrar de manera activa a la comunidad en el programa de conservación.

Inducir a un mayor compromiso de las autoridades (Policía, marina), entre otros, para erradicar las actividades ilegales de captura de hembras y extracción de nidadas.

Asegurar medidas anti-de predatorias más eficientes de huevos, juveniles y adultos (captura dirigida o incidental), y de destrucción de los hábitats vitales para completar su ciclo de vida

## Referencias.

Ackerman R.A. 1997. The nest environment and the embrionic development of the sea turtle eggs. *Amer. Zool.* 20: 575-583

Allendorf F.W y Luikart G. 2007. Conservation and the genetics of populations. Blackwell Publising. USA.

Alvarado-Díaz J, Delgado-Trejo C, Suazo-Ortuño I. 2001. Evaluation of black turtle project in Michoacan, México. *Mar. Turtle Newslet.* 92: 4–7.

Alvarado, J y Murphy, T. 2000. Periodicidad en la anidación y el Comportamiento entre anidaciones. En Manual de técnicas de investigación y manejo para la conservación de las tortugas marinas, UICN/CSE Grupo de especialistas en tortugas marinas N° 4,270 p

Amaya-Espinel J.D y Zapata-Padilla L.A. 2014. Guía de las especies migratorias de la biodiversidad en Colombia, Tortugas marinas, mamíferos marinos y dulceacuícolas. Vol. 3. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible / WWF-Colombia. Bogotá, D.C. Colombia. P. 370.

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

Antonio-Cahuich A, Mena-Celis G, Ojeda-Sarabia W, Pech-Domínguez C. 2006. Conservación de la tortuga Marina (*Chelonia Mydas*) en Cozumel. Teoría y Praxis.2 (2006).127-136.

Araúz E.A, Pacheco L, Shirley Binder S y de Ycaza R. 2017. Diagnóstico de la Situación de las Tortugas Marinas y Plan de Acción Nacional para su Conservación. Ministerio de Ambiente, Ciudad de Panamá. 104 páginas.

Arthur, K.E, Boyle M.C y Limpus C.J. 2008. Ontogenetic changes in diet and habitat use in green sea turtle (*Chelonia mydas*) life history. *Mar Ecol Prog Ser* 362: 303-311.

Asociación ANAI. 2000. Manual para mejores prácticas de conservación de las tortugas marinas en Centroamerica.

Azanza-Ricardo J. 2009. Estrategia reproductiva de la tortuga verde *Chelonia mydas* (Testudines, Chelonidae) y su impacto en la estructura genética de áreas de anidación del occidente del archipiélago cubano. Tesis Doctoral, Universidad de la Habana.



Balazs, G.H. 1994. Homeward bound: satellite tracking of Hawaiian green turtles from nesting beaches to foraging pastures. En: Schroeder, B.A. & B.E. Witherington eds. Proceedings of the Thirteenth Annual Symposium on Sea Turtle Biology and Conservation. NOAA Tech. Memo., NMFS-SEFSC-341, 205, Miami, FL.

Balazs, G.H y Chaloupka C. 2004. Thirty year recovery trend in the once depleted hawaiian green sea turtle stock. *Biology Conservation* 117: 491-498

Barreto Sánchez L.J. 2011. Diagnóstico del Estado Actual de las Tortugas Marinas en el Pacífico Colombiano. Informe Nacional. Guayaquil, CPPS y Fundación Conservación Ambiente Colombia, iii, 41, (24).

Bell B.A, Spotila J.R, Paladino F.V y Reina R.D. 2003. Low cost reproductive success of leatherback *Dermochelys coriácea* is due to high embryonic mortality. *Biological Conservation* 131-138

Bjorndal, K.A. 1997. Foraging ecology and nutrition of sea turtles. En: Lutz, P.L. & J.A. Musick, eds. *The Biology of Sea Turtles*. CRC Press, Boca Raton, FL. 199–231.

Bjorndal K.A, y Bolten A.B. 1992. Spatial distribution of Green turtle (*Chelonia mydas*) at tortuguero, Costa Rica. *Copeia* 1: 45-53

Bolken B, Okayama T, Bjorndal K.A y Bolten A.B. 2007. Incorporating multiple mixed stocks in mixed stock analysis: many to many analysis. *Mol. Ecol.* 16: 685-695

Bologaro, A, Márquez, Z, Torres, V. y García, A. 2010. Vulnerabilidad de sitios de anidación de tortugas marinas por efectos de erosión costera en el estado de Campeche, p. 73-96. En: A.V. Botello, S. Villanueva-Fragoso, J. Gutiérrez, y J.L. Rojas Galaviz (ed.), *Vulnerabilidad de las zonas costeras mexicanas ante el cambio climático*. Semarnat-INE, UNAM-ICMyL (pp. 514). Universidad Autónoma de Campeche.

Bowen B.W y Karl S.A. 2007. Population genetics and phylogeography of sea turtles. *Mol. Ecol.* 16: 4846-4907

Brenes Arias, O. 2010. Proyecto de conservación de Tortugas Marinas, Playa Tortuga, Ojochal de Osa, Puntarenas Costa Rica, Temporada 2010: Informe Final.

Briseño-Dueñas R. y Abreu Grobois F.A. 1998. Las Tortugas y sus playas de anidación en México. Universidad Nacional Autónoma de México. Instituto de

Ciencias del Mar y Limnología. Informe FWAL SNIB CONABIO Proyecto No. P066.México.

Bravo-Gamboa P.R y Martínez-Portugal R.C. 2006. Protección y Conservación de las Tortugas Marinas *Chelonia mydas* en Playas de Lechuguillas, Municipio de Vega de Alatorre, Veracruz, Temporada 2006. Informe Final.

Broderick A.C, Godley B.J y Hays G.C. 2001. Trophic status drives inter-annual variability in nesting numbers of marine turtles. *Proceedings of the Royal Society* 268: 1481-1487

Broderick A.C y Godley B.J. 1996. Population and nesting ecology of the Green turtle, *Chelonia mydas*, and the loggerhead turtle *Caretta caretta* in Cyprus. *Zool. In the Middle East* 13: 27-45

Cardona, L, P. Campos, Y. Levy, A. Demetropoulos y D. Margaritoulis. 2010. Asynchrony between dietary and nutritional shifts during the ontogeny of green turtles (*Chelonia mydas*) in the Mediterranean. *J Exp Mar Biol Ecol* 393:83-89.

Chacón D y Araúz R. 2001. Diagnostico Regional y Planificación de Estratégica para la Conservación de las Tortugas Marinas en Centroamérica. Red Regional para la conservación de las tortugas marinas en centroamerica.

Chacón D, Dick D, Harrison E, Sarti L y Soland M. (2008) "Manual sobre técnicas de manejo y conservación de las tortugas marinas en playas de anidación de centro américa (Propuesta base)". Taller sobre técnicas de manejo y conservación de tortugas marinas en playas de anidación de la región centroamericana. Costa Rica. <http://www.iacseaturtle.org>.

Chaloupka M y Balazs G. 2005. Modelling the effect of fibropapilloma disease on the somatic growth dynamics of Hawaiian green sea turtles. *Mar. Biol.* 147: 1251-1260

Chaloupka M, Balazs G y Work T.M. 2009. Rise and Fall over 26 Years of a Marine Epizootic in Hawaiian Green Sea Turtles. *Journal of Wildlife Diseases*: 45 (4): 1138-1142.

Chassin-Noria, O. 2002. Estructura genética y sistemática molecular de la tortuga negra *Chelonia mydas* (Linnaeus, 1758) del estado de Michoacán México. Facultad de Ciencias.

Chassin-Noria, O, A. Abreu, P. Dutton y K. Oyama. 2004. Conservation genetics of the east Pacific Green turtle (*Chelonia mydas*) in Michoacán, México. *Genética*. 121:195-206

Clukey K.E, Lepczyk C.A, Balazs G.H, Work T.M, Li Q.X, Bachman M.J and Lynch J.M. 2018. Persistent organic pollutants in fat of three species of Pacific pelagic longline caught sea turtles: Accumulation in relation to ingested plastic marine debris. *Sci.Total Environ.* 610–611; 402–411

Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CNANP). 2011. Programa de acción para la conservación de la especie tortuga verde/negra, *Chelonia mydas*. CONANP. México.

Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CNANP). 2018. Programa de acción para la conservación de la especie tortuga verde/negra (*Chelonia mydas*), semarnat/conap, Mexico (año de edición 2018).

Contreras-Vega L.A. 2016. Metales pesados en huevos de tortuga lora (*Lepidochelys kempii*) y verde (*Chelonia mydas*) y su relación con el éxito de eclosión. Tesis de Maestría, Fac. de Ciencias y Agrop. Univ. Veracruzana, Campus Tuxpan. Méx.

*Convenio sobre la Diversidad Biológica*. 1993. DOF, 07 de mayo de 1993. Recuperado el 11 de agosto de 2017, de <https://www.cbd.int/doc/legal/cbd-es.pdf>

Cornelius S.E. 1986. The Sea Turtles of Santa Rosa National Park. Fundación de Parques Nacionales, Universidad Estatal a Distancia (UNED). Costa Rica.

Cuevas, E., A. Maldonado y V. Cobos. 2003. determinación de DDT y DDE en huevos de tortuga blanca (*Chelonia mydas*) y tortuga carey (*Eretmochelys imbricata*), en la costa de Yucatán, Mexico. *Oceánides*, 18 (2): 87-92.

Cuevas-Flores E, González-Garza B.I, Segovia-Castillo A, Sosa-Escalante J. 2010. Tortugas marinas: poblaciones y hábitat críticos En. Biodiversidad y desarrollo humano en Yucatán. Durán R. y Méndez M. CICYPPD-FMAM. CONABIO, SEDUMA. P 262-263.

Da Silva C.C, Klein R.D, Barcarolli I.F y Bianchini A. 2016. Metal contamination as a possible etiology of fibropapillomatosis in juvenile female green sea turtles *Chelonia mydas* from the southern Atlantic Ocean. *Aquat Toxicol.* 170:42-51

Da Silva C.C, Varela A.S Jr, Barcarolli I.F, Bianchini A 2014. Concentrations and distributions of metals in tissues of stranded green sea turtles (*Chelonia mydas*) from the southern Atlantic coast of Brazil. *Sci Total Environ.* 466-467: 109-118

De La Fuente M, González J. 1998 El origen y Evolución de las tortugas: Nuevas evidencias de la Pangea Meridional. 13.65-69.

Delgado, T. C. 2003. Historia de vida y conservación de la población de tortuga negra (*Chelonia agassizi*) que anida en Michoacán. Tesis Maestría, Facultad de Biología, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.

Delgado, T. C. 2008. Situación actual de la tortuga negra en el Pacífico Oriental. En: Memorias de la Reunión Nacional sobre Conservación de las Tortugas Marinas. Dirección de Especies Prioritarias para la Conservación – CONANP.

Diario Oficial de la Federación, 2010. 2010NOM-059-SEMARNAT-2010.

Eckert K.L, K.A Bjorndal, F.A Abreu-Grobois y M. Donnelly. 1999. Research and management techniques for the conservation of sea turtles. Washington, DC: International Union for Conservation of Nature and Natural Resources (IUCN)/Species Survival Commission (SSC), IUCN/SSC Marine Turtle Specialist Group 4

Ene A.R, Su M.Y + 5 autores, Herbst L.H. 2005. Distribution of chelonid fibropapillomatosis-associated *herpesvirus* variants in Florida: molecular genetic evidence for infection of turtles following recruitment to neritic development habitats. *Journal of Wild Disease.* DOI:10.7589/0090-3558-41.3.489

Engeman, R. M, Martin R. E, Smith, H. T, Woolard, J., Crady, C. K, Shwiff, S. A, Constantine, B, Stahl, M. y Griner J. 2005. Dramatic reduction in predation on marine turtle nests through improved predator monitoring and management. *Oryx*, 39(3): 318 – 326.

Figuroa A, Alvarado J, Hernández F, Rodríguez G y Robles J. 1993. The ecological recovery of sea turtles of Michoacán, México. Special attention to the black turtle (*Chelonia agassizi*). Final Report to WWF-USFWS, Albuquerque, 96 pp.

Fitzgerald S.L. 2004. Los metales pesados en cuatro especies de tortugas marinas de Baja California, México. Master's Thesis, CIBNOR, La Paz, BCS.

Flora, Fauna y Cultura de México (FFCM). 2007. Programa de protección y conservación de tortugas marinas en el litoral central del estado de Quintana Roo: Informe final, Temporada 2007. Flora, Fauna y Cultura de México, AC. 55 pp.

Fundación Corcovado, 2008; <http://www.corcovadofoundation.org>

Godley, B.J, Thompson D.R, Waldron S. y Furness R.W. 1998. The trophic status of marine turtles determined by stable isotope analysis. *Mar Ecol Prog Ser* 166:77-284.

Godfrey, M. y Mrosovsky N. 2006. Pivotal temperature for green sea turtles, *Chelonia mydas*, nesting in Suriname. *Herpetological Journal* (16): 55-61.

Grupo de Expertos en Tortugas marinas (GETM). Informe 2004.

Groombridge, B y Luxmoore R. 1989. The green turtle and hawksbill (Reptilia: Cheloniidae): world status, exploitation and trade. *Secretariat of the Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora*. 144 – 152 pp.

González-Baca C. (2005) Reporte del comité de protección a la tortuga marina 2005. México. Campamento Tortuguero y Centro de interpretación ambiental. Cozumel.

Goshe L.R., Snover M.L, Hohn A y Balazs G.H. (2016). Validation of back calculated body length and timing of growth mark deposition in hawaiian Green sea turtles. *Ecology and evolution*; 6(10).

Green D.M. 2005. Designatable units for status assessment of endangered species conservation biology. *Society for Conservation Biology*. P 1813-1820

Guzmán V, Cuevas F. E, Abreu-G F.A, González-G. B, García A. P, y Huerta, R. P. (Compiladores) 2008. Memorias. CONANP/EPC/ APFFLT / PNCTM/. ix+244pp

Guzmán H V, Velazco O J.J y García A. P.A. 2009. Captura incidental de tortugas marinas, asociadas con la pesca ribereña en cinco puertos del estado de Campeche, México. 2009. Reporte final para Defenders of Wildlife. APFFLT/Conanp. 24pp+iii

Hays G.C. 2000. The implications of variable remigration intervals for the assessment of population size in marine turtles. *J. Theor. Biol.* 206: 221-227

Hays, G.C, Mazaris A.D, Schofield G y Laloe J.O. 2017. Population viability at extreme sex-ratio skews produced by temperature- dependent sex determination. *Proc. Biol. Sci.* 284, 20162576.

Hays G.C, Fossette S, Katselidis K.A, Schofield G y Gravenor M.B. 2010. Breeding periodicity for male sea turtles, operational sex ratios, and implications in the face of climate change. *Conserv Biol.* 24(6):1636-43

Heppell S.S, Crowder L.B y Menzel T.R. 1999 Life table analysis of long-lived marine species with implications for conservation and management. In: Musick JA (ed) Life in the slow lane: ecology and conservation of long-lived marine animals. Am Fish Soc, Bethesda, pp 137–148

Herbst L. H y Klein P. A. 1994. Green Turtle fibropapillomatosis: challenges to assessing the role of environmental cofactors. *Environmental Health Perspectives*, 103: 27-30.

Hirth, H.F. 1997. Synopsis of the biological data on the green turtle *Chelonia mydas* (Linnaeus 1758). United States Fish and Wildlife Service Biological Report 97.

Jensen M.P, Allen C.D, Eguchi T, Bell I.P, La Casella E.L, Hilton W.A, Hof C. A.M, y Dutton P.H. 2018. Environmental warming and feminization of one of the largest sea turtle populations in the world. *Cur. Biol.* 28:154–159

Kaska Y. 2000. Genetic structure of Mediterranean sea turtle populations. *Turk. J. Zool.* 24: 191-197.

Kasperek M, Godley B.J y Broderick A.C.. 2001. Nesting of the Green Turtle, *Chelonia mydas*, in the Mediterranean: a review of status and conservation needs. *Zoology in the Middle East* 24: 45–74

Karl S. y Bowen B. 1999. Evolutionary Significant Units vs geopolitical taxonomy: Molecular systematics of an endangered sea turtle (genus *Chelonia*). *Conser. Biol.* 13(5): 990-999.

López-Mendilaharsu, M, Gardner S.C, Seminoff J.A, y Riosmena-Rodríguez R. 2005. Identifying critical foraging habitats of the green turtle (*Chelonia mydas*) along the Pacific coast of the Baja California peninsula, Mexico. *Aquatic Conserv: Mar Freshw Ecosyst* 15:259-269.

Maloney J.E, Darian-Smith C, Takahashi Y y Limpus C.J. 1990. The environment for the development of the embrionic loggerhead turtle (*Caretta caretta*) in Queensland. *Copeia* 378-387

Márquez M. R. 1990. FAO Species Catalogue, Vol. 11. Sea turtles of the world. An annotated and illustrated catalogue of the sea turtle species known to date. FAO United Nations, 81 pp.

Martínez-Portugal R.C, Díaz S. H, Sánchez S. J y Bretón V. E. 2011. Protección y Conservación de las Tortugas Marinas Lora (*Lepidochelys kempi*) y Verde (*Chelonia mydas*) en Lechuguillas, Municipio de Vega de Alatorre, Veracruz, Temporada 2010. CONANP.

Matsuzawa Y, Sato K, Sakamoto W y Bjorndal K.A. 2002. Seasonal fluctuations in sand temperature: effects on the incubation period and mortality of loggerhead sea turtle (*Caretta caretta*) pre-emergent hatchlings in Minabe, Japan. *Marine Biology* 140: 639–646

Meylan P.A, Meylan B.A y Yeomans R.1992. Interception of Tortuguero-bound green turtles at Bocas Del Toro Province, Panama. En: Salmon, M. & J. Wyneken eds. Proceedings of the Eleventh Annual Workshop on Sea Turtle Biology and Conservation, NOAA Tech. Memo., NMFS-SEFC-302, 74, Miami, FL.

Millán-Aguilar O. G. 2009. Estructura genética poblacional de la tortuga verde, *Chelonia mydas* en el Golfo de México determinada por análisis de secuencias del ADN mitocondrial. Tesis Maestría. Posgrado en Ciencias del Mar y Limnología. UNAM.

Miller J. D. 1997. Reproduction in sea turtles. En: Lutz P.L. & J.A. Musick eds. The Biology of Sea Turtles. CRC Press, Inc., Boca Raton, FL, 51.

Miranda J. L. 2007. Protección y Conservación de las Tortugas Marinas en la playa de Lechuguillas, Municipio de Vega de Alatorre, Veracruz. Informe Final, Temporada 2006. SEMARNAT/PNSAV, Veracruz, Ver. 36 pp.

Moncada-Gavilán F, Nodarse-Andreu G, Azanza Ricardo J, Medina Cruz y Forneiro-Martín-Viaña Y. 2011. Las tortugas marinas y el cambio climático en Cuba. Cuba: Medio Ambiente y Desarrollo. *Rev Agen Med Amb.* 11(20).

Monzón-Argüello C, Tomás J, Naro-Maciel E y Marco A. 2010. *Chelonio mydas* (Linnaeus, 1758). En: Enciclopedia Virtual de los Vertebrados Españoles. Salvador, A., Marco, A. (Eds.). Museo Nacional de Ciencias Naturales, Madrid. <http://www.vertebradosibericos.org/>

Morales-Betancourt M.A, Lasso C.A, Páez V.P y Bock B.C. 2015. El libro Rojo de reptiles de Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH), Universidad de Antioquia. Bogotá, D. C., Colombia. 258 pp

Mortimer, J.A. 1995. Feeding ecology of sea turtles. En: Bjorndal, K.A. ed. *Biology and Conservation of Sea Turtles*. Smithsonian Institution Press, Washington, DC, 103.

Musick J.A y Limpus C.J. 1997. Habitat utilization and migration in juvenile sea turtles. In: PL Lutz, JA Musick (eds.), *The Biology of Sea Turtles*. CRC Press, Boca Raton. Pp. 137–163.

Naranjo E.J. (2000) “Estimaciones de abundancia y densidad en poblaciones de fauna silvestre tropical” En. “Manejo de fauna silvestre en amazonia y Latinoamérica”. Convención sobre el comercio internacional de especies amenazadas de fauna y flora silvestre. Fundación Moisés Bertoni. P.37-46

Nathan R, Getz W. M, Revilla E, Holyoak M, Kadmon R, Saltz D y Smouse P. E. 2008. A movement ecology paradigm for unifying organismal movement research. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 105: 19052-19059.

Negrete P. A. C. 2006. El programa de iniciación y autoinjerto estatus actual y perspectivas Parque Xcaret. En: Memorias del Taller Estatal de Tortugas Marinas, Temporada 2006. Playa del Carmen, Quintana Roo, México.

Nichols W.J, Seminoff J.A, Reséndiz A, Dutton P y Abreu-Grobois F.A. 1999. Using molecular genetics and biotelemetry to study life history and long distance movement: A tale of two turtles. In: FA Abreu-Grobois, R Briseño-Dueñas, R Márquez-Millan, L Sarti-Martínez (comps.), *Proceedings of the Eighteenth Annual Symposium on Sea Turtle Biology and Conservation*. NOAA Tech. Mem. NMFS-SEFC-436. Pp. 102–103.

Orós J, Lackovich J. K, Jacobson E. R, Brown D. R, Torrent A, Tucker S y Klein, P. A. 1999. Fibropapilomas cutáneos y fibromas viscerales en una tortuga verde (*Chelonia mydas*). *Revista Española de Herpetología*, 13: 17-26.

Ozdemir A, Turkozan O y Guclu O. 2008. Embryonic Mortality in Loggerhead Turtle (*Caretta caretta*) Nests: A Comparative Study on Fethiye and Göksu Delta Beaches. *Turk. J. Zool.* 32: 287-292

Piedra-Castro L y Morales-Cerdas V. 2015. Preferencias en la anidación de tortugas carey (*Eretmochelys imbricata*) y baulas (*Dermochelys coriacea*) en el Refugio



Nacional de Vida Silvestre Gandoca Manzanillo, Limón, Costa Rica. *Tecnología en Marcha*. Vol. 28, (3):86-98.

Presti S, Reséndiz A, Sollod A, Seminoff J.A. 1999. Mercury presence in the scutes of black sea turtles, *Chelonia mydas agassizii*, in the Gulf of California. *Chelonian Cons. Biol.* 3: 531–533.

Pritchard Peter C.H. (2004).” Condición global de las tortugas marina: un análisis”. Documento inf-001.Convención Inter americana para la protección y conservación de las tortugas marinas. Primera conferencia de las partes. (COP1CIT). Primera parte.

Quackenbush S. L, Work T. M, Balazs G. H, Casey R. N, Rovnak J, Chaves, A, duToit L. et al. 1998. Three closely related Herpesviruses are associated with fibropapillomatosis in marine turtles. *Virology*, 246: 392-399.

Robles de Benito R. 2009. Las unidades de manejo para la conservación de vida silvestre y el Corredor Biológico Mesoamericano México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México.

Rueda-Almonacid J.V, Carr J.L, Mittermeier R.A, Rodríguez-Mahecha J.A, Mast R.B, Vogt R, Rhodin J. A, Ossa-Velásquez J, Rueda N y Mittermeier C.G. 2007. Las Tortugas y los Cocodrilianos de los Países Andinos del Trópico. Conservación Internacional, Bogotá, D.C., Colombia.

Santoro M, Greiner E. C, Morales J. A, Rodríguez-Ortíz, B. 2009. Redescription of *Monticellius indicum* Mehra, 1939 (Digenea: Spirorchidae) from the heart of green sea turtles (*Chelonia mydas*) in Costa Rica. *The Open Parasitology Journal*, 3: 4-8.

Segura L.N y Cajade R. 2010. The Effects of Sand Temperature on Pre-emergent Green sea turtle Hatchlings. *Herpetological Conser. Biol.* 5(2):196-206.

Seminoff J. A, Resendiz A, Nichols W y Jones T. 2002. Growth rates of wild green turtle *Chelonia mydas* at a temperate foraging area in the Gulf of California, Mexico. *Copeia* 3:610-617.

Seminoff J.A, Resendiz A y Nichols W. J. 2002. Home range of green turtles *Chelonia mydas* at a coastal foraging area in the Gulf of California, Mexico. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 242:253-265

Seminoff J.A. 2004. Global Status Assessment for the Green turtle (*Chelonia mydas*). Marine Turtle Specialist Group. IUCN Species Survival Commission, Red List Program. 71 pp.

Seminoff J.A y Shanker K. 2008 Marine turtles and IUCN red listing: a review of the process, the pitfalls, and novel assessment approaches. *J Exp Mar Biol Ecol* 356:52–68

Snmconagua.gob.mx

Spotila J. 2004. Sea Turtles: A complete guide to their biology, behavior, and conservation. Baltimore, Maryland: The Johns Hopkins University Press and Oakwood Arts.

Sundin G. 2001. A test of three simple trap designs for suitability in controlling depredation on sea turtle nesting beaches. University of South Carolina Beaufort Pritchards Island Research and Education (<http://www.sc.edu/beaufort/pritchar/res00.htm>).

Talavera-Sáenz A.L. 2016. Hábitos alimenticios de la tortuga verde (*Chelonia mydas*) del litoral central de Quintana Roo, México: Uso del  $\delta^{13}\text{C}$  y  $\delta^{15}\text{N}$ . Tesis de Doctorado, CICIMAR-IPN. México

Teuten E.L, Saquing J.M, Knappe D.R.U, Barlaz M.A, Jonsson S, Bjørn A, Rowland S.J, Thompson R.C, Galloway T.S, Yamashita R, Ochi D, Watanuki Y, Moore C, Viet P.H, Tana T.S, Prudente M, Boonyatumanond R, Zakaria M.P, Akkhavong K, Ogata Y, Hirai H, Iwasa S, Mizukawa K, Hagino Y, Imamura A, Saha M y Takada H. 2009. Transport and release of chemicals from plastics to the environment and to wildlife. *Phil. Trans. R. Soc. B* 364, 2027– 2045.

Tobón-López A y Amorocho-Llanos D.F.2014 “Estudio poblacional de la tortuga Carey *Eritrochelys imbricata* (Chelonidae) en el pacífico sur región de Colombia”.19(13) p. 447-457.

Tomás J, Godley B. J, Castroviejo J y Raga J. A. 2010. Bioko: critically important nesting habitat for sea turtles of West Africa. *Biodiversity and Conservation*, 19: 2699-2714.

Tokida M y Kuratani S.2001. Normal Embryonic Stages of the Chinese Softshelled Turtle *Pelodiscus sinensis* (Trionychidae). *Zoological Science* 18: 705–715 (2001).

Turtle Expert Working Group (TEWG). 2000. Assessment update for the kemp's ridley and loggerhead sea turtle populations in the western North Atlantic. U.S. Dep. Commerce. NOAA Tech. Mem. NMFS- SEFSC-444, 115 pp.

Wibbels T y Bevan E. 2016. A Historical Perspective of the Biology and Conservation of the Kemp's Ridley Sea Turtle. *Gulf of Mexico Science*. 33(2).129-132.

Work T.M, Balazs G.H, Rameyer R.A y Morris R.A. 2004. Retrospective pathology survey of green turtles *Chelonia mydas* with fibropapillomatosis in the Hawaiian Islands, 1993–2003. *Dis Aquat Org* 62:163–176

Wyneken J. 2001. The Anatomy of Sea Turtles. U.S. Department of Commerce NOAA Technical Memorandum NMFS-SEFSC-470, 1-172 pp

Yerli S, Canbolat A.F, Brown L.J, y Macdonald D.W. 1997. Mesh grids protect loggerhead turtle (*Carreta carreta*) from red fox (*Vulpes vulpes*) predation. *Biol. Conserv.* 82: 109-111

Yntema C. L y Mrosovsky N. 1982. Critical periods and pivotal temperatures for sexual differentiation in loggerhead sea turtles. *Canadian Journal of Zoology*, 60: 1012-1016.

Zug G. R, Balazs G. H, Wetherall J. A, Parker D. M y Murakawa S. K. K. 2002. Age and growth of Hawaiian green sea turtles (*Chelonia mydas*): an analysis based on skeletochronology. *Fish. Bull.* 100: 117-127.

Zurita J. C, Herrera R y Prezas B. 1993. Biología y conservación de las tortugas marinas en el litoral central de Quintana Roo, temporada 1990. *En: J. Frazier (ed.). Memoria IV Taller Regional de Tortugas Mar., Península de Yucatán. UADY., Mérida, Yuc., México. pp 169-180.*

Zurita J. C y Miranda J.L. 1993. Comité de protección de las tortugas marinas en Isla Cozumel, Q. Roo. *En: J. Frazier (ed.). Memorias IV Taller Regional de Conservación de Tortugas Marinas, Península de Yucatán. UADY., Mérida, Yuc., México. Pág. 159-168.*

Zurita J. C, Herrera R, Arenas A, Torres M.E y Calderón C. 2002. Clutch frequency in loggerhead and green sea turtles in Quintana Roo, Mexico. *In: Proceedings 22th Annual Symp. Sea Turtle Biology and Conservation. Miami, Florida.*

Zurita J. C y Prado M. 2007. La conservación de las tortugas marinas en Veracruz, México. CONCENZU, Consultores en Formación S.A. de C.V. México D.F. Noviembre 2007. 95 pp.