



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ZARAGOZA

CARRERA DE BIOLOGÍA

Manejo y traslado de nidadas de tortuga blanca
Chelonia mydas a un corral de protección y su efecto en
la mortandad embrionaria, en el campamento
tortuguero Tamul, Quintana Roo (2018)

T E S I S

QUE PARA OBTENER TÍTULO DE:

LICENCIADO EN BIOLOGÍA

P R E S E N T A

FRANCISCO LUNA GARCÍA

JURADO DE EXAMEN

DIRECTORA: M. en C. María del Pilar Torres García

ASESORA: M. en C. Nicté Ramírez Priego

ASESORA: Biol. Yolanda Cortés Altamirano

SINODAL: M. en C. Ernesto Mendoza Vallejo

SINODAL: M. en C. María de las Mercedes Luna Reyes



FES
ZARAGOZA

CIUDAD DE MÉXICO

2023



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.

DATOS PERSONALES DEL ALUMNO

Francisco Luna García

Número de Cuenta:

306073470

Facultad de Estudios Superiores Zaragoza

Biología

Teléfono celular:

9981297396

Correo electrónico:

paquitolunag@gmail.com

Nombre de la directora del trabajo:

M. en C. María del Pilar Torres García

Nombre de la asesora interna:

M. en C. Nicté Ramírez Priego

Nombre de la asesora interna:

Biol. Yolanda Cortés Altamirano

Nombre del sinodal:

M. en C. Ernesto Mendoza Vallejo

Nombre del sinodal:

M. en C. María de las Mercedes Luna Reyes



(Foto: Francisco Luna)

Este trabajo. “Manejo y traslado de nidadas de tortuga blanca *Chelonia mydas* a un corral de protección y su efecto en la mortandad embrionaria, en el campamento tortuguero Tamul, Quintana Roo (2018)”, forma parte del proyecto de investigación: Las tortugas marinas, sus ciclos biológicos, su problemática de sobreexplotación y su protección para su conservación, que se lleva a cabo en el Laboratorio de Invertebrados del Departamento de Biología Comparada de la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional Autónoma de México, bajo la dirección de la M. en C. María del Pilar Torres García.

CAMPAMENTO TORTUGUERO TAMUL

OFICIO No. SGPA/DGVS/002363/18

AGRADECIMIENTOS

A mis padres porque me dieron la libertad de elegir mi camino, porque cada uno a su propia manera me han enseñado lo que es la fortaleza y la perseverancia para crecer y ser mejor persona.

A mi papá J. Juan Luna, por ser la persona que más confió en mí para llegar a este punto de mi vida, gracias por todas sus enseñanzas, porque a su manera me enseñó a nunca rendirme y ser mejor persona día con día.

A mi mamá María Lidia García, por el simple hecho de ser una excelente mujer por todo su amor y apoyo.

A mis hermanos:

Crispín, Elena, Noemí, Miguel, Dolores y Simón. Porque siempre los llevo en mi corazón, por todo su cariño mil gracias.

A mis sobrinos:

Sandy, Cesar, Gaby, Edgar, Eve, Lalito, Lili, Susana, Julieta, Sofia, Sarita, Vanesa, y Bayrón.

A Raúl Negrete, por todo su cariño y apoyo brindado durante mi carrera, gracias por todas sus pláticas y consejos, porque con el, gané un increíble amigo y un hermano.

A Lupita Sánchez por su compañía en todo este tiempo, gracias por todo su amor, que siempre ha sido incondicional, así como su apoyo, su confianza y paciencia.

A mi directora de tesis M. en C. María del Pilar Torres García, por todas sus enseñanzas y su cariño. Por su confianza puesta en mí, por apoyarme en cada momento durante la realización de este proyecto.

A la Dra. María Ana Fernández Álamo por ser quien me permitió integrarme al Laboratorio de Invertebrados por su apoyo y sus enseñanzas.

A la Biol. Erika Samantha Palacios, por su compañía y apoyo en la revisión de este trabajo.

Especial agradecimiento

Al Biólogo. David Gerardo Castañeda Ramírez, por hacerme partícipe en el proyecto “Programa Integral de Conservación de Tortugas Marinas”, por la facilitación para la obtención de los datos dentro del campamento Tamul y por todo su apoyo durante mi estancia en Cancún.

Al Biol. Antonio Ortiz Hernández, responsable directo del programa de tortugas, en la autorización para la realización de este proyecto de investigación y mi participación durante la temporada 2018.

Al Biol. Mario Enrique Ramos por su amistad y confianza.

A la MVZ. Catalina Arriaga González, por su responsabilidad, energía y motivación durante las noches de trabajo, muy en especial por su ayuda con la obtención de evidencia fotográfica, por su amistad y cariño.

A la Biol. Sarahi Mera por su amistad, apoyo y conocimiento compartido.

A la Biol. Sayuri Anahí Ramos, por la ayuda brindada durante la temporada.

A mis amigos: Rubén, Jorge, Yomara, Alondra, Mizael, Alberto “el niño”, Jacinto.

A la Universidad Nacional Autónoma de México. Porque desde el primer paso que di dentro de sus instalaciones, sentí esa alegría de poder pertenecer a la mejor universidad. Gracias por darme el conocimiento y la preparación para cumplir con mi sueño de ser Biólogo. Por las experiencias que me regalo y por las personas q acerco a mi vida

Y a la Fundación Palace IAP, y Palace Resort en apoyo conjunto a Fomento Ecológico Banamex, por hacer este proyecto posible.

CAMPAMENTO TORTUGUERO TAMUL

OFICIO No. SGPA/DGVS/002363/18



ÍNDICE

RESUMEN	1
1. INTRODUCCIÓN	2
2. ANTECEDENTES	4
2.1. Clasificación taxonómica de las especies anidantes de Quintana Roo	5
2.2. Morfología	6
2.3. Anidación	8
2.4. Incubación	10
2.5. Distribución	11
2.6. Campamentos Tortugueros	13
2.7. Estudios realizados en temas de conservación y protección	14
2.8. Estudios realizados en temas embriológicos	15
2.9. Eclosión y emergencia de crías	16
2.10. Corral de protección o vivero	17
2.11. Conservación de las tortugas marinas en Quintana Roo	17
3. JUSTIFICACIÓN	18
4. HIPÓTESIS	18
5. OBJETIVOS	18
5.1. Objetivo general	18
5.2. Objetivos particulares	18
6. ÁREA DE ESTUDIO Y UBICACIÓN GEOGRÁFICA	19
7. MATERIAL Y MÉTODO	20
7.1. Trabajo de campo	20
7.1.1. Preparación del material y equipo	20
7.2. Capacitación	21
7.2.1. Balizado de playa	21
7.2.2. Recorridos diurnos y limpieza de playas	22
7.2.3. Construcción del corral de protección	23
7.2.4. Recorridos nocturnos	23
7.2.5. Avistamiento, localización y recolecta de nidos en playa	24

8.	PROTOCOLO PARA EL MANEJO DE LAS NIDADAS. TRASLADO Y REUBICACIÓN	25
9.	PROTOCOLO DE LIMPIEZA DE NIDOS Y OBTENCIÓN DE MUESTRAS.....	26
10.	ANÁLISIS Y MANEJO DE DATOS.....	28
11.	RESULTADOS	29
12.	DISCUSIÓN.....	42
13.	CONCLUSIONES	43
14.	RECOMENDACIONES.....	44
15.	REFERENCIAS.....	45

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Tortuga blanca anidando en playas de Cancún, Quintana Roo. México.	2
Figura 2.	Tortuga blanca regresando al mar.....	6
Figura 3.	Características morfológicas de la tortuga blanca:	7
Figura 4.	Diferencia entre macho y hembra.....	7
Figura 5.	Diferentes formas de anidación:.....	9
Figura 6.	Cámara de incubación, la temperatura dentro del nido determina el sexo.	10
Figura 7.	Poblaciones nidificantes de tortuga blanca en el océano Atlántico.....	12
Figura 8.	Distribución de tortuga blanca en el Golfo de México.	13
Figura 9.	Emergencia de crías.	16
Figura 10.	Vista satelital del campamento Tamul y ubicación del corral de protección.....	20
Figura 11.	Preparación de material.	21
Figura 12.	Balizaje a lo largo de la playa.....	21
Figura 13.	Recorridos diurnos.....	22
Figura 14.	Limpieza de playa.	22
Figura 15.	Acondicionamiento del corral de protección.	23
Figura 16.	Recorridos nocturnos.....	24
Figura 17.	Localización y traslado de la nidada.	25
Figura 18.	Sembrado del nido dentro del corral de protección.	26
Figura 19.	Limpieza de nidos.	27
Figura 20.	Ficha técnica para el registro de datos.....	27
Figura 21.	Huevo con menos del 50% de calcificación.....	32
Figura 22.	Embrión con el cuerpo sin pigmentación.....	33
Figura 23.	Embrión completamente pigmentado.	34
Figura 24.	Embrión totalmente desarrollado.	34
Figura 25.	Malformaciones comunes en embriones de tortuga blanca dentro del Campamento Tamul.	36

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Datos generales, temporada de anidación en corral de protección 2018, Campamento Tamul.	29
Tabla 2. Diferentes etapas embrionarias identificadas en la temporada 2018 Campamento Tamul.	30
Tabla 3. Descripción morfológica embrionaria EEP (Etapa Embrionaria Primaria).	37
Tabla 4. Descripción morfológica embrionaria EET (Etapa Embrionaria Temprana).	38
Tabla 5. Descripción morfológica embrionaria EEM (Etapa Embrionaria Media).	39
Tabla 6. Descripción morfológica embrionaria EETR (Etapa Embrionaria Temprana o Ruptura).	41

ÍNDICE DE GRAFICAS

Gráfica 1. Porcentajes generales de los huevos trasladados durante la temporada.	29
Gráfica 2. Total, de nidos donde se encontraron huevos con Embriones (HCDA).....	30
Gráfica 3. Porcentajes totales de los embriones identificados durante la temporada.....	31

RESUMEN

La principal preocupación en materia de conservación de especies vulnerables, como son las tortugas marinas, es su manejo adecuado. Una de las acciones más importantes para la conservación de la tortuga blanca, *Chelonia mydas* es el asegurar e incrementar el porcentaje de avivamiento, para ello los programas de protección han planteado el traslado de nidadas a corrales especiales. En el caso particular de la población nidificante de la tortuga blanca *Chelonia mydas* en la zona Tamul, en el estado de Quintana Roo, México, se evaluó la tasa de mortandad embrionaria con relación al manejo y trasladado a un corral de protección, estimando el tiempo al que llegó su desarrollo embrionario, con base en las características morfológicas presentes en los embriones que no alcanzaron a nacer.

El presente trabajo se realizó durante la temporada 2018, en la que se trasladaron 489 nidos, donde el 50.30 % presentó HCDA (huevos con desarrollo aparente), en 246 nidos se encontraron 629 huevos que presentaban un grado de desarrollo, teniendo un 1.15 % de mortandad embrionaria. Por otra parte, durante esta temporada se registró una elevada tasa de emergencia, llegando a un 88.08 % de sobrevivencia y solo un 10.19% de infertilidad.

Conocer la mortandad embrionaria asociada al manejo y traslado de nidadas será una herramienta útil para la conservación, asegurando una mayor tasa de emergencias dentro de corrales de protección.



Crías de tortuga blanca dirigiéndose al mar.

1. INTRODUCCIÓN

Las tortugas (Orden Chelonia) conforman uno de los grupos de reptiles más primitivos y diversos que existen en la actualidad. Se presume que este grupo data desde el triásico concretamente al inicio del Mesozoico hace unos 200 millones de años (Márquez, 1996). Extinguiéndose la mayor parte de ellos entre el Cretácico (136 millones de años) y el Cenozoico (65 millones de años), sobreviviendo hasta nuestros días sólo este conjunto notablemente reducido de especies (Pritchard, 1997). Las cuales han evolucionado y diversificado en tres líneas; tortugas terrestres, dulceacuícolas y marinas.

En la actualidad se conocen ocho especies de tortugas marinas: divididas en dos familias. Dermochelyidae que incluye una sola especie *Dermochelys coriacea*, y Cheloniidae que agrupa las otras siete especies: *Chelonia mydas*, *Caretta caretta*, *Eretmochelys imbricata*, *Lepidochelys kempii*, *Lepidochelys olivacea*, *Chelonia agassizzii* y *Natator depressus*.

Las tortugas marinas aparecieron aproximadamente hace 65,000,000 de años (Gaffney y Meylan, 1988), se cree que éstas se adaptaron de la vida terrestre a la acuática. A lo largo de su existencia, han sufrido modificaciones tanto morfológicas como fisiológicas, un ejemplo de ello, es la presencia de extremidades en forma de aletas, su cuerpo más aplanado y tienen una gran capacidad de buceo; sin embargo, aún dependen del medio terrestre para llevar a cabo su ciclo de vida, de las adaptaciones más exitosas de las tortugas marinas que les ha permitido asegurar la supervivencia, son realizar múltiples anidaciones en cada temporada reproductiva, así como también depositar un elevado número de huevos en cada puesta (Fig. 1).



Figura 1. Tortuga blanca anidando en playas de Cancún, Quintana Roo. México.

Las tortugas marinas son especie clave que juegan un papel muy importante y fundamental en la estructura ecológica de nuestro ambiente, pudiendo ser tanto depredadores como presas en donde mantienen un equilibrio en la biodiversidad del ecosistema. Asimismo, se consideran especies “sombrilla”, ya que las acciones realizadas para su conservación y protección ayudan a mantener su entorno y así conservar una diversidad de organismos importantes para el equilibrio de los ecosistemas costeros y marinos. Sin embargo, el valor de la conservación no reside exclusivamente en la preservación de la especie, sino también en la consolidación y en el rescate de las funciones ambientales y los servicios ecológicos que brindan al contribuir a la biodiversidad mundial y formar parte de las redes tróficas, de igual manera, poseen gran valor cultural, religioso, alimenticio, económico y de investigación.

México es un país reconocido ampliamente por su importancia en el ámbito de la biología y conservación de las tortugas marinas, de las ocho especies que existen en el mundo, siete llegan a playas mexicanas para realizar su proceso de anidación y de alimentación. En la República Mexicana existen dos sitios importantes para la alimentación y forrajeo, el de mayor relevancia está en el mar Caribe por la cantidad de individuos que llegan a alimentarse, siendo éste también una zona importante para el apareamiento y anidación y, el segundo sitio se encuentra dentro del Golfo de California (CONABIO, 2009).

Debido a las amenazas que enfrentan y el estado de sus poblaciones, todas las especies de tortugas marinas están clasificadas como especies en peligro de extinción, en 1977 la familia Cheloniidae fue puesta bajo los criterios de especie en peligro dentro del Apéndice I de la NOM-059. En 1981, todas las poblaciones de las especies de tortugas marinas, se clasifican como especies en peligro de extinción. Se formó una comisión intersecretarial gubernamental, donde establecen la protección total y permanente de todas las especies de tortugas marinas, decretando una veda total desde 1990 a la fecha, por lo que es ilegal importar, exportar, matar, capturar, poseer o perturbar a las tortugas marinas (CITES, 2017; SEMARNAT, 2010).

Las especies de tortugas marinas están clasificadas bajo la categoría de riesgo “en peligro de extinción” por la “Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, Protección Ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo”. (SEMARNAT, 2010).

Además, la Lista Roja de la Unión Mundial de la Conservación (IUCN, por sus siglas en inglés), califica la condición de la tortuga marina “en peligro” (IUCN, 2016).

En México, se han hecho esfuerzos individuales para la conservación y la protección de las especies con jurisdicción sobre los sitios de anidación y alimentación de la tortuga. Las especies de tortuga marina existentes en aguas de jurisdicción federal, constituyen un recurso natural que forma parte de la riqueza biológica y el patrimonio de la Nación, por lo que el Estado correspondiente tiene el deber de conservar y normar su manejo.

Los programas de Conservación de Tortugas Marinas en el Caribe mexicano y la Riviera Maya fueron creados con el fin de proteger, monitorear, investigar y conservar las poblaciones de tortugas marinas que llegan a desovar a las principales playas de anidación del Litoral Central de Quintana Roo, que actualmente abarca 13 playas, las cuales suman más de 35 km (Abreu, *et al.*, 2016).

2. ANTECEDENTES

El Estado de Quintana Roo se localiza en la parte oriental de la Península de Yucatán, México. Dentro de la zona costera que rodea al Estado se encuentra una porción del Sistema Arrecifal Mesoamericano (SAM) en segundo arrecife más grande del mundo ofreciendo zonas importantes de refugio, alimentación reproducción y anidación (SEMARNAT, 2018). A lo largo de los 200 km de litoral y más de 60 playas, que son utilizadas por cuatro de las siete especies de tortugas marinas que llegan a México, la tortuga laúd *Dermochelys coriacea*, la tortuga caguama *Caretta caretta*, la tortuga carey *Eretmochelys imbricata* y la tortuga blanca *Chelonia mydas*, siendo la tortuga laúd la que tiene menor número de anidaciones registradas por año de 1 a 3 nidos, la tortuga blanca con la mayor anidación alrededor de 10,000 siendo el 90%, mientras que la tortuga caguama se registran entre 1500-2000 nidos que representan un 9%, y la tortuga carey que se protegen entre 700 y 1000 nidos por año, dentro de los 32 Campamentos Tortugeros a nivel estatal (Comité Estatal Quintana Roo, 2018).

Los primeros esfuerzos para la conservación de las tortugas marinas en este estado, surgieron hace más de 26 años, a cargo del Centro de Investigaciones de Quintana Roo, posteriormente el Colegio de la Frontera Sur y de 1996 al 2002 el parque Xcaret se hizo cargo del programa que transfirió la operación de los Campamentos Tortugeros a Flora, Fauna y Cultura de México, A.C.

Dentro del campamento tamul, Quintana Roo, arriban cuatro especies, donde la tortuga blanca (*Chelonia mydas*) representa más del 90% del total de la población de tortugas marinas registradas, por lo que este trabajo se enfocara a la información de la tortuga blanca.

2.1. Clasificación taxonómica de las especies anidantes de Quintana Roo

Reino: Animalia

Subreino: Metazoa

Phylum: Chordata

Subphylum: Vertebrata

Clase: Reptilia

Subclase: Anapsida

Orden: Testudines

Suborden: Cryptodira

Superfamilia: Chelonioidea

Familia: Cheloniidae

Género: *Chelonia*

Especie: *C. mydas* Linnaeus, 1758

Familia: Cheloniidae

Género: *Caretta*

Especie: *C. caretta* Linnaeus, 1758

Familia: Cheloniidae

Género: *Eretmochelys*

Especie: *E. imbricata* Linnaeus, 1766

Familia: Dermochelyidae

Género: *Dermochelys*

Especie: *D. coriacea* Vandelli, 1761

Nombres comunes, *C. mydas*: tortuga blanca, tortuga verde.

Nombres comunes, *C. caretta*: caguama, boba, cabezona, amarilla, mestiza, perica

Nombres comunes, *E. imbricata*: carey, hawksbill

Nombres comunes, *D. coriacea*: laúd, baúla, tinglar, siete quillas, cardón, tortuga de cuero

Fuente: Pritchard 1996. (Tomado de SEMARNAT, 2018).

2.2. Morfología

La tortuga blanca, es la especie de mayor tamaño dentro de la familia Cheloniidae entre 70-130 cm de longitud del caparazón (Pritchard, 1997). Aunque la morfología externa de esta especie no es uniforme geográficamente, en general presenta un caparazón oval aplanado, con 5 escudos vertebrales, 4 pares de escudos laterales, 12 pares de escudos marginales, y un solo escudo nugal, con una coloración en combinaciones que van de amarillo claro a oscuro, verdes, grises o café, dispuestos en arreglos radiados o manchas irregulares (Fig. 2).



Figura 2. Tortuga blanca regresando al mar.

El plastrón presenta 4 pares de escudos inframarginales sin poros, con una coloración amarillo pálido principalmente en los adultos. La longitud curva del caparazón de un adulto es de una media aproximada de 100 cm (70- 130 cm), con un peso que va de 130 a 180 kg. Se caracteriza por presentar una cabeza pequeña y redondeada con cuello corto, un par de escamas prefrontales y cuatro pares de escamas postorbitales. La mandíbula superior posee un borde ligeramente denticulado, mientras que la inferior presenta una denticulación más definida (Fig. 3).

Cada aleta presenta una garra o uña. Las crías presentan una coloración negra en la parte dorsal y blanca en la parte ventral, transformándose en colores verdosos, amarillentos hacia la adultez. Poseen un denticulo o carúncula en el pico para poder rasgar el cascarón al momento de la eclosión (Márquez, 1996).

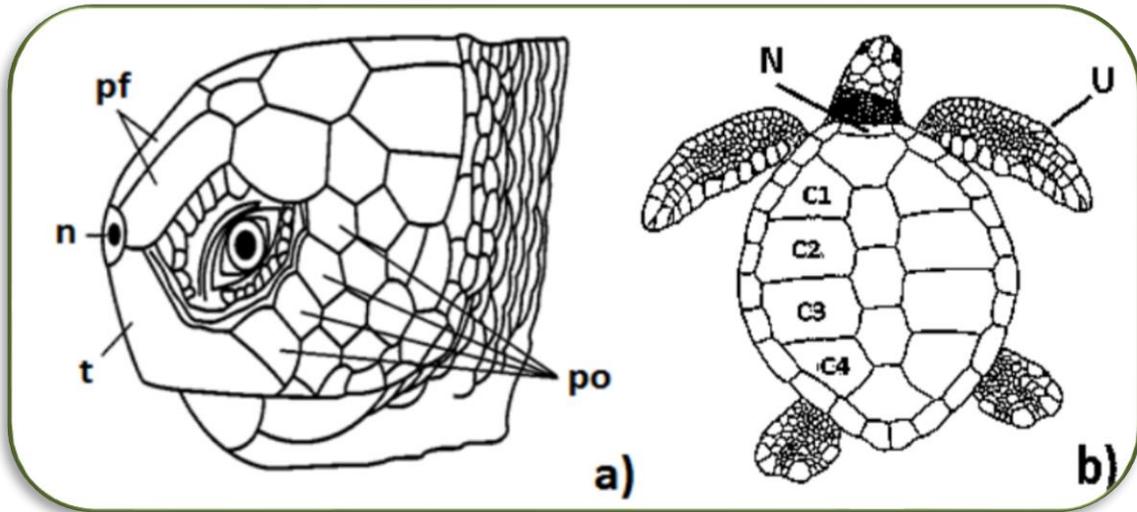


Figura 3. Características morfológicas de la tortuga blanca:
 a) Rasgos morfológicos de la cabeza. escamas prefrontales (pf), nares (n), tomium (t), escamas postorbitales (po);
 b) Rasgos morfológicos de aletas y caparazón. uña (U), escudo nuchal (N), escudos laterales o costales (C1-C4).
 (Tomado y modificado de: CONABIO, 2016 y Eckert, *et al.*1999).

Su dimorfismo sexual, es solo visible cuando son adultas, el tamaño de la cola en los machos es superior al de las hembras, ya que presentan el órgano copulador en su interior para facilitar el apareamiento. En tortugas juveniles o inmaduras, la longitud de la cola no es un indicador preciso del sexo del individuo (Bolten, 2000) (Fig. 4).

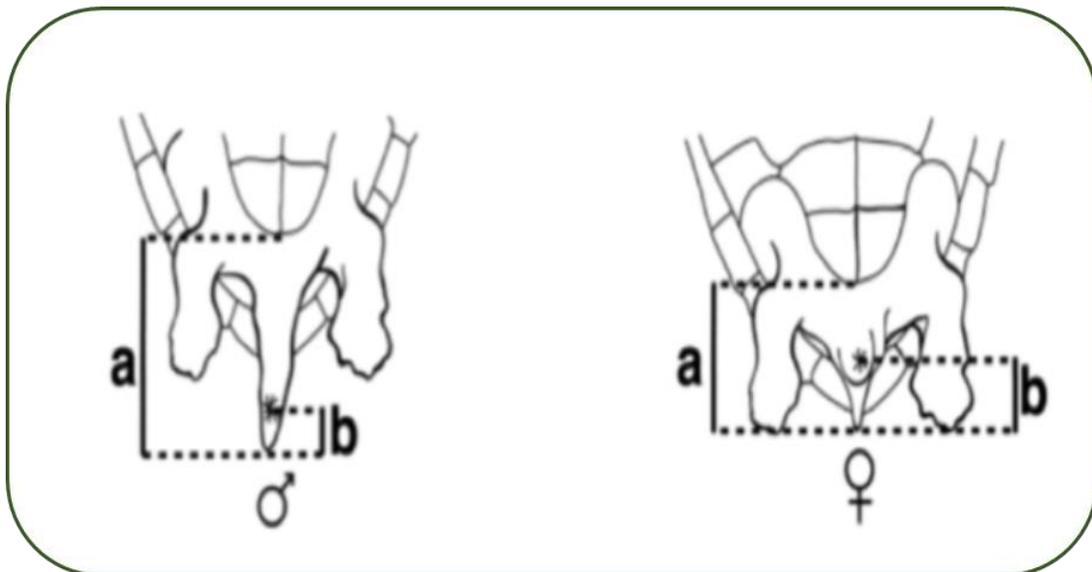


Figura 4. Diferencia entre macho y hembra.

Medidas del largo de la cola. (a) Largo total de la cola, es la distancia entre el límite del margen del plastrón al final de la cola (b) Largo post-cloacal, es la distancia entre el punto medio de la apertura cloacal al final de la cola. (Bolten, 2000).

2.3. Anidación

Son organismos ovíparos, la madurez sexual de la tortuga blanca varía entre 15-20 años, las tortugas marinas son organismos heterosexuales con fecundación interna; los machos poseen un hemipene, que durante la cópula se convierte en un tubo que dirige el esperma hacia el fondo de la cloaca de la hembra (Zurita 1993). El apareamiento lo realizan en el mar, generalmente es más intenso antes de iniciarse las anidaciones, aunque no es requisito que éste ocurra a cada desove. Se ha encontrado que el esperma se almacena temporalmente, en unos pliegues de la parte media de los oviductos, formando el espermatóforo.

Debido a sus vestigios en los orígenes ancestrales de estas especies en el medio terrestre, las hembras deben salir del mar para depositar e incubar sus huevos en playas arenosas del litoral, una vez que la tortuga emerge del mar, si no hay ninguna perturbación, se dirige en línea recta hacia la parte alta de la playa, las hembras localizan el lugar apropiado para construir el nido, guiándose por la consistencia de la arena, la humedad, la temperatura y el olor del sitio escogido. Una vez alcanzado el lugar donde habrán de anidar; desalojan la arena seca y suelta empezando a cavar con las aletas anteriores y terminando la profundidad del nido con las aletas posteriores, formando la cama, (Fig. 5). la cual es mayor y más profunda para los géneros *Dermochelys* y *Chelonia* y muy somera para *Lepidochelys* y *Eretmochelys* e intermedia para *Caretta*.

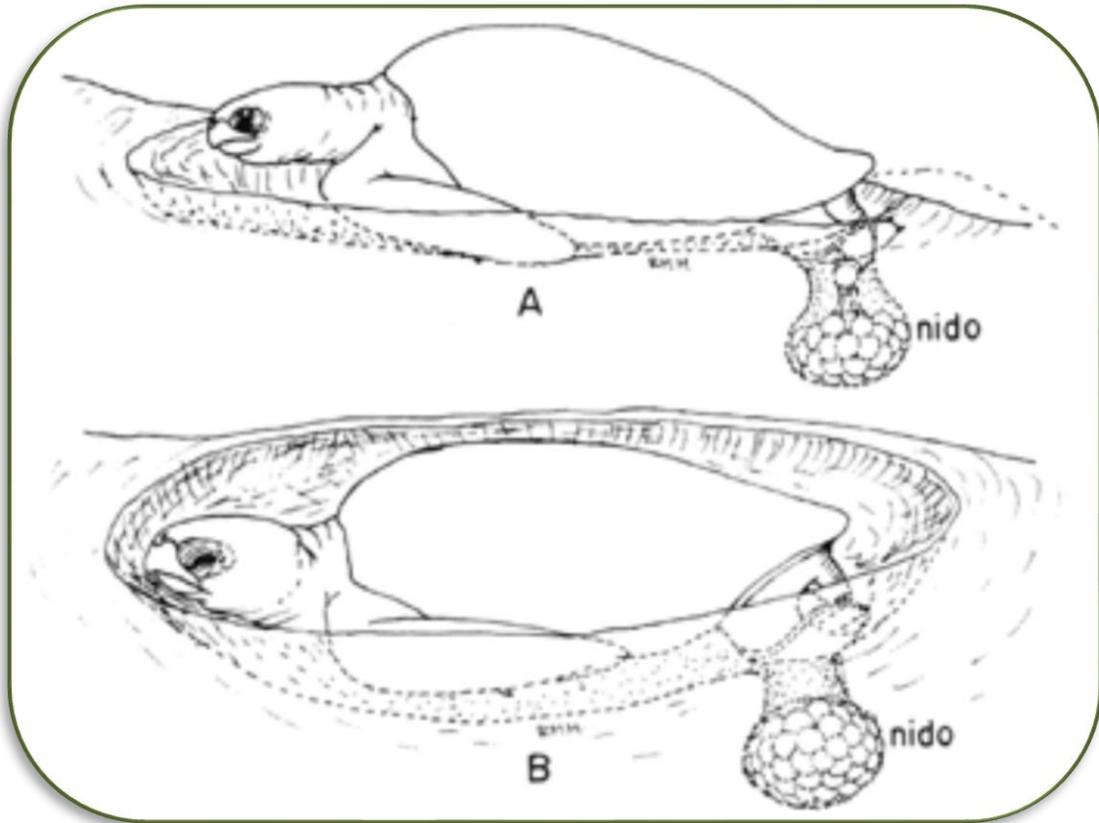


Figura 5. Diferentes formas de anidación:
a) cama somera, b) cama profunda.
(www.google.com.mx.vida de las tortugas marinas/diferentes/formas/de/anidación/de/tortugas).

La tortuga blanca se caracteriza por presentar filopatría, un comportamiento por el cual tiende a anidar en su lugar de nacimiento, así como fidelidad de su sitio o zona de puesta. (Monzón-Arguello, *et al.*, 2011), una vez elegido el sitio ideal, les toma entre 2 y 3 horas para concluir con todo el proceso de anidación, ya que es una de las tortugas que más tiempo dedica al camuflaje del nido.

Según el caso, con otras especies de tortugas marinas, la mortalidad de los huevos y de las crías, por causas naturales, como erosión de las playas, inundación del nido, o desecación del suelo, depredación por diversos animales de vida salvaje cangrejos, zorros, mapaches, roedores, perros y aves, es muy elevada, pudiendo llegar a un 80% (Abella, 2010).

En las costas de Quintana Roo, la tortuga blanca anida cada 2-3 años con una temporada de anidación de mayo a octubre, con dos a siete nidos, en intervalos de 12 a 15 días, el tiempo de incubación promedio es de 55 días. Para realizar la puesta, las tortugas escarban un hoyo de entre 50 a 60 cm, en los que depositan en promedio 110-130 huevos, teniendo cada huevo un diámetro de 40-46 mm aproximadamente (Pritchard and Mortimer, 1999).

2.4. Incubación

La incubación ocurre sin ningún cuidado parental, los huevos son abandonados a su propio destino, los lugares para el depósito de los huevos tienen que estar con poca o nula vegetación, y a cierta distancia de la costa, ya que la marea alta podría llegar al lugar de anidación e inundar el nido o incluso arrastrar a los huevos.

El desarrollo de los nidos de tortugas marinas se produce en playas arenosas, las propias características del nido y el ambiente de incubación resulta en una compleja y dinámica interconexión ecológica (Abella, 2010). Donde el desarrollo embrionario, estará altamente influenciado por los diversos factores ambientales que rodean al nido. De este modo, temperatura, salinidad, humedad, presión parcial de O_2 y CO_2 , tipo de sustrato, etc., serán parámetros fundamentales para determinar las características del desarrollo y la calidad en las tasas de eclosión y emergencia (Bustard and Greenham, 1968).

La determinación del sexo de la tortuga blanca se establece por la temperatura de la arena en el interior del nido, cuando es alrededor de $29^{\circ}C$, la razón es 1:1; a temperatura de $30^{\circ}C$ y a un límite que suele ser de $35^{\circ}C$, la probabilidad que sean hembras es mucho más elevada. Cuando la temperatura es menor de $28^{\circ}C$ llegando a los $26^{\circ}C$, la probabilidad de que nazcan machos será mayor (Fig. 6).

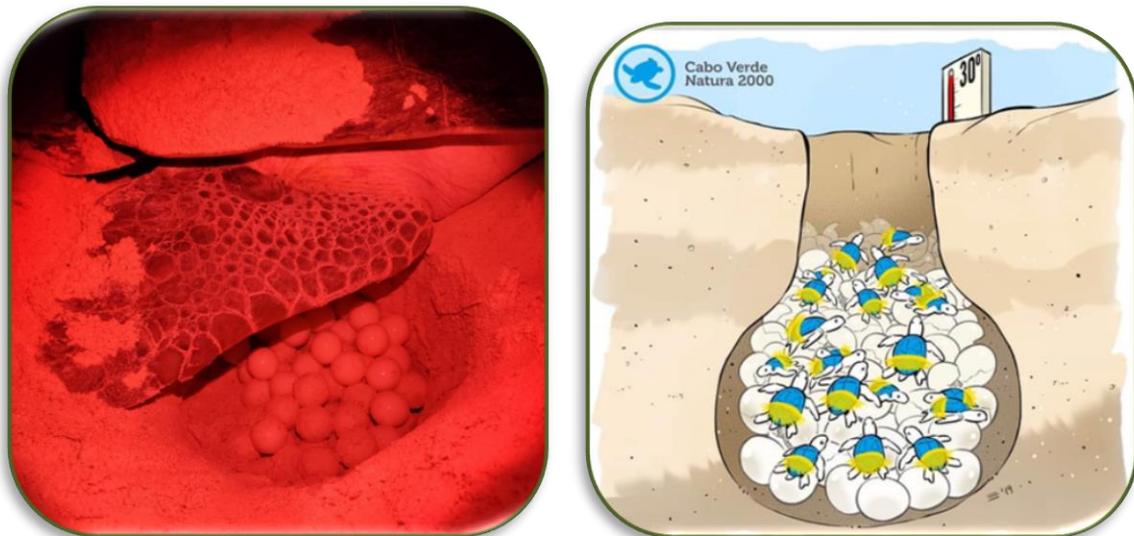


Figura 6. Cámara de incubación, la temperatura dentro del nido determina el sexo.

(Foto: Francisco Luna, esquema tomado de Cabo Verde Natura, 2000).

El embrión es capaz de eclosionar solo si la incubación se lleva dentro de un intervalo estrecho de temperatura 24-25° a 34-35° (Miller, 1985; Ackerman,1997) la temperatura será la que defina las características en las diversas etapas embrionarias, pudiendo modificar el desarrollo embrionario, incluso ocasionar malformaciones o detener totalmente el desarrollo.

Desde el momento en que los huevos son depositados en la arena, inician un proceso de absorción de agua y O₂, por lo que, debido a su cáscara delgada, porosa y poco calcificada, se deshidratan y desecan fácilmente en un medio adverso. (Márquez, 1996).

Los riesgos durante la incubación se deben en gran parte a causas naturales, por ello una medida importante para la conservación y protección de la especie, es el trasladar los nidos a un corral artificial para incrementar la tasa de sobrevivencia. La técnica de trasladar nidos está cuestionada por las posibles consecuencias en el desarrollo embrionario y su repercusión en las poblaciones, esto puede significar que al tener un manejo inadecuado en el traslado y sembrado de los huevos pueda incrementar la tasa de mortandad embrionaria (Abella, 2010).

2.5. Distribución

La tortuga blanca es una especie que tiene distribución global en aguas tropicales y poco en aguas subtropicales donde la temperatura no descienda de los 20°C (CONABIO, 2012). Sus principales áreas de puesta se concentran en playas de latitudes tropicales. Al igual que otras especies de tortugas marinas, la tortuga blanca tiene tendencias migratorias, pudiendo realizar complejos recorridos entre hábitats ampliamente separados. La anidación ocurre en más de 80 países alrededor del mundo con unas 150 colonias de puesta, aunque sólo 12 tienen más de 2.000 hembras nidificantes al año (Seminoff, 2004). Esta especie vive en el Océano Pacífico, Atlántico e Índico y llega a anidar al Golfo de México y al Mar Caribe donde se encuentran algunos de los sitios de alimentación y reproducción de gran importancia a nivel mundial (Fig. 7).



Figura 7. Poblaciones nidificantes de tortuga blanca en el océano Atlántico. El tamaño del círculo es proporcional al tamaño poblacional. Los círculos rojos indican también sitios importantes de alimentación a nivel mundial.

<http://www.vertebradosibericos.org/reptiles/distribucion/chemyd>.

En México la distribución de tortuga blanca es muy amplia, anidando en un gran número de playas del territorio nacional, se encuentra presente en todo el Golfo de México y Mar Caribe, donde los estados con mayor presencia poblacional son principalmente las costas de Tamaulipas, Veracruz, Campeche, Yucatán y Quintana Roo. El caribe mexicano además de ser la zona donde se encuentran las poblaciones nidificantes más grandes de esta especie, es también el área de alimentación y forrajeo de mayor importancia a nivel mundial (CONABIO, 2009). (Fig. 8).



Figura 8. Distribución de tortuga blanca en el Golfo de México.
(Tomado y modificado de CONABIO, 2009).

2.6. Campamentos Tortugueros

Un campamento tortuguero es una construcción temporal o permanente que se encuentra en una playa que frecuentan las tortugas marinas para desovar; dicha playa es de gran importancia por el valor estratégico para la conservación de estos quelonios. En el país existe una gran cantidad de campamentos tortugueros registrados ante la Dirección General de Vida Silvestre y los hay operados por los gobiernos, federal, estatal o municipal, por diversas instituciones académicas, organizaciones no gubernamentales, por la iniciativa privada o por grupos comunitarios. Uno de los criterios más importantes para la conservación de la tortuga blanca, *Chelonia mydas* es el asegurar e incrementar el porcentaje de avivamiento.

Las acciones de conservación, protección y aprovechamiento de las tortugas marinas cuentan con un amplio y antiguo marco jurídico que las protege ampliamente en muchos aspectos; desde las playas de anidación a las que arriban, hasta la prohibición de la comercialización de los organismos y sus productos. (Chacón et al., 2008) (Bolten, A.S. 2000).

2.7. Estudios realizados en temas de conservación y protección

Abella (2010), en la isla de Boavista, República de Cabo Verde, África Occidental. Estudia el efecto de la recolocación de nidos de la tortuga boba *Caretta caretta* a 0h, 12h, 24h, 84h y 96h, manteniendo las mismas técnicas y métodos de transporte para evitar la mortalidad asociada al movimiento. La reubicación de nidos a viveros es una práctica frecuente en los programas de conservación de tortugas marinas. Los protocolos actuales de recolocación de nidos indican que los nidos pueden sufrir una mortandad asociada al movimiento si son trasladados después de 5 horas tras la puesta. Sin embargo, de los cinco tratamientos experimentales la traslocación no presentó ningún efecto en el desarrollo embrionario, tamaño y peso de las crías, éxitos de emergencia. La mortandad fue similar en todos los tratamientos.

Aguilar-Morales, M (2014), realizó un análisis estadístico en distintas técnicas de incubación con nidadas de tortuga verde *Chelonia mydas* en Cayo Arcas, Campeche, durante las temporadas 2005-2011. En un período de siete temporadas compara la incubación, *in situ*, reubicación de nidadas en playa y la reubicación a un corral de protección. Evaluando cual técnica es más efectiva en dicha zona y cual presenta una menor tasa de mortandad. Encontrando que no se presentaron diferencias significativas en los tres tratamientos realizados únicamente el 2006 la mortandad de nidadas *in situ* presentó el menor valor entre temporadas y tratamientos. De igual manera en 2011 las nidadas reubicadas a corral presentan el mayor porcentaje de mortandad.

Colin-Aguilar (2015). Analizó el efecto de factores ambientales sobre las variaciones estacionales e interanuales de anidación, además de realizar una evaluación del programa de conservación y anidación en playa San Cristóbal y El Suspiro costa occidental Baja California Sur, México 1995-2013.

Apan, Linares y Acosta (2016). Analizan el manejo y la dinámica poblacional de dos especies de tortugas marinas, *Chelonia mydas* y *Lepidochelys kempii*, determinando la dinámica poblacional con base en anidaciones y porcentajes de natalidad y mortalidad en un período de 1995-2013 dentro del Campamento Tortuguero Santander, Veracruz México.

2.8. Estudios realizados en temas embriológicos

Crastz (1982), diseñó un catálogo descriptivo que permite la identificación de 31 etapas del desarrollo embriológico de *Lepidochelys olivacea*, de un total de 210 huevos examinados de nidos naturales de playas de Costa Rica y Panamá. Dicha descripción va desde gástrula hasta el neonato, utilizando parámetros de diagnóstico como la morfogénesis y medidas de distintas partes del cuerpo del embrión.

Figuroa (1987), menciona en su estudio la relación entre la temperatura de incubación y el desarrollo embrionario de *Lepidochelys olivacea*, obteniendo una descripción de los principales cambios morfológicos. Tomó en cuenta longitud total, largo y ancho de la cabeza, diámetro de ojos, longitud y ancho de la boca, extremidades anteriores y posteriores, largo y ancho de caparazón.

García-Cerda (2008), en la isla de Boavista, República de Cabo Verde, África Occidental. Estudia y propone nuevos criterios para la clasificación del grado de desarrollo embrionario para la tortuga *Caretta caretta*. Mediante el análisis de 199 embriones procedentes de 16 nidos incubados en condiciones naturales, agrupándolos en 20 estadios, incluyendo el estadio de ruptura del cascarón o nacimiento.

Domínguez-Olivares, M (2009), realizó una evaluación histológica junto con necropsia, en embriones y crías de tortuga lora *Lepidochelys kempii*, en Rancho Nuevo, Tamaulipas. Para la determinación de su mortandad reportando anomalías de origen congénito, como enoftalmia, bicefalia, microcefalia, ectopia de corazón y albinismo.

Abella (2010), en la isla de Boavista, República de Cabo Verde, África Occidental. realiza un estudio para evaluar el impacto de la arcilla y los limos en el desarrollo embrionario de la tortuga boba *Caretta caretta*. El impacto de los restos de arcilla/limo en nidos naturalmente manchados y trasladados del sustrato arcilloso original a un vivero de cría, provocó que esta combinación de la sal y la arcilla produjera la mortalidad embrionaria por la pérdida de peso en los huevos. La mortandad encontrada en nidos con arcilla /limo es significativamente mayor que los nidos que fueron encontrados en arena seca.

Lucio-Velasco (2010), determinó la frecuencia de la mortalidad embrionaria e identificó microorganismos patógenos, y la resistencia a antibióticos en huevos de tortuga marina *Caretta caretta* y *Chelonia mydas*, en el campamento tortuguero XPU HA, Quintana Roo. correlacionando variables ecológicas y el impacto humano asociado al manejo de nidadas en los programas de conservación.

Álvarez-Servín (2017), evaluó la tolerancia térmica de embriones de tortuga golfina *Lepidochelys olivacea*, durante diferentes etapas de su desarrollo embrionario, comparando los patrones del ritmo cardiaco y el límite mortal superior de temperatura en embriones de distintos nidos reubicados dentro del Santuario “El Verde Camacho” Sinaloa.

2.9. Eclosión y emergencia de crías

El éxito de eclosión varía significativamente entre nidadas y entre playas por diversos factores externos como temperatura de incubación y del exterior del nido, intensidad y periodicidad de las lluvias, erosión de las playas y compactación de la arena, factores intrínsecos, condición y salud de la madre, herencia parental, calidad en las células germinales, manejo por el humano, traslado de la nidada a un sitio con condiciones artificiales (Abreu, *et al.*, 2016).

Para la tortuga blanca *Chelonia mydas*, pueden estar entre 45 y 55 días hasta la eclosión, dependiendo de las diversas condiciones ambientales dentro del nido, los embriones rompen el cascarón usando su carúncula es común que tengan una señal que tiende a sincronizar este evento dentro del nido, gracias a esa sincronía los neonatos emergen fácilmente a la superficie (Fig. 9). (Abreu, *et al.*, 2016).



Figura 9. Emergencia de crías.

2.10. Corral de protección o vivero

Un vivero o corral de protección es un área delimitada de la playa para reubicar nidadas que son recolectadas en la misma y que están bajo un sistema de manejo de tipo zoo criadero. Allí se incuban los huevos de las tortugas y luego se liberan al mar recién nacidas, con la finalidad de lograr una mejor probabilidad de supervivencia. El porcentaje de eclosión en el vivero al trasladar las nidadas de alto riesgo, debe garantizar un porcentaje similar o mayor al obtenido en condiciones naturales (Chacón, *et al.*, 2008).

El traslado de las nidadas a los corrales es una de las labores más extenuantes y que precisa de mayor cuidado en su realización. Al reubicar los huevos se debe tomar en cuenta el tiempo transcurrido entre el desove de la tortuga y el momento en que se encuentra el nido, la zona de la playa en la que se localizan, así como los posibles factores de riesgo que se puedan presentar (Chacón, *et al.*, 2008).

El manejo de los huevos durante el traslado es de vital importancia, pues mientras más cuidado se tenga y menos movimientos bruscos sufran, más probabilidades de éxito de eclosión habrá. También por ello es determinante estimar el tiempo transcurrido entre el desove y el hallazgo del nido. Si se ha visto a la tortuga desovando o cerrando el nido las probabilidades de éxito aumentan.

2.11. Conservación de las tortugas marinas en Quintana Roo

El estado de Quintana Roo, debido a sus numerosas playas y a su riqueza de pastos marinos y animales invertebrados, es una región de gran importancia para la alimentación, anidación y reproducción de las tortugas marinas. En esta zona, se han observado 4 especies anidantes de tortugas marinas: la tortuga blanca (principalmente por su gran abundancia), la caguama, carey y por último la laúd con avistamientos esporádicos en playa (Mejía, 2014).

Las principales amenazas hacia las tortugas marinas en Quintana Roo son: la pérdida o destrucción del hábitat por causas antropogénicas y naturales, la pesca incidental, las enfermedades y la extracción de huevos en playa. Uno de los grandes problemas que presenta Quintana Roo, es la gran incidencia de huracanes que se presentan en el Caribe Mexicano, lo que causa severos daños a las playas, generando pérdida de sedimentos. Sin embargo, su mayor problemática es el impacto generado por la actividad turística, lo cual ha debilitado y fragmentado el equilibrio ecológico, por lo que es necesario generar acciones para tratar de amortiguar o reducir el impacto ambiental y con ello la pérdida de recursos naturales (Cervantes-Becerra, 2017).

A pesar de ello, se han realizado acciones importantes para la conservación y protección de las tortugas marinas, como es el caso de la playa Xcacel – Xcacelito que es considerada como una de las playas más importantes de México para la anidación de la tortuga blanca y caguama, que fue decretada en 1998 como Área Natural Protegida, con la categoría de Zona Sujeta a Conservación Ecológica (SECTUR, 2014).

3. JUSTIFICACIÓN

Una medida importante en la conservación y protección de la tortuga blanca es incrementar el reclutamiento de huevos y obtener un mayor porcentaje de avivamiento, evitando que con el manejo inadecuado se eleve la tasa de mortandad embrionaria. Por lo que, evaluar la mortandad embrionaria asociada al manejo y reubicación de nidadas en las costas de Quintana Roo contribuirá a los programas de seguimiento y conservación de la población de tortuga blanca y aportará sustento a la normatividad con la que opera el Programa Integral de Protección y Conservación de Tortugas Marinas en el campamento tortuguero Tamul en Quintana Roo.

4. HIPÓTESIS

Los protocolos de reubicación de nidadas indican que los nidos pueden sufrir una mortandad asociada al manejo, si se reubican después de 5 horas de su puesta natural. Entonces, el traslado y reubicación de nidadas a corrales de protección después de esas 5 horas de su puesta en el nido natural, puede aumentar la tasa de mortandad o detener totalmente el desarrollo embrionario.

5. OBJETIVOS

5.1. Objetivo general

- Verificar el manejo y traslado de las nidadas, estimando la mortandad embrionaria.

5.2. Objetivos particulares

- Determinar el éxito de eclosión en nidadas reubicadas a un corral de protección.
- Descripción de las etapas embrionarias.
- Con base a sus características morfológicas, determinar la etapa de desarrollo embrionaria en la cual murieron los embriones.

6. ÁREA DE ESTUDIO Y UBICACIÓN GEOGRÁFICA

El campamento tortuguero Tamul en Quintana Roo, ha llevado a cabo acciones de protección y conservación de tortugas marinas desde el año 2006, con el apoyo de la Fundación Palace I.A.P., perteneciente a la cadena hotelera Palace Resorts y Fomento Ecológico Banamex A.C. Este sitio posee permisos emitidos por parte de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, al cumplir con los ordenamientos vigentes a las Normas Oficiales Mexicanas: NOM-059/SEMARNAT-2010 y NOM-162/SEMARNAT-2012.

De acuerdo al oficio emitido SGPA/DGVS/02387/13 presentado por la Dirección General de Vida Silvestre, el área de protección para las tortugas marinas en el Campamento Tortuguero Tamul se restringe dentro de las instalaciones del hotel Moon Palace Resorts.S.A. de C.V. al sur de la zona hotelera de Cancún, en el kilómetro 21 de la carretera Cancún Puerto Morelos, en el municipio de Benito Juárez, Quintana Roo, abarcando una extensión de 9.54 kilómetros de playa ubicados entre las coordenadas geográficas 21°01'20.5"N, 86°48'48.1"W al norte hasta 20°56'41.9"N, 86°50'13.9"O al sur. Colinda al Norte con Parque Nacional Costa Occidental de Isla Mujeres, y Parque Acuático Ventura Park, al Este con el Parque Nacional Arrecife de Puerto Morelos, al Oeste con predios de propiedad privada (Hotel Haven y Hotel Milla de Oro) y al Sur con el hotel Royalton Riviera Cancún (Ortiz, 2017).

El campamento Tamul se divide en tres zonas: Zona Norte, teniendo como límite la parte sur del Parque Acuático Wet & Wild hasta el extremo norte del complejo Moon Palace. Zona Centro, abarcando todo el complejo Moon Palace. Y la Zona Sur que abarca desde el extremo sur del complejo Moon Palace hasta la porción norte de Punta Petem Pitch y Hotel Royalton.

El corral de protección de los nidos de tortugas marinas, se encuentra en el límite sur del complejo Moon Palace (Fig. 10).

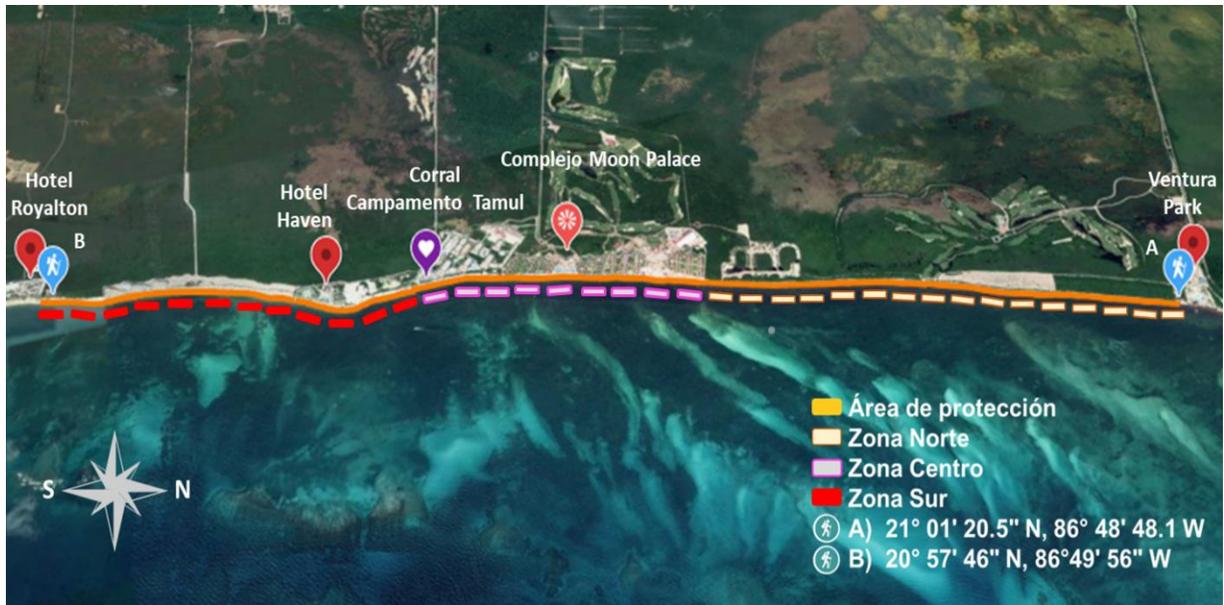


Figura 10. Vista satelital del campamento Tamul y ubicación del corral de protección.

(Foto. Tomado y modificado, de Google Earth, 2019).

7. MATERIAL Y MÉTODO

7.1. Trabajo de campo

7.1.1. Preparación del material y equipo.

Se prepararon las cuatrimotos que fueron utilizadas para los recorridos diarios, lámparas de luz blanca y roja, se limpiaron, pintaron y enumeraron botes de plástico, los cuales se utilizaron para el traslado de las nidadas, se pintaron tablas para el marcaje de los rastros y nidos ubicados en la playa, también se marcaron las balizas para las mediciones de playa, se construyeron corrales pequeños e individuales de malla para la protección de las crías al momento de los nacimientos y se consiguió el material de uso básico para la recopilación de datos: como ficheros, lápices, plumones permanentes, cintas métricas de plástico y varillas de fibra de vidrio para la ubicación de nidos, (Fig. 11).



Figura 11. Preparación de material.

Pintado de tablas para marcar los nidos y balizas, pintado y enumeración de los botes de plástico para el traslado de las nidadas al corral de protección.

7.2. Capacitación

7.2.1. Balizado de playa.

El Campamento Tamul posee un área de protección de 9.5 kilómetros de playa, con el fin de facilitar el registro y tener un mayor control de los eventos en el territorio monitoreado. Se realizó el balizado usando tablas previamente marcadas y numeradas para la identificación de las estaciones. Marcando una estación por cada 100 metros. Las tablas se colocaron en la zona más alta de la playa cerca de la vegetación, sujetándolas en árboles o en postes provisionales donde no existía vegetación. El balizaje se realizó a lo largo de la playa de anidación, colocando las marcas de madera enumeradas del 1 al 90 (Fig. 12).



Figura 12. Balizaje a lo largo de la playa.

7.2.2. Recorridos diurnos y limpieza de playas.

Previo al inicio de la temporada de anidación, en el campamento Tamul, se realizaron recorridos diurnos en cuatrimotos en busca de algún nido o rastro que indicara el inicio de la temporada. Una vez que se localizaron los primeros nidos de la temporada, se comenzaron a realizar recorridos nocturnos para asegurar que el manejo y reubicación de los huevos fuera casi inmediato a su puesta *in situ*. (Fig. 13).



Figura 13. Recorridos diurnos.

Como parte de las actividades de conservación del hábitat de anidación de las tortugas marinas, se llevan a cabo limpiezas de playa con el fin de mantener las condiciones óptimas para que las hembras se puedan desplazar en busca de un sitio adecuado para depositar sus huevos, estas limpiezas son realizadas por el equipo de biólogos y voluntarios del Campamento Tamul al inicio, durante y al final de la temporada (Fig. 14).



Figura 14. Limpieza de playa.

7.2.3. Construcción del corral de protección.

Para el resembrado de los nidos, se construyó el corral de protección, estableciéndolo 2 metros antes de iniciar la vegetación y alejado 15 metros de la línea de pleamar, cercándolo con malla tipo ciclónica de 2 metros de altura y malla sombra aprox. 50 cm de altura en la parte inferior enterradas 60 cm. Esto con el fin de evitar la entrada de depredadores como mapaches, cangrejos, aves marinas, gatos, coatis, zorra gris avistados en el área, así como también evitar la dispersión de las crías en la playa. (Fig. 15).



Figura 15. Acondicionamiento del corral de protección.

7.2.4. Recorridos nocturnos.

En las cuatrimotos se efectuaron cuatro recorridos diarios a lo largo de los 9.5 kilómetros de playa, (dos recorridos hacia la parte sur llegando al límite del hotel Royalton, y dos recorridos hacia el norte llegando al parque acuático Wet and Wild, partiendo siempre del corral de protección) para la búsqueda y observación de tortugas anidantes, nidos o eventos. Estos recorridos se llevaron a cabo durante la temporada de anidación (de junio a finales de septiembre) (Fig. 16).



Figura 16. Recorridos nocturnos.

7.2.5. Avistamiento, localización y recolecta de nidos en playa

- I. Durante el primer recorrido de ida, se marca cada rastro con una tablilla de madera blanca, en la cual se colocan algunos datos, como son hora de avistamiento y que acción está realizando la tortuga (acomodándose, haciendo nido, desovando, tapando el nido, o si se encuentra regresando al mar).
- II. Durante el recorrido de regreso, para los rastros ya identificados, se verifica hacia a donde se dirigió la tortuga y se sigue hasta llegar donde se encuentra la “cama” (zona donde la tortuga remueve arena, deposita sus huevos y deja tapado su nido).
- III. Una vez localizada la cama, con ayuda de una varilla de fibra de vidrio, se pica la cama hasta sentir el vacío que deja la cámara del nido, para ubicar con exactitud los huevos (Fig.17).
- IV. Con ayuda de las cubetas se retira el exceso de arena hasta llegar a la boca del nido y con las manos se abre el nido para extraer los huevos y colocarlos en los botes de plástico cubriéndolos con arena suficiente para que no pierdan temperatura y no sufran daño alguno por el traslado.
- V. En caso de encontrar una tortuga ovopositando, la nidada se colecta y se transporta inmediatamente.
- VI. Se trasladan los huevos al corral de protección, donde son sembrados en nidos artificiales.



Figura 17. Localización y traslado de la nidada.

(Foto: Catalina Arriaga)

8. PROTOCOLO PARA EL MANEJO DE LAS NIDADAS. TRASLADO Y REUBICACIÓN

- I. Para el resembrado de nidos, el corral debe de encontrarse en la misma playa donde son colectados los huevos, debe ser colocado en un terreno plano donde el oleaje no llegue al corral y alejado de la vegetación. En el caso del campamento Tamul se construyó un corral de 50 m de largo por 10 m de ancho, a una distancia de 15 m donde termina la marea y 2 m despegado de la vegetación.
- II. Antes de cada recorrido se prepararon los nidos artificiales. Se realizaron de forma cruzada con una distancia de 90 cm de separación, reproduciendo la forma de un cantarito, (15 cm de ancho de la boca del nido, 15 cm de cuello y 60 cm de profundidad con una anchura promedio de 40 cm),
- III. Ubicación y colecta de huevos en playa y transporte en un contenedor isoterma, o botes de plástico para su reubicación hacia el corral de protección.
- IV. Conteo y colocación de los huevos dentro del nido artificial (Fig. 18).
- V. Cierre del nido y colocación de una tabla, con los datos necesarios del nido, número consecutivo de nido, número de huevos, fecha de reubicación, especie de tortuga y la fecha probable de eclosión (55 días después de la reubicación, días promedio dentro de este campamento).

- VI. En las fichas correspondientes, se anotó la hora en que son encontrados los huevos, la hora en que se siembra y cantidad total de huevos.



Figura 18. Sembrado del nido dentro del corral de protección.

(Foto: Guadalupe García)

9. PROTOCOLO DE LIMPIEZA DE NIDOS Y OBTENCIÓN DE MUESTRAS

- I. La exhumación de los nidos se llevará a cabo una vez superados los días de incubación y eclosión, de 7 días posteriores a la última emergencia de crías (Fig. 19).
- II. Conteo y separación de los cascarones y huevos no eclosionados clasificándolos, en dos grupos: Huevos con Desarrollo Aparente (**HCDA**) y Huevos sin Desarrollo Aparente (**HSDA**).
- III. Conteo de los huevos que presentan desarrollo aparente, **HCDA**.
- IV. Una vez obtenidos los huevos que presentan signos de desarrollo, se procedió, a la extracción de los embriones muertos, para ello se rompió el huevo con la ayuda de un bisturí.
- V. Con unas pinzas metálicas, se retira la albumina y el vitelo presente en el embrión muerto.

Los **HCDA** se clasificaron en cinco grupos: uno donde los huevos presentan un estado de descomposición alto, mientras que los embriones que se encontraron en perfecto estado se clasificaron en cuatro categorías, modificadas a partir de los estadios embrionarios descritos por Cratz en 1982 y García Cerda en 2008, dependiendo de sus características morfológicas presentes.

Número de nido: número secuencial de cada nido conforme se sembraron en el corral de protección.

Tamaño de la Nidada: número de huevos sembrados en cada nido.

Crías vivas: las crías que nacieron al momento del brote del nido, antes de la limpieza y revisión de nidos.

HSDA: Número de huevos sin desarrollo aparente: huevos que no mostraron ninguna etapa de desarrollo al momento de ponerlos a contraluz.

HCDA: Número de huevos con desarrollo aparente: huevos que no finalizaron su desarrollo embrionario.

Fecha de emergencia: fecha donde nacieron las crías.

Fecha de revisión y limpieza del nido: fecha en la que se limpió el nido.

10. ANÁLISIS Y MANEJO DE DATOS

Los parámetros utilizados para estimar el porcentaje de fertilidad dentro de un corral de protección serán: la cantidad de crías que rompen el cascarón (eclosión), cantidad de HSDA Y HCDA. Las fórmulas que deberán utilizarse son las siguientes:

$$\% \text{ de eclosión} = \frac{\text{crías vivas} + \text{crías muertas}}{\text{total de huevos incubados}} \times 100$$

$$\% \text{ HCDA} = \frac{\text{HCDA} \times 100}{\text{total de huevos incubados}}$$

$$\% \text{ de fertilidad} = \frac{\text{crías vivas} + \text{crías muertas} + \text{HCDA}}{\text{total de huevos incubados}} \times 100$$

11.RESULTADOS

La temporada dio inicio el 14 de mayo del 2018 con la localización y traslado del primer nido de tortuga blanca y finalizó el 27 de diciembre con las últimas crías liberadas al mar. Durante esta temporada dentro del campamento tortuguero Tamul, se trasladaron 489 nidos con un promedio de 112 huevos cada uno, obteniendo un total de 54,717 huevos trasplantados al corral de protección. De este total, 5,575 huevos fueron infértiles y se encontraron 316 crías muertas distribuidas dentro de los 489 nidos. También se liberaron al mar 48,197 crías vivas de esta especie.

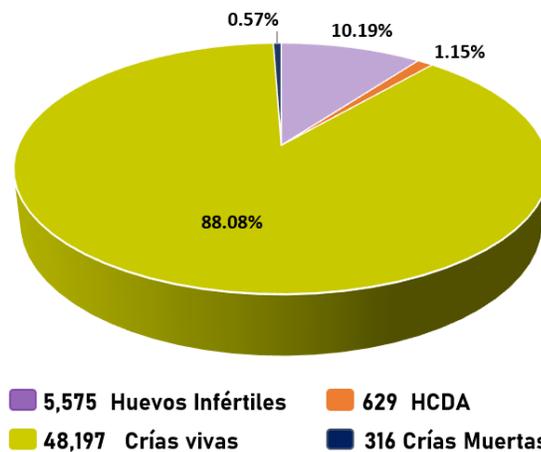
Se registró una tasa de emergencia y sobrevivencia del 88.08 %, un 10.19% de infertilidad, 0.57% de crías muertas dentro del nido y registrando un 1.15 % en mortandad embrionaria (Tabla 1, Gráfica 1). Por otra parte, solo en 246 nidos se encontraron HCDA, con un total de 629 huevos con mortandad embrionaria. (Gráfica 2).

Tabla 1. Datos generales, temporada de anidación en corral de protección 2018, Campamento Tamul.

Nidos	Huevos trasplantados	Crías vivas	Crías muertas	Huevos infértiles	HCDA Mortandad
489	54,717	48,197	316	5,575	629**
		88.08%	0.57%	10.19%	1.15%

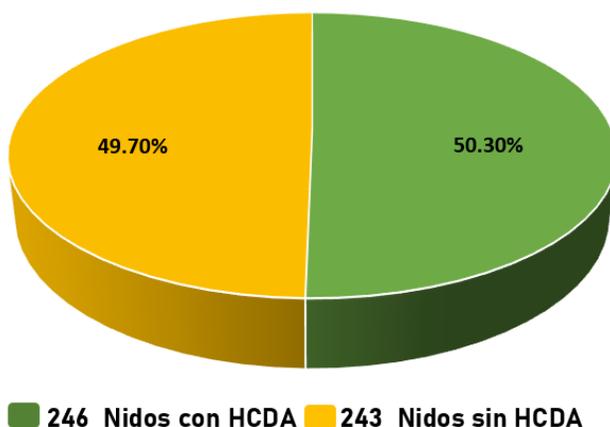
** durante la revisión y extracción de los embriones del cascarón, se encontraron dos huevos que presentaron embriones gemelos, por lo que sumarian 631 embriones.

54,717 HUEVOS TRASLADADOS



Gráfica 1. Porcentajes generales de los huevos trasladados durante la temporada.

489 NIDOS PROTEGIDOS



Gráfica 2. Total, de nidos donde se encontraron huevos con Embriones (HCDA)

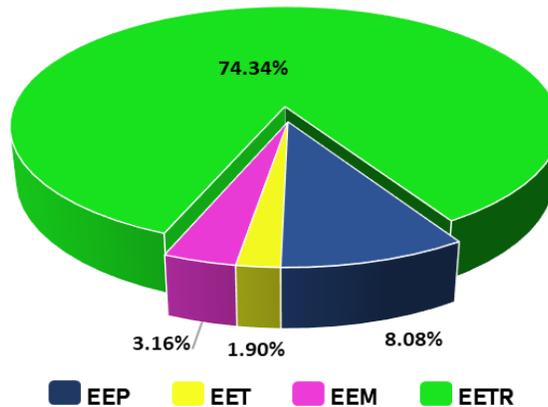
De los 631 embriones muertos, solo se pudieron analizar 552, (87.48%), observando a simple vista las características morfológicas, describiendo el grado de desarrollo y la estimación al tiempo de incubación, los 79 embriones restantes que representan el 12.52%, presentaban un alto índice de descomposición, por lo que fue imposible conocer sus características físicas.

Dentro de la clasificación de las distintas etapas embrionarias, la etapa primaria (EEP) presentó 51 embriones, lo que representa un 8.08%, la etapa secundaria o de desarrollo temprano (EET) fue la que menor número de embriones se registraron con 12 de ellos y un 1.90%, la etapa media (EEM) con 20 embriones 3.16%, mientras que la etapa terminal o de ruptura (EETR) en la que se registró el máximo de 469 embriones muertos, que representan el 74.34% de mortandad embrionaria. (Tabla 2, Grafica 3).

Tabla 2. Diferentes etapas embrionarias identificadas en la temporada 2018 Campamento Tamul.

Mortandad embrionaria	EEP	EET	EEM	EETR
631	51	12	20	469
1.15%	8.08%	1.90%	3.16%	74.34%

EMBRIONES IDENTIFICADOS POR ETAPAS



Gráfica 3. Porcentajes totales de los embriones identificados durante la temporada.

Uno de los problemas más comunes en las distintas especies de tortugas marinas, es el alto índice de malformaciones y albinismo, esto afecta al momento de la eclosión, reflejándose en 380 embriones revisados, los cuales a pesar de completar su desarrollo embrionario (EETR) no fueron capaces de eclosionar.

Desarrollo embrionario de *Chelonia mydas*

Con respecto a las diversas investigaciones sobre el desarrollo embrionario en tortugas marinas, diferentes autores se han encontrado con algunas dificultades para clasificar los distintos estadios embrionarios. En los diversos estudios se han descrito hasta 30 estadios embrionarios en otras especies como *Lepidochelys olivacea* y 20 estadios de *Caretta caretta*, por lo que es la primera vez que se describe para la especie *Chelonia mydas*, cuya incubación es de 45 a 55 días, tomando ciertas características morfológicas más evidentes para agruparlas en cuatro etapas, con la finalidad de enfocarnos en los cambios más notables:

1.- **EEP**. Embrión de aspecto filamentososo.

2.- EET. Embrión con morfología básica, se observa el tubo neural. Al final de esta etapa, se considera completo el desarrollo encefálico.

3.- EEM. Formación del espaldar, se distinguen escudos costales y falanges en aletas superiores e inferiores. Al final de la etapa el rostro está desarrollado, se presenta pigmentación en escudos de cabeza y caparazón.

4.- EETR. Mayor pigmentación en la piel y caparazón. Al final de la etapa el embrión se encuentra totalmente formado y con el vitelo absorbido casi en su totalidad.

1.- Etapa Embrionaria Primaria. **EET. 0- 5 días:** a partir del segundo día, ya es visible la fijación embrionaria denominada “escudo embrionario” o “disco germinativo”, que originará la formación de las membranas extraembrionarias. Calcificación de más del 60% del cascarón. Embrión de aspecto filamentososo, comienzan a ser visibles los primeros vasos sanguíneos. En esta etapa el polo animal se caracteriza por vitelo denso y el polo vegetativo ó albumina se hace más fluida (Fig. 21).



Figura 21. Huevo con menos del 50% de calcificación.

Vitelo denso y de color amarillo, la albumina era líquida e incolora, presentaba pequeños indicios de sangre. Se detuvo el desarrollo embrionario alrededor del 4° o 5° día.

2.- Etapa Embrionaria Temprana. **EET. 6-22 días:** Vasos sanguíneos desarrollados, inicia la formación del cráneo y rostro, presencia de la vesícula

óptica pigmentada. Las extremidades anteriores y posteriores presentan aspecto de aletas rudimentarias, siendo distinguibles las falanges en las aletas anteriores, las aletas posteriores son de menor tamaño que la cola. Se hace evidente el desarrollo de los órganos internos como precursores del corazón y del aparato digestivo, así como los vasos sanguíneos internos, los cuales llegan a ser visibles, debido a la transparencia del embrión (Fig. 22).



Figura 22. Embrión con el cuerpo sin pigmentación. Vesícula óptica con pigmentación evidente. Se detuvo el desarrollo embrionario alrededor de los 18-20 días.

3.- Etapa Embrionaria Media. **EEM. 23-44 días:** Aparecen los párpados superiores, son visibles los escudos costales del caparazón, volumen del saco vitelino mayor que el volumen del embrión. Los ojos están desarrollados totalmente, pero con un tamaño desproporcional con respecto a la cabeza, el embrión es más opaco por iniciar la pigmentación, formación del plastrón (parte ventral del caparazón).

A partir de los 27-30 días en el caparazón se distinguen los escudos marginales, costales y vertebrales, el plastrón comienza a tener reconocibles sus escudos y la apertura abdominal, el pico y la carúncula están formados. Se comienzan a distinguir las escamas de la cabeza; escamas frontales y prefrontales utilizados para la identificación de la especie, ligera pigmentación de las aletas.

A partir de los 36 días, los escudos del plastrón y caparazón están totalmente definidos y con una pigmentación más intensa, ojos completamente desarrollados y proporcionales a la cabeza, los plegamientos del cuello se hacen más evidentes, pero sin pigmentación (Fig. 23).



Figura 23. Embrión completamente pigmentado.
Se detuvo el desarrollo embrionario alrededor de los 35 días.

4.- Etapa Embrionaria Terminal o Ruptura. **EETR. 45-55 días:** Pigmentación y formación completa de las escamas de la cabeza: frontales, prefrontales, postoculares y supraoculares, los párpados encierran completamente al ojo, pigmentación de la piel entre escudos, cuello, axilas e ingles. Cola de menor tamaño que aletas posteriores, la reserva vitelina está absorbida casi en su totalidad en la cavidad abdominal. Morfología y pigmentación típica de la cría nacida (Fig. 24).



Figura 24. Embrión totalmente desarrollado.
Se detuvo el desarrollo embrionario alrededor de los 50 días, el vitelo no se absorbió totalmente.

Malformaciones embrionarias

Existen factores genéticos, biológicos, fisiológicos, físicos, químicos, y edafológicos que alteran o repercuten en el desarrollo embrionario y pueden ser responsables de la aparición de ciertos tipos de malformaciones, afectando el proceso de eclosión de las crías. En cualquier caso, las malformaciones se pueden considerar relativamente raras, indicando cambios negativos en la biología de las tortugas marinas. En las revisiones de embriones y huevos se encontraron algunas malformaciones, que, si bien fueron pocas, algunas de ellas se repitieron en varios organismos (Fig. 25).

Embriones que presentaron malformación de caparazón. En este caso el caparazón estaba completamente doblado hacia atrás (Fig. 25a). Embriones que no se completó el caparazón y no desarrollaron el plastrón, dejando los órganos internos descubiertos (Fig. 25b). Organismos con bicefalia (Fig. 25c). Embriones gemelos unidos de la parte ventral (Fig. 25d).

Embriones con albinismo; ejemplar que presentaba malformación facial sin desarrollo de ojos (Fig. 25e). Embrión con el caparazón doblado hacia atrás, no desarrolló completamente el plastrón dejando fuera los órganos internos, además de que presentaba microcefalia y no desarrolló su rostro (Fig. 25f). Embrión con el caparazón torcido, plastrón de aspecto cartilaginoso (Fig. 25g). Embrión que no desarrolló el plastrón dejando visibles los órganos internos, ojos desproporcionados al tamaño de su cabeza, no desarrolló su mandíbula y su carúncula (Fig. 25h).



Figura 25a.



Figura 25b.



Figura 25c.



Figura 25d.



Figura 25e.



Figura 25f.

(Fotos: Francisco Luna).



Figura 25g.



Figura 25h.

Figura 25. Malformaciones comunes en embriones de tortuga blanca dentro del Campamento Tamul.

(Fotos: Catalina Arriaga).

Resumen de las etapas embrionarias para facilitar su identificación. (Tablas 3-6).

Tabla 3. Descripción morfológica embrionaria EEP (Etapa Embrionaria Primaria).

Días Aproximados de Incubación	Etapa Embrionaria	Rasgos Notables	Embriones
2	EEP	Escudo embrionario formado, se aprecia del 10% al 15% de calcificación.	
3	EEP	Calcificación del 30%. Reserva de vitelo denso de color naranja. Albumina fluida y sin color.	
3	EEP	Calcificación del 30% al 40%. El escudo embrionario totalmente fijado, primeros indicios de vasos sanguíneos.	
4	EEP	Embrión de aspecto filamentososo, y de aspecto traslúcido, albumina fluida. No se distinguen estructuras externas.	
4 - 5	EEP	Se aprecian los vasos sanguíneos alrededor del embrión de forma filamentososa.	

Tabla 4. Descripción morfológica embrionaria EET (Etapa Embrionaria Temprana).

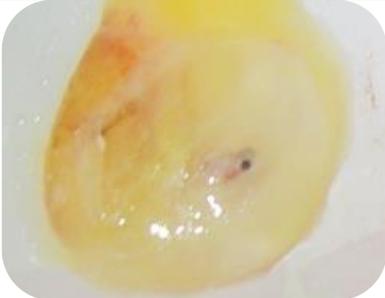
Días Aproximados de Incubación	Etapa Embrionaria	Rasgos Notables	Embriones
6 - 7	EET	Embrión de aspecto filamentososo, se distinguen dos ligeros puntos de la vesícula óptica.	
9 - 10	EET	El embrión deja de ser filamentososo, inicia la formación del cráneo, rostro y de la vesícula óptica, aumento del desarrollo de los vasos sanguíneos.	
15 - 17	EET	Extremidades delimitadas, pigmentación total de las vesículas ópticas, desarrollo del rostro completo.	
20 - 22	EET	Se inicia la formación del caparazón y las aletas anteriores, abultamiento en la cabeza donde se desarrollará el cerebro, la cola desarrollada se presenta enroscada.	

Tabla 5. Descripción morfológica embrionaria EEM (Etapa Embrionaria Media).

Días Aproximados de Incubación	Etapa Embrionaria	Rasgos Notables	Embriones
24 - 26	EEM	Ojos delimitados por los párpados, presencia de la carúncula, se distinguen las falanges de las aletas anteriores, maxila superior en forma de pico	 A close-up photograph of a pale, translucent frog embryo held between fingers. The embryo has a large, dark eye and a small, pointed snout. Its body is curled, and the forelimbs are visible with distinct phalanges.
27 - 29	EEM	Ojos desproporcionados al tamaño de la cabeza, esbozos de los escudos del caparazón.	 A photograph of a frog embryo at a later stage than the previous one. The eyes are significantly larger and more prominent. The body is more developed, showing the beginning of the shell plates (scutes) on the back.
30 - 32	EEM	Escamas de la cabeza visibles, formación de los escudos marginales del caparazón y escudos del plastrón.	 A photograph showing a frog embryo with more advanced development. The head is more defined, and the scutes on the head and the edges of the shell are clearly visible. The body is more compact.
32 - 34	EEM	Mayor pigmentación, escamas de la cabeza y aletas definidas.	 A photograph of a frog embryo that is more pigmented and darker in color. The head and tail are more defined, and the scutes on the head and the edges of the shell are clearly visible.

34 - 36	EEM	Se diferencian las escamas de la cabeza, ojos totalmente pigmentados y desarrollados, formación de las uñas en cada aleta, las aletas traseras son de igual tamaño que la cola.	
37 - 39	EEM	Ojos proporcionales a la cabeza, pigmentación de las aletas y cuerpo, son visibles los plegamientos del cuello, restos del saco vitelino.	
40 - 42	EEM	La proporción del vitelo es igual al tamaño del embrión, la cola es de menor tamaño que las aletas anteriores, continua la pigmentación en todo el cuerpo.	

Tabla 6. Descripción morfológica embrionaria EETR (Etapa Embrionaria Temprana o Ruptura).

Días Aproximados de Incubación	Etapa Embrionaria	Rasgos Notables	Embriones
48	EETT	La pigmentación se intensifica, los escudos de la cabeza se hacen más evidentes. Presencia de vitelo.	
50	EETT	La reserva de vitelo es menor que el embrión, las escamas del cuerpo están totalmente formadas, pigmentación intensa.	
53	EETT	El embrión presenta la pigmentación y morfología característica de un neonato, presencia de vitelo.	
54	EETT	El embrión se encuentra totalmente formado, y con el vitelo parcialmente absorbido en la cavidad abdominal.	
55	EETT	Morfología y pigmentación típica de una cría recién nacida. Se termina el desarrollo embrionario para esta especie.	

12. DISCUSIÓN

El campamento Tamul se encuentra en un área natural protegida, que colinda con una zona de manglar, áreas en la que las tortugas son más vulnerables en donde la depredación y la erosión de la playa son unos de los factores más importantes para la pérdida de nidadas (Cervantes-Becerra, 2017).

Por lo que, realizamos una reubicación intensiva de nidos de zonas de riesgo a un corral de protección, donde el manejo de nidadas es de suma importancia para las tortugas, obteniendo la mínima mortandad embrionaria, creando un precedente para otros campamentos que se encuentren en lugares similares.

El manejo eficiente de las nidadas se ve reflejado en el alto porcentaje de eclosión y sobrevivencia. Sin embargo, hay factores externos que pueden afectar severamente estos porcentajes.

Márquez, 1996 y Eckert, 1999, señalan que el éxito de eclosión *in situ* ronda entre los 75% y 80% en zonas protegidas y pueden llegar a tener un éxito de sobrevivencia de 85% a 90%.

En el presente estudio reportamos que al haber trasladado los nidos *in situ* a un corral de protección, obtuvimos un éxito de fertilidad del 89.82%, mientras que el porcentaje de eclosión fue de 88.66 %, lo que generó una sobrevivencia del 88.04%, registrando solamente un mínimo de 1.15 % de mortandad embrionaria. El éxito de eclosión en esta temporada fue superior mientras que la sobrevivencia se mantuvo dentro del rango reportado para esta especie.

Miller en 1985 y Abella en 2010, mencionan que la temperatura, humedad, el tipo y el tamaño del grano de arena e intercambio gaseoso, son factores importantes para el desarrollo embrionario.

Aunque es difícil determinar las causas de mortandad embrionaria en las dos primeras etapas de desarrollo, los huevos no presentaban signos de sequedad, ruptura o coloración que indicara presencia de hongos, por lo que pudimos especular que la mortandad embrionaria fue causada por falta de intercambio gaseoso.

Álvarez-Servín en 2017, menciona que un ligero incremento en la temperatura, aumenta considerablemente las tasas metabólicas y con ello, niveles altos de bióxido de carbono. Sin embargo, en nuestras muestras de embriones de la etapa media, presentaban el saco vitelino espeso o endurecido, causado principalmente por sequedad y falta de humedad, pudiendo estar asociado al aumento de temperatura dentro del nido.

Bárcenas y Maldonado en 2009, mencionan que las diversas malformaciones, como: deformidad en la cabeza, un nulo desarrollo del caparazón o ausencia de aletas y albinismo, son características generadas principalmente por cuestiones genéticas y no por manejo o reubicación de los nidos. En nuestro caso, las malformaciones presentes en los nidos del Campamento Tamul, impidieron la ruptura del cascarón, donde la mayoría fueron embriones que se describieron en la etapa terminal o de ruptura.

13. CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos indican un adecuado manejo de los nidos, teniendo una sobrevivencia de 88.04 % y liberando el 100 % de las crías nacidas dentro del Campamento Tamul, donde los esfuerzos por la conservación de las tortugas se llevan al máximo en cada temporada.

El impacto generado por la reubicación y traslado de nidadas no repercutió en el desarrollo embrionario, que al movilizar nidos se provocan alteraciones mínimas de cambio de condiciones físicas y químicas dentro del huevo, aun así, el porcentaje de mortandad de 1.15 % fue muy bajo para esta temporada. El conocer cuáles son los factores determinantes y como afectan el proceso de embriogénesis, ayuda a maximizar la eclosión y emergencia de crías en los corrales de protección en temporadas futuras.

Dentro de los embriones muestreados, se logró identificar en que estadios se detuvo su desarrollo y con base a sus características morfológicas, fue posible estimar cuantos días se mantuvo vivo el embrión, se observó que más del 70% de los embriones llegaron a culminar su desarrollo y la causa de su muerte fue por la presencia de las alteraciones morfológicas.

El manejo de las nidadas sin agitar o generar movimientos bruscos que puedan afectar a los huevos durante el proceso de recolecta, transporte y resembrado dentro del corral, no altera el desarrollo embrionario.

14.RECOMENDACIONES

Dejar de restringir el conocimiento y la investigación científica en especies vulnerables

A pesar de los estudios realizados, aún queda mucho por conocer de las tortugas marinas, principalmente la incubación y desarrollo embrionario. Es por ello, que para tener programas de conservación y protección se necesita generar mayor conocimiento científico, considerando siempre que cada plan de manejo y protección será diferente para cada región o país, pero con una capacitación estandarizada a un manejo adecuado, reconociendo siempre los riesgos y amenazas de las zonas de anidación.

Se debe trabajar más, para tener un manejo adecuado de las poblaciones de tortugas marinas, además de asegurar la integridad de sus hábitats y zonas costeras donde arriban para su anidación, esto con el fin de recuperar y mantener las poblaciones nidificantes.

15. REFERENCIAS

- Abella, E. 2010. Factores ambientales y de manejo que afectan al desarrollo embrionario de la tortuga marina *Caretta caretta*. Implicaciones en programas de incubación controlada. Tesis doctoral. Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Las Palmas de Gran Canaria. España. 239 pp.
- Abreu, A., Koch, V., Peckman, H., Cuevas, E., Peralta, E., Luna T., López K., Castro, A., Delgado, C., Márquez, R., Peñaflores, C., Barragán, A., Briseño, R. (2016). Las tortugas marinas en México: Logros y perspectivas para su conservación. Soluciones ambientales. ITZENI, A.C. CDMX. México. 240 pp.
- Ackerman, R. A. 1997. The nest environment and the embryonic development of sea turtles. *The Biology of Sea Turtles*. 1, 15 pp.
- Aguilar-Morales, M. 2014. Análisis estadístico de las técnicas de incubación de nidadas de tortuga verde (*Chelonia mydas*) en Cayo Arcas, Campeche. Temporadas 2005-2011. (Tesis de Licenciatura Biología) Facultad de Ciencias, UNAM. México. 95 pp.
- Álvarez-Servín, J. 2017. Tolerancia térmica de embriones de la tortuga golfina, *Lepidochelys olivacea*, en diferentes fases de su desarrollo embrionario. (Tesis de maestría en ciencias) posgrado en Ciencias del Mar y Limnología. Unidad académica Mazatlán. UNAM. Mazatlán, Sinaloa. México. 156 pp.
- Apan, E., Linares, P. y Acosta, C. 2016. Dinámica poblacional y manejo de tortugas marinas (*Chelonia mydas* y *Lepidochelys kempii*) en Santander, Veracruz, México. Monografías de la Asociación Chelonia. Vol. XI. 72 pp.
- Bárceñas, A. y Maldonado, A. 2009. **Malformaciones en embriones y neonatos de tortuga golfina (*Lepidochelys olivacea*) en Nuevo Vallarta, Nayarit, México.** Veterinaria. México. Vol. 40 numero 4. 371-380 pp.
- Bolten, A. S. 2000. Técnicas para la medición de tortugas. M Donnelly (eds.) Técnicas de Investigación y Manejo para la Conservación de las Tortugas Marinas. Grupo especialista en Tortugas Marinas, IUCN/CSE. Publicación n°4, D.C. 243-257.
- Bustard, H.R. and P. Greenham. 1968. **Physical and chemical factors affecting hatching in the green sea turtle, *Chelonia mydas* (L.).** Ecology. 49, 269-276.
- Caut, S., E. Guirlet, P. Jouquet and M. Girondot. 2006. **Influence of nest location and yolkless eggs on the hatching success of leatherback turtle clutches in French Guiana.** Can. J. Zool. 84(6): 908-915.
- Cervantes-Becerra, A. 2017. Anidación y eclosión de las tortugas marinas: blanca, caguama y Carey en los campamentos Tortugeros Tamul y Cancún en Quintana

Roo, México (2007-2015). (Tesis de Licenciatura Biología) Facultad de Ciencias, UNAM. México. 122 pp.

CITES. 2017. Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora. Appendices I, II y III. En vigor a partir del 2017. CITES. <http://www.cites.org/esp/app/appendices>.

Colin-Aguilar, A. G. 2015. Anidación y conservación de la tortuga golfina (*Lepidochelys olivacea*) en dos playas de la costa occidental de Baja California Sur, México: 1995-2013. (Tesis de Maestría en Ciencias) Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California México. 136 pp.

Comité Estatal de Quintana Roo. 2018, Protección, Conservación y Manejo de la Tortuga Marina, Informe Anual 2018 Quintana Roo, México. <http://www.iacseaturtle.org/Comité/statal/de/Quintana+Roo.2018Protección/Conservación/Tortuga+Marina>.

CONABIO. 2009. Distribución potencial de tortuga blanca *Chelonia mydas* en México. Disponible en. http://www.biodiversidad.gob.mx/distribucion/potencial_tortugas.html.

CONABIO. 2012. Fichas de especies prioritarias. Tortuga Verde o Blanca (*Chelonia mydas*). Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México D.F. <http://www.iacseaturtle.org/Fichas+de+especies+prioritarias.+Tortuga+Verde+o+Blanca+%28Chelonia+mydas>

CONABIO. 2016. Identificación de Tortugas Marinas. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Disponible en: http://www.biodiversidad.gob.mx/especies/gran_familia/animales/reptiles/tortugas/identificacion_tortugas.html. Fecha de consulta: 3/9/18.

Crastz, F.1982. **Embryological stages of the marine turtle *Lepidochelys olivacea* (Eschscholtz)**. Rev. Biología. Tropical. 30 (2): 113 – 120.

Chacón, D., B. Dick., E. Harrison., L. Sarti y M. Solano. 2008. Manual sobre técnicas de manejo y conservación de las tortugas marinas en playas de anidación de Centroamérica, Secretaría Pro Tempore de la Convención Interamericana para la Protección y Conservación de las Tortugas Marinas (CIT), San José, Costa Rica. 56 pp.

Domínguez-Olivares, M. 2009. Evaluación de la mortalidad en embriones y crías de tortuga lora *Lepidochelys kempii*, por medio de necropsia e histopatología en Rancho Nuevo, Tamaulipas México. (Tesis de Licenciatura) Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán. UNAM. México. 54 pp.

- Eckert, K., K. Bjorndal, F.A. Abreu-Grobois and M. Donnelly. (Editores). 1999. Técnicas de Investigación y Manejo para la Conservación de las Tortugas Marinas. UICN/CSC Grupo Especialista en Tortugas Marinas. No. 4. 235 pp.
- Figuroa, M. 1987. Rango de Temperaturas que afectan el desarrollo embriológico de la tortuga golfinia (*Lepidochelys olivacea*). (Tesis de Licenciatura). Escuela de Biología, Facultad de Ciencias Naturales y Matemática, Universidad de El Salvador. 67 pp.
- Gaffney, E. y Meylan, P. 1988. **A phylogeny of turtles. In M. J. (Ed.). The Phylogeny and Classification of Tetrapods.** Oxford. 157-219 pp.
- García-Cerda, R. M. 2008. Desarrollo embrionario de *Caretta caretta*: análisis descriptivo de su evolución morfológica. Departamento de Biología. Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, Campus de Tafira, 3507. Las Palmas, Islas Canarias, España. 43 pp.
- Lucio-Velasco, R. 2010. Mortalidad en huevos no eclosionados de las tortugas marinas *Caretta caretta* y *Chelonia mydas* del centro tortugario Xpu Ha de Quintana Roo. (Tesis de Licenciatura) Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán. UNAM. México. 60 pp.
- Márquez, R. 1996. Las tortugas marinas y nuestro tiempo. Fondo de Cultura Económica. México D.F. Capítulo I y II: 197 pp.
- Mejía, D. 2014. Anidación, protección y manejo de la tortuga caguama (*Caretta caretta*) en la playa Xcacel-Xcacelito, Q. Roo, México, en la temporada 2011. (Tesis de Licenciatura). Facultad de Ciencias UNAM. México. 24 pp.
- Miller, J.D. 1985. Embryology of marine turtle. In Biology of the Reptilia. Vol. 14 (Eds C. Gans, F. Billet, and P. Maderson.) 328 pp.
- Monzón-Arguello, C., Tomás, J., Naro, M, E. Marco. 2011. Tortuga verde- *Chelonia mydas*. En: Enciclopedia Virtual de los Vertebrados Españoles. Museo Nacional de Ciencias Naturales, Madrid. <http://www.vertebradosibericos.org>.
- NORMA Oficial Mexicana **NOM-059-SEMARNAT-2010**, Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo. Diario Oficial de la Federación, segunda sección. México 2010. 78 pp.
- NORMA Oficial Mexicana **NOM-162-SEMARNAT-2012**, Que establece las especificaciones para la protección, recuperación y manejo de las poblaciones de

las tortugas marinas en su hábitat de anidación. Diario Oficial de la Federación. Primera sección. México 2012. 13pp

Ortiz, A. 2017. Programa Integral de Conservación de Tortugas Marinas. Reporte Final Temporada 2017. Campamento Tortuguero Tamul. Fundación Palace. México. 58 pp.

Pritchard, P. C. H. 1997. Evolution, Phylogeny and Current Status. In Lutz P.L. and Musick J.A, Eds. The Biology sea turtles, CRC Press, Florida. 28 pp.

Pritchard, P. and J. Mortimer. 1999. Taxonomía, Morfología Externa e Identificación de las Especies. UICN/CSE Grupo Especialista en Tortugas Marinas. Publicación No. 4. 23-42.

SECTUR. 2014. Agendas de competitividad de los destinos turísticos de México. Estudio de competitividad turística del destino Cancún. SECTUR y Universidad de Quintana Roo. México. 52-58.

SEMARNAT. 2010. Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. Secretaría de Gobernación. Diario Oficial de la Federación.

SEMARNAT. 2018. Programa de Acción para la Conservación de la Tortuga Verde/Negra(*Chelonia mydas*). SEMARNAT/ CONANP. México. Primera edición noviembre 2018.

Seminoff, J. A. 2004. *Chelonia mydas*. En: IUCN Red List of Threatened Species. Version 2010.1. <www.iucnredlist.org>.

IUCN 2016. **The IUCN Red List of Threatened Species. 2016. Green turtle (*Chelonia mydas*) range of distribution.** IUCN. <https://www.iucnredlist.org> › Green Turtle (*Chelonia mydas*).

Zurita. J.C., R. Herrera.1993. Tortugas Marinas del Caribe. N.E González (eds.) Biodiversidad Costera y Marina de México. CONABIO/CIQROO, Chetumal, México. 750 pp.

Enciclopedia virtual de los vertebrados españoles. (20 de noviembre de 2018). *Vertebrados ibéricos, distribución mundial de Chelonia mydas.*

<http://www.vertebradosibericos.org/reptiles/distribucion/chemyd>.

World Register of Marine Species. (30 de Julio de 2018). *Taxon details, Chelonia mydas (Linnaeus, 1758).*

<https://www.marinespecies.org/aphia.php?p=taxdetails&id=137206>

Biblioteca digital ILCE. (8 de octubre de 2018). *La vida de las tortugas marinas diferentes formas de anidacion de tortugas.*

<http://www.google/la/vida+de+las+tortugas+marinas+diferentes+formas+de+anidacion+de+tortugas&rlz=>

Cabo Verde Natura 2000.(15 de octubre 2018). *Incubación y determinación de sexo por temperatura.* <https://caboverdenatura2000.org>