



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

## POSGRADO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS

INSTITUTO DE BIOLOGÍA

ECOLOGÍA

Caracterización de nidos e influencia de las variables climáticas en los  
neonatos de las tortugas marinas *Eretmochelys imbricata*

## TESIS

QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:

**MAESTRA EN CIENCIAS BIOLÓGICAS**

PRESENTA:

**BIÓL. CYNTHIA DINORAH FLORES AGUIRRE**

TUTOR PRINCIPAL DE TESIS: DR. FAUSTO ROBERTO MÉNDEZ DE LA CRUZ  
INSTITUTO DE BIOLOGÍA, UNAM

COMITÉ TUTOR: DRA. GUILLERMINA ALCARAZ ZUBELDIA  
FACULTAD DE CIENCIAS, UNAM

DR. ANDRÉS GARCÍA AGUAYO  
INSTITUTO DE BIOLOGÍA, UNAM

MÉXICO, D.F. FEBRERO, 2016



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**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.





# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

## POSGRADO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS

INSTITUTO DE BIOLOGÍA  
ECOLOGÍA

Caracterización de nidos e influencia de las variables climáticas en los  
neonatos de las tortugas marinas *Eretmochelys imbricata*

## TESIS

QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:

**MAESTRA EN CIENCIAS BIOLÓGICAS**

PRESENTA:

**BIÓL. CYNTHIA DINORAH FLORES AGUIRRE**

TUTOR PRINCIPAL DE TESIS: DR. FAUSTO ROBERTO MÉNDEZ DE LA CRUZ  
INSTITUTO DE BIOLOGÍA, UNAM

COMITÉ TUTOR: DRA. GUILLERMINA ALCARAZ ZUBELDIA  
FACULTAD DE CIENCIAS, UNAM  
DR. ANDRÉS GARCÍA AGUAYO  
INSTITUTO DE BIOLOGÍA, UNAM

MÉXICO, D.F. FEBRERO, 2016



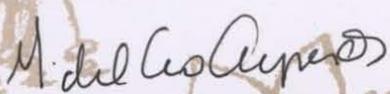
Dr. Isidro Ávila Martínez  
Director General de Administración Escolar, UNAM  
Presente

Me permito informar a usted que en la reunión del Subcomité por Campo de Conocimiento de Biología Evolutiva y Sistemática del Posgrado en Ciencias Biológicas, celebrada el día 30 de noviembre de 2015, se aprobó el siguiente jurado para el examen de grado de **MAESTRA EN CIENCIAS BIOLÓGICAS** de la alumna **FLORES AGUIRRE CYNTHIA DINORAH** con número de cuenta **303272351** con la tesis titulada "**Caracterización de nidos e influencia de las variables climáticas en los neonatos de las tortugas marinas *Eretmochelys imbricata***", realizada bajo la dirección del **DR. FAUSTO ROBERTO MENDEZ DE LA CRUZ**:

Presidente: DR. MANUEL FERIA ORTÍZ  
Vocal: DR. RODRIGO MACIP RÍOS  
Secretario: DRA. GUILLERMINA ALCARÁZ ZUBELDÍA  
Suplente: DR. ANÍBAL HELIOS DÍAZ DE LA VEGA PÉREZ  
Suplente: DR. ANDRÉS GARCÍA AGUAYO

Sin otro particular, me es grato enviarle un cordial saludo.

ATENTAMENTE  
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"  
Cd. Universitaria, D.F., a 22 de enero de 2016.

  
DRA. MARÍA DEL CORO ARIZMENDI ARRIAGA  
COORDINADORA DEL PROGRAMA



c.c.p. Expediente del (la) interesado (a).

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco al Posgrado en Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), por darme la oportunidad de seguir superándome en mis estudios y brindarme todas las facilidades para lograr culminar la maestría.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), por la beca otorgada para la realización de mis estudios de maestría con número 545214. Extiendo mis agradecimientos al Proyecto de Investigación PAPIIT con clave IN210116 y a NSF Macrosystems biology N. 10555, por el apoyo económico para la realización de este proyecto de tesis, también agradezco a PAEP, del posgrado en ciencias biológicas, UNAM, por el apoyo brindado para la asistencia a congresos y la impresión de esta tesis.

A mi tutor Dr. Fausto Méndez de la Cruz y a los miembros de mi Comité Tutor: la Dra. Guillermina Alcaráz Zubeldia y al Dr. Andrés García Aguayo, por toda su ayuda proporcionada, por compartir su conocimiento y por sus comentarios y sugerencias

## **AGRADECIMIENTOS A TITULO PERSONAL**

A los Drs. Fausto Méndez, Guille Alcaraz y Andrés García, por encaminarme en el mundo de la ciencia y por sus valiosos consejos, pero sobre todo por brindarme su apoyo y amistad.

A los miembros de mi jurado: Dr. Manuel Feria, Dr. Rodrigo Macip, Dra. Guillermina Alcaraz, Dr. Andrés García y Dr. Aníbal H. de la Vega por su apoyo, comentarios y correcciones de la tesis.

Al Dr. Amando Bautista de la Universidad de Tlaxcala, quien nos prestó registradores de temperatura para la realización de este estudio.

A Rocío de la Oficina del Posgrado en Ciencias Biológicas, por su ayuda en todos los trámites durante la maestría.

A mis padres y hermano por todo su amor y apoyo siempre!

A David López Trujillo por su amor y apoyo durante todo el proceso de la realización de mi maestría, sobre todo por la ayuda en campo y por hacer más agradables los desvelos en búsqueda de tortugas.

A la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP), por el apoyo brindado durante mi estancia en el Parque Nacional Isla Contoy, así como a Amigos de Isla Contoy A.C. A Ignacio Barajas, encargado de las tortugas Marinas, por su apoyo y conocimiento, a Dari y Judith, quienes compartimos el amor hacia las tortugas y por el apoyo en campo. Así como a todos los integrantes de Isla Contoy, quienes hicieron de nuestra estancia en la isla mejor (Henry, Luis, Rocío, Ramón, Jonathan, Trini, Alina, Santiago, Adriana y Paco).

A mis amig@s de laboratorio por enseñarme más acerca de los fabulosos anfibios y reptiles!!!! ☺

A las chicas del laboratorio de ermitaños y a los malaco-amig@s, gracias por su apoyo y comentarios para la tesis, también les agradezco por el apoyo a mis amig@s de la prepa por estar siempre conmigo y a todos los que estuvieron de alguna forma apoyándome durante la realización de este proyecto.

## DEDICATORIA

A mi familia por todo su apoyo, amor y comprensión y a mis amigos por hacer que todo sea más divertido.



## ÍNDICE

1.	<b>RESUMEN</b>	1
2	<b>ABSTRACT</b>	2
3	<b>INTRODUCCIÓN</b>	3
3.1	Evolución, ubicación taxonómica y morfología de las tortugas marinas	4
3.1.1	Ciclo de vida	5
3.2	Especie de estudio. Tortuga Carey ( <i>Eretmochelys imbricata</i> )	6
3.2.1	Taxonomía y morfología	6
3.2.2	Ciclo de vida de <i>Eretmochelys imbricata</i>	7
3.2.3	Distribución	8
3.2.4	Características de la anidación de <i>Eretmochelys imbricata</i>	9
3.2.5	Problemáticas	9
4	<b>OBJETIVOS GENERALES</b>	11
4.1	<b>OBJETIVOS PARTICULARES</b>	12
5	<b>HIPÓTESIS</b>	12
6	<b>ÁREA DE ESTUDIO</b>	12
7	<b>MATERIALES Y MÉTODOS</b>	13
8	<b>ANÁLISIS DE DATOS</b>	17
9	<b>RESULTADOS</b>	18
9.1	Caracterización de las playas de anidación	18
9.2	Anidación de <i>Eretmochelys imbricata</i>	20
9.3	Incubación de los huevos y porcentaje de eclosión de los neonatos de <i>Eretmochelys imbricata</i>	23
9.5	Porcentaje sexual de los neonatos de <i>Eretmochelys imbricata</i>	27
10	<b>DISCUSIÓN</b>	31
10.1	Caracterización de las playas de anidación	31
10.2	Anidación de <i>Eretmochelys imbricata</i>	32
10.3	Incubación de los huevos y porcentaje de eclosión de los neonatos de <i>Eretmochelys imbricata</i>	35
10.6	Porcentaje sexual de los neonatos de <i>Eretmochelys imbricata</i>	39
11	<b>RECOMENDACIONES</b>	41

12	<b>CONCLUSIONES</b>	43
13	<b>REFERENCIAS</b>	44
14	<b>ANEXO 1.</b> Anidación de <i>Caretta caretta</i> en el Parque Nacional Isla Contoy	56
15	<b>ANEXO 2.</b> Anidación de <i>Chelonia mydas</i> en el Parque Nacional Isla Contoy	63

### Lista de Figuras y Cuadros

Figura 1	Representación del ciclo de vida de las tortugas marinas ( <a href="http://www.iacseaturtle.org/">http://www.iacseaturtle.org/</a> ), adaptado por Didiher Chacón, basado en Lutz y Musick, 1996.	6
Figura 2	<i>Eretmochelys imbricata</i> . Hembra en playa de anidación (lado izquierdo) y neonato de tortuga carey (lado derecho).	7
Figura 3	Distribución y zonas de anidación de <i>Eretmochelys imbricata</i> (Dow et al. 2007 c. p. (Secretaría de la Convención Interamericana para la Protección y Conservación de las Tortugas Marinas (Sría. de la CIT), 2010)	9
Figura 4	Área de Estudio, Parque Nacional Isla Contoy, Quintana Roo, México (modificado de Google maps)	13
Figura 5	a) Rastros de <i>Eretmochelys imbricata</i> y b) <i>E. imbricata</i> ovipositando	14
Figura 6	Número de huevos depositados, profundidad del nido a partir del último huevo depositado y tamaño de las tortugas durante la anidación de <i>Eretmochelys imbricata</i> entre los meses de mayo y julio	21
Figura 7	Temperatura interna de las cámaras de incubación relacionadas con la temperatura externa de la cámara de incubación y la humedad tanto externa, como interna de las cámaras de incubación de <i>Eretmochelys imbricata</i> , durante su anidación.	22
Figura 8	Vegetación asociada a los nidos de <i>Eretmochelys imbricata</i> .	23
Figura 9	Días de incubación de los huevos, temperatura de incubación de los huevos y porcentaje de eclosión de los neonatos de <i>Eretmochelys imbricata</i> entre el lado este y oeste de Isla Contoy	26
Figura 10	Relación entre los días de incubación y la longitud de los caparazones de los neonatos de <i>Eretmochelys imbricata</i> (error estándar).	27

Figura 11	Porcentaje de hembras (región rosa) y machos (región azul) estimados de acuerdo a la temperatura de incubación durante el periodo termo sensible (línea negra) de los nidos registrados de <i>Eretmochelys imbricata</i> .	28
Figura 12	Resumen de las temperaturas de incubación de los nidos de <i>Eretmochelys imbricata</i> en mayo (del Nido 1 al Nido 9) y de los nidos de Julio (Nido 10 y Nido 11).	30
Figura 13	Estimación de hembras anidantes <i>Eretmochelys imbricata</i> en la Península de Yucatán (Guzmán et al. 2008).	32
Figura 14	<i>Caretta caretta</i> anidando en la playa Dunas del Parque Nacional Isla Contoy	56
Figura 15	Temperatura durante el periodo de incubación de <i>Caretta caretta</i> , tanto del nido (línea roja), de la playa Dunas (línea verde) y del control (línea morada). Precipitación de la zona (Estación meteorológica de Cancún; línea punteada azul). Temperatura pivote, marcada por la línea punteada negra y el periodo termo sensible, marcado con el rectángulo punteado	59
Figura 16	A) Tortuga <i>Chelonia mydas</i> nadando junto a las playas de anidación del Parque Nacional Isla Contoy. B) Neonato de <i>C. mydas</i>	63
Figura 17	Rastro y nido de <i>Chelonia mydas</i> (izquierda) y hembra <i>C. mydas</i> anidando en las playas del Parque Nacional Isla Contoy	65
Figura 18	Temperatura de incubación de <i>Chelonia mydas</i> en las playas Faro (a) y Punta Sur (b) durante el periodo de incubación de julio a septiembre y temperaturas de incubación del nido en la playa Cruces (c) durante el periodo de septiembre a noviembre. Las líneas horizontales azules indican el pre PTS, el PTS y el post PTS durante la incubación de los nidos.	68
Figura 19	Porcentaje sexual en los nidos de <i>Chelonia mydas</i> , mostrando el promedio de la temperatura del periodo termo sensible (°C) en la línea negra. La región rosada marca el porcentaje de hembras y la región azul marca el porcentaje de machos. El nido Punta Sur y Faro fueron del periodo de incubación de julio-septiembre y el del nido Cruces es del periodo de incubación de septiembre a noviembre.	69
Cuadro 1	Abreviaciones de los parámetros registrados en cada nido	16
Cuadro 2	Topografía de las playas de anidación (promedios y desviación estándar del ancho y pendientes de las playas de anidación cada 50 m. Excepto en la playa Dunas en donde la medición fue cada 200 m).	18
Cuadro 3	Temperaturas promedio y error estándar de la superficie de las playas de Isla Contoy en los distintos meses de anidación de las tortugas <i>Eretmochelys</i>	19

*imbricata*

Cuadro 4	Promedios y desviaciones estándar de las variables ambientales, variables litorales y características de la anidación de <i>Eretmochelys imbricata</i> .	20
Cuadro 5	Temperaturas promedio, $\pm$ desviación estándar e intervalo de temperaturas entre paréntesis, dentro del nido, en el control y en la arena superficial de las playas de anidación. En el inicio del periodo de incubación (Pre-PTS), a mediados del periodo de incubación (PTS) y durante el final del periodo de incubación (Post-PTS) en los nidos de <i>Eretmochelys imbricata</i> .	24
Cuadro 6	Éxito reproductivo de las tortugas <i>Eretmochelys imbricata</i> .	25
Cuadro 7	Temperatura promedio en los nidos durante el periodo termo sensible, porcentaje de hembras, incremento del calor metabólico, porcentaje de eclosión y temperatura durante la incubación de <i>Eretmochelys imbricata</i> , tanto en la playa, en el nido y en el control (intervalos de temperatura entre paréntesis).	27
Cuadro 8	Temperatura promedio, $\pm$ DE e intervalos de temperatura entre paréntesis, registrada en el nidos, en la arena enterrada a la misma profundidad del nido (control) y en la superficie del nido (playa) durante todo el periodo de incubación, previo al periodo termo sensible (pre-PTS), durante el PTS y después del periodo termo sensible (post-PTS) en el nido de <i>Caretta caretta</i> .	60
Cuadro 9	Características de anidación de <i>Chelonia mydas</i> en Isla Contoy	66
Cuadro 10	Temperatura promedio, $\pm$ DE e intervalos de temperatura entre paréntesis, tanto en del nido, en el control y en la arena superficial de las playas. Durante la temperatura previa al PTS (Pre-PTS), en el Periodo Termo Sensible (PTS) y posterior al PTS (Post-PTS) en los nidos de <i>Chelonia mydas</i> .	67

# CARACTERIZACIÓN DE NIDOS E INFLUENCIA DE LAS VARIABLES CLIMÁTICAS EN LOS NEONATOS DE LAS TORTUGAS MARINAS *Eretmochelys Imbricata*.

## 1. RESUMEN

Las tortugas marinas se encuentran en peligro crítico de extinción, debido principalmente a factores antropogénicos y cambios climáticos actuales del planeta. El éxito reproductor y el sexo de los neonatos de las tortugas marinas son determinados por la temperatura ambiental durante el periodo termo sensible de la incubación, por lo cual es fundamental conocer los factores ambientales que influyen en la anidación y durante la incubación de los huevos de las tortugas. Los nidos de *Eretmochelys imbricata* se evaluaron en el Parque Nacional Isla Contoy, Quintana Roo, México, con el fin de calcular el éxito de eclosión y las proporciones sexuales de los neonatos, de acuerdo a la temperatura, humedad, profundidad, topografía de las playas, distancia a la marea y vegetación en relación a la anidación e incubación de las tortugas. La mayoría de los nidos muestreados tuvieron temperaturas de incubación mayores a la temperatura pivote, lo que sugiere que esta población podría sesgarse a la feminización. El éxito de eclosión de los neonatos de *Eretmochelys imbricata* fue muy bajo, debido principalmente a las variaciones extremas de humedad. Adicionalmente, una alta proporción de nidos de *E. imbricata* en el lado este de la isla fueron destruidos por la anidación de individuos de *Chelonia mydas* en los espacios previamente utilizados por las tortugas Carey, afectando el éxito de eclosión de *E. imbricata*. Este trabajo resalta la importancia de realizar proyecciones a futuro que determinen la forma en que los cambios ambientales afectarán a las poblaciones de las tortugas marinas, así como tomar medidas que protejan a los huevos de las tortugas Carey por efecto del solapamiento de nidos con *C. mydas*.

## 2. ABSTRACT

Sea turtles are critically endangered by anthropogenic factors and current climate changes on the planet. Reproductive success and the sex determination of sea turtles hatchlings are determined by environmental temperature during the heat-sensitive incubation period. That is why it is essential to understand the environmental factors that influence the nesting and during the incubation of turtles. The nests of *Eretmochelys imbricata* were evaluated on the Isla Contoy National Park, Quintana Roo, Mexico, to estimate sex ratios and hatching success of neonates according to temperature, humidity, depth, topography of the beaches and distance tide and vegetation in relation to the nesting and hatching of turtles. Most of the sampled nests had temperatures above the pivot temperature incubation suggesting that this population can be skewed to feminization. The hatching successful of *E. imbricata* was very low, due to the extreme variations of humidity. *E. imbricata* nests were destroyed by the subsequent nesting of *Chelonia mydas* in the space previously used by the Carey turtles, affecting hatching success of *E. imbricata* in the east side of the island. This work emphasizes the importance of looking forward to determine how environmental changes affect the populations of sea turtles, as well as the measures needed to protect the eggs from the Carey turtle nests effect of overlap with *C. mydas*.

### 3. INTRODUCCIÓN

La determinación sexual dependiente de la temperatura de incubación (DST) actúa en la determinación del sexo en varios grupos de sauropsidos (tortugas, cocodrilos y lagartijas; Pieau, 1972; Davenport, 1997; Janzen y Paukstis, 1991; Ciofi y Swingland, 1997; Spotila, 2004; Valenzuela y Lance 2004). La temperatura de incubación feminizante determina el sexo a nivel gonadal y/o del sistema nervioso central (SNC), estimulando la biosíntesis de estrógenos, resultando la diferenciación de los ovarios. La temperatura de incubación masculizante, no estimula la aromatización de los estrógenos, ni a nivel gonadal, ni del SNC, resultando en la diferenciación de los testículos (Salame, 1998). Las tortugas al presentar determinación del sexo por temperatura, dependen del rango de temperatura que transcurre en el segundo tercio del periodo de incubación, denominado período termo sensible (PTS; Mrosovsky y Yntema, 1995). El PTS proporciona un equilibrio entre ambos sexos a una temperatura determinada, denominada temperatura pivote (Mrosovsky y Yntema 1995).

La determinación sexual dependiente de la temperatura (DST) presenta tres tipos: La del Tipo IA, se caracteriza por obtener una mayor proporción de machos al tener temperaturas menores a la pivotal (Masculino-Femenino “MF”; presente en tortugas marinas). La del Tipo IB, a temperaturas menores a las pivótiles se producirán más hembras (Femenino-Masculino “FM” presente en tuataras y algunas familias de lagartijas) y la del Tipo II se caracteriza por presentar proporciones sexuales (Femenino-Masculino-Femenino “FMF” presente en los cocodrilos; Salame-Méndez, 1997). Las tortugas marinas al expresar la DST del tipo IA podrían enfrentar problemas relacionados con el cambio climático, ya que si los huevos de las tortugas son expuestos a temperaturas mayores a la temperatura pivotal se puede generar una desproporción sexual, tendiendo a feminizar las poblaciones.

Las tortugas marinas son especies migratorias que se encuentran en todos los océanos del mundo, teniendo un amplio intervalo latitudinal para anidar (30 ° S – 40 ° N), es por ello que las tortugas pueden explorar distintos matices de temperaturas a una escala de microambiente (Diffenbaugh y Field, 2013). Las tortugas marinas presentan temperaturas pivote cercanas a los 29 ° C (Ackerman, 1997), a pesar del amplio rango de su distribución. La constante en la temperatura pivotal de las tortugas se encuentra dentro del intervalo en donde se garantiza la supervivencia, ya que temperaturas de incubación mayores a los 36 ° C pueden ser letales para los embriones y temperaturas de incubación menores a los 23 ° C impiden el desarrollo embrionario. Una incubación exitosa de los

huevos sucede en un intervalo de temperatura de aproximadamente 25 ° C a 35 ° C (Bustard y Greenham, 1968; Mrosovsky e Yntema, 1980; Miller y Limpus, 1981; Dimond, 1985; Ugalde, 1986 y Ackerman 1997).

Las distintas especies de tortugas marinas seleccionan los sitios de anidación entre diversos factores litorales, como son los cambios estacionales (Mrosovsky et al. 1984), ubicación del nido de acuerdo a la cantidad de sombra (Morreale et al. 1982), ubicación del nido de acuerdo a la posición (horizontal, a diferentes distancias del mar; o vertical a diferentes profundidades; Hays et. al 2001), diferencias en las características de la arena (albedo, Hays et al. 1995 y tamaño del grano, Schaetzl y Anderson, 2005) y entre otros factores como es la topografía de las playas (Zurita et al. 1993).

### **3.1. Evolución, ubicación taxonómica y morfología de las tortugas marinas**

Las tortugas aparecieron en el planeta cerca de 230 millones de años atrás, en el Triásico. Primero como tortugas terrestres y posteriormente en el Jurásico colonizaron cuerpos de agua dulce. En el Cretáceo temprano, cerca de los 110 millones de años, las tortugas se introdujeron al ambiente marino (Hirayama, 1998; Eckert et al., 2000), para ello tuvieron que tener ciertas adaptaciones para vivir totalmente en el océano. La adaptación de las tortugas a la vida marina se ha caracterizado principalmente por la modificación de sus extremidades anteriores, para lograr tener una mejor movilización en el mar, al tener una hipertrofia de la masa muscular en los pectorales de las tortugas para nadar (Hendrickson, 1980). Las articulaciones movibles que se encuentran entre los elementos óseos distales de las extremidades de las tortugas marinas perdieron tres o cuatro dígitos de la mano, para lograr tener una mayor flexibilidad y se encuentran notablemente alargados, mientras que las extremidades posteriores se mantuvieron más cortas (Wendell, 1914; Secretaría de la Convención Interamericana para la Protección y Conservación de las Tortugas Marinas (Sría. de la CIT), 2010). Los caparazones de las tortugas marinas se caracterizan por haber tenido una reducción en la cantidad de material óseo que mejoran su eficacia hidrodinámica y la placa del hombro se encuentra agrandada para fungir como sitio de anclaje para los músculos pectorales utilizados durante la natación (Wendell, 1914; Ecker et al. 2000). La cabeza presenta una cubierta gruesa y casi completa sobre el cráneo que les confiere protección (Gaffney y Meylan, 1988), las glándulas lacrimales son alargadas y con modificaciones para extraer el exceso de sales de los fluidos corporales que se acumulan por ingerir agua de mar (Ecker et al. 2000), las mandíbulas se cierran por músculos que se

contraen sobre un cartílago en la cámara óptica (Gaffney, 1975) y las fosas nasales se encuentran más cercanas a los ojos, para no tener que sacar completamente la cabeza para respirar (Wendell, 1914).

Las tortugas actualmente presentan 335 especies, distribuidas en 94 géneros y 14 familias (van Dijk et al., 2014), las cuales se encuentran en todos los continentes con la excepción de Antártica y solo siete especies son marinas. Las tortugas marinas forman un grupo monofilético dentro del suborden Cryptodira (Ecker et al. 2000, van Dijk et al., 2014) y se encuentran distribuidas en dos familias: Dermochelyidae, donde pertenece la especie *Dermochelys coriacea* (tortuga Laúd) y Cheloniidae donde se encuentran las especies: *Eretmochelys imbricata* (tortuga Carey), *Chelonia mydas* (tortuga verde), *Caretta caretta* (tortuga caguama), *Lepidochelys olivácea* (tortuga lora), *Lepidochelys kempii* (tortuga golfinia) y *Natator depressus*. Todas las especies de tortugas marinas a excepción de *N. depressus* llegan a anidar a las playas de México y por ello nuestro país es de gran importancia para estos organismos.

### **3. 1. 1 Ciclo de vida.**

Los neonatos de las tortugas marinas en general, al eclosionar abandonan las playas de anidación dirigiéndose al mar y contribuyendo en la aportación de energía que se incorpora del ecosistema terrestre al marino. Los neonatos inician una fase pelágica que dura varios años y se encuentran en líneas de marea o asociados a mantos de sargazo que se forman cerca de los frentes de las principales corrientes (Ecker et al. 2000). Esta etapa se mantiene hasta que las tortugas alcanzan una longitud de caparazón de entre 20-30 cm.

Las tortugas marinas con tallas mayores de 30 cm de longitud se encuentran en hábitats denominados “de desarrollo”. Estos hábitats son áreas de alimentación de tortugas inmaduras que ocupan para desarrollarse hacia las tallas adultas (Carr et al. 1978). Las tortugas al alcanzar las tallas adultas transcurren la mayor parte de su vida en sitios de alimentación, los cuales pueden ser fijos en su ubicación, o transitorios y por lo general es un área que se encuentra distante de las playas de anidación (Ecker et al. 2000). Los hábitats inter-anidatorios son áreas que usan las tortugas marinas durante la temporada de reproducción. La cópula se lleva a cabo a lo largo de los corredores migratorios, en sitios de apareamiento y en las inmediaciones de las playas de anidación, donde pueden permanecer durante varios meses hasta el término de la temporada de anidación de las tortugas (Ecker et al. 2000; Fig. 1)

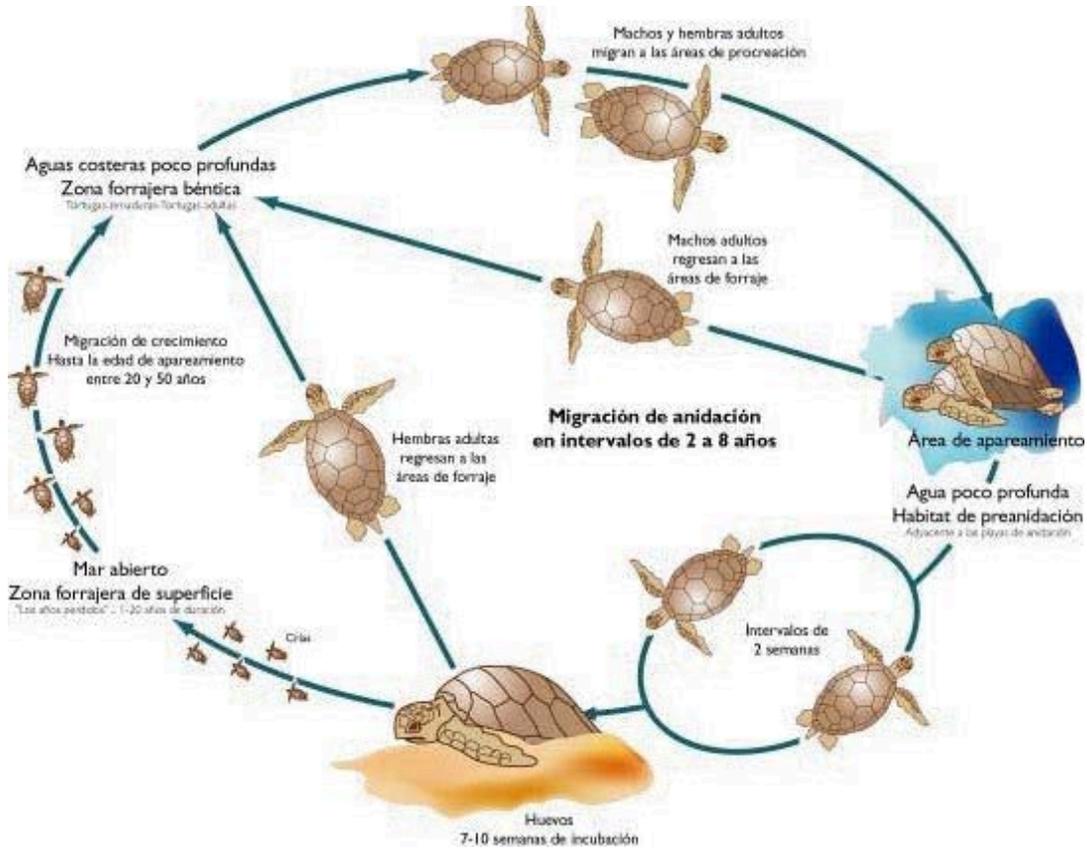


Figura 1. Representación del ciclo de vida de las tortugas marinas (<http://www.iacseaturtle.org/>, adaptado por Didiher Chacón, basado en Lutz y Musick, 1996).

### 3. 2 La tortuga Carey (*Eretmochelys imbricata*)

#### 3. 2. 1. Taxonomía y Morfología de *Eretmochelys imbricata*

*Eretmochelys imbricata* comúnmente denominada “tortuga Carey” pertenece al género *Eretmochelys*, a la familia *Cheloniidae*, al Orden de *Testudines* y al Clase *Reptilia* (van Dijk et al., 2014). *Eretmochelys imbricata* se caracteriza por poseer un caparazón cordiforme, principalmente en neonatos y tortugas jóvenes, siendo más elíptico en tortugas adultas. El caparazón tiene trece escudos gruesos sobrepuestos (los escudos imbricados se muestran más en las tortugas jóvenes y al ir creciendo se va disminuyendo la sobre posición de los escudos), presenta aserraciones posteriores y posee una quilla en la última vertebra (Ernst y Barbour, 1989). La cabeza es mediana y estrecha con dos pares de escamas prefrontales y tres escamas post orbitales (Ernst y Barbour, 1989), la mandíbula

es en forma de pico córneo, filoso y angosto, la cual permite alcanzar su alimento (esponjas, erizos de mar y anémonas) situado en grietas de rocas y corales de los arrecifes (Ernst y Barbour, 1989; Márquez, 1990); las aletas frontales por lo general tienen dos uñas (Márquez, 1990).

Las tortugas Carey adultas son de tallas medianas a chicas, con un promedio de longitud total del caparazón de 91 cm (Ernst y Barbour, 1989) y pueden pesar entre 45 y 70 kg. Los neonatos de *E. imbricata* son de color marrón caoba oscuro tanto en el caparazón como en el plastrón y a medida que la tortuga va creciendo la cabeza se alarga y el caparazón va desarrollando un patrón distintivo de rayos en amarillo, negro, canela y marrón en cada escudo (Pritchard y Mortimer, 1999; Wyneken, 2004). El plastrón en los adultos varía del color crema al amarillo claro. (Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), 2011; Fig. 2).



Figura 2. *Eretmochelys imbricata*. Hembra en playa de anidación (lado izquierdo) y neonato de tortuga carey (lado derecho).

### 3. 2. 2 Ciclo de vida de *Eretmochelys imbricata*

El ciclo de vida de la tortuga Carey es similar al descrito para la mayoría de las tortugas marinas (Fig. 1), el cual comienza con la eclosión de las crías en playas arenosas con vegetación. Los neonatos se orientan hacia el mar utilizando pistas visuales como la impartida por el reflejo de la luna sobre el mar, así como por el campo magnético (Kenneth y Johnsen, 2000). El tamaño de las crías al eclosionar es de aproximadamente 4 cm (longitud del caparazón) y pesan aproximadamente 16 a 25 gr (Márquez, 1996). Durante su ciclo de vida, existe una fase llamada los “años perdidos” en la zona

pelágica (dado a que no se conoce mucho de ellas durante esta fase) y dura entre 1 y 2 años, hasta alcanzar tallas entre los 20 y 30 cm de longitud del caparazón (Ecker et al. 2010). En este período su dieta se basa en crustáceos y otros organismos pequeños (Secretaria de la CIT, 2010).

La fase béntica del ciclo de vida de las tortugas Carey, comienza cuando las tortugas alcanzan una longitud del caparazón de más de 20 cm. En esta fase las tortugas pasan aproximadamente el 96 % de su tiempo sumergidas en agregaciones de jóvenes, típicamente compuestas de individuos de diferentes lugares de origen (Ecker et al. 2000). La densidad de las agregaciones de tortugas y las tasas de crecimiento corporal son altamente variables, dependiendo principalmente de la disponibilidad del alimento (Secretaria de la CIT, 2010) y la salud de los arrecifes de coral y fondos duros, por lo que las tortugas Carey contribuyen a la salud y el mantenimiento de los arrecifes (Ecker et al. 2000) que se encuentran aproximadamente entre los 20 y 80 m de profundidad.

Las tortugas marinas presentan un alto grado de filopatría natal y los adultos realizan migraciones periódicas a las áreas de reproducción, con intervalos para los machos de 1 a 2 años y de 2 a 4 años para las hembras (Witzell, 1983; Márquez, 1996). El apareamiento de las tortugas Carey tiene lugar cerca del área de anidación del lugar donde ellas nacieron y permanecen entre 4 y 6 meses y en algunos lugares durante todo el año (Secretaria de la CIT, 2010).

### **3 2.3 Distribución**

Las rutas de migración y zonas de anidación de *E. imbricata* están presentes entre los Trópicos de Cáncer y de Capricornio, pasando por los océanos Atlántico, Pacífico, el mar Negro y el Océano Indico. En el océano Atlántico de América las regiones más al norte a las que llegan las tortugas Carey es Massachusetts, Estados Unidos y lo más al sur de su distribución es Brasil (Ernst y Barbour, 1989; Sría. de la CIT, 2004; Dow et al. 2007; Sría. de la CIT. 2010; Fig. 3).

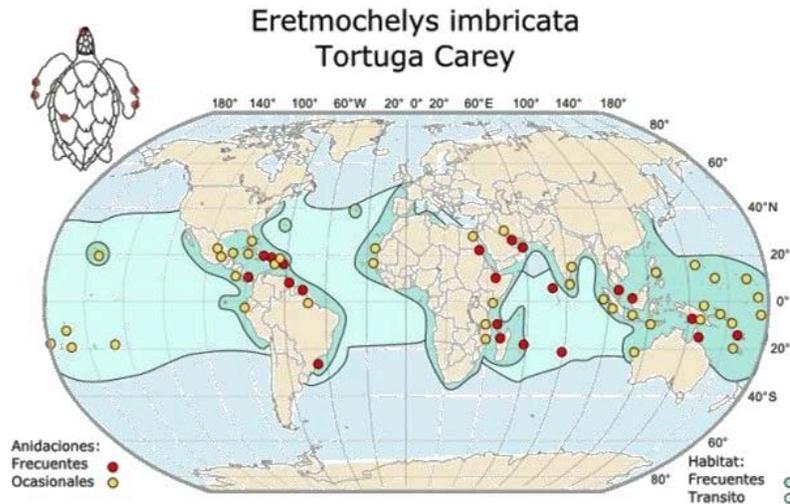


Figura 3. Distribución y zonas de anidación de *Eretmochelys imbricata* (Dow et al. 2007 c. p. Secretaría de la Convención Interamericana para la Protección y Conservación de las Tortugas Marinas (Sria. de la CIT), 2010)

### 3. 2. 4 Características de la anidación de *Eretmochelys imbricata*

Las tortugas Carey alcanzan la madurez sexual entre los 20 y 40 años (Chaloupka y Musick, 1997) y llegan a construir 4 o 5 nidos en una temporada por las noches, con intervalos cercanos a los 15 días (Richardson et al., 1999). Las tortugas Carey regresan a anidar en periodos de 2 a 4 años (Witzell, 1983). Las tortugas depositan en promedio 135 huevos por nido (Márquez, 1990), con un peso cercano a los 28 g por huevo. Cada hembra puede producir 500 – 600 crías por temporada (SEMARNAT, 2011). La temperatura pivote de esta especie se encuentra entre los 29.2 y 29.6 ° C (Pérez-Castañeda et al., 2007). El periodo de incubación varía entre 53.5 a 65.6 días, dependiendo de la temperatura ambiental y tienen un éxito de eclosión del 50-70 % (Secretaria de la CIT, 2010). La temporada de anidación de las tortugas Carey en México es de abril a agosto en el Caribe (Guzmán et al., 2008) y de mayo a octubre en el Pacífico (Márquez, 1990). Las tortugas Carey por lo general anidan debajo de la vegetación o en las dunas en la región de la supra playa (Márquez 1996).

### 3. 2. 5 Problemáticas

El establecimiento de las poblaciones de las tortugas marinas tiene un alto grado de amenaza, dado a que en sus distintas etapas de vida, las tortugas presentan una alta mortalidad tanto por amenazas naturales como antropogénicas. Los huevos de las tortugas durante su incubación, así como los

neonatos, son depredados por animales silvestres y domésticos, como: cangrejos, zopilotes, mapaches, perros, cerdos, aves y humanos. En los jóvenes y adultos, a pesar de que la cantidad de depredadores disminuye con el tamaño de las tortugas, son ocasionalmente atacadas en el mar por tiburones, principalmente por el tiburón tigre (*Galeocerdo cuvier*; SEMARNAT 2011).

Las principales presiones que tienen las tortugas Carey son por cuestiones antropogénicas, como el deterioro del hábitat por la infraestructura, iluminación, remoción de vegetación, contaminación, depredación no natural, captura incidental en redes, comercialización de su caparazón, contaminación, el desarrollo turístico no planificado, patógenos, cambio climático y las políticas regionales inadecuadas (Secretaria de la CIT, 2004; Wallace et al., 2011).

Las problemáticas que enfrentan las tortugas Carey ha sido la causa de la disminución de hasta un 80% de sus poblaciones en las últimas tres generaciones, así como una disminución en su área de distribución y una reducción de la calidad del hábitat, poniéndola como una especie en peligro crítico de extinción (NOM 059-2010 SEMARNAT; Lista Roja de la UICN; Secretaria de la CIT, 2004). El cambio climático y la erosión de las playas también influyen negativamente en la eclosión de los huevos, ya que desde el comienzo del siglo 20 la temperatura global ha incrementado  $0.85^{\circ}\text{C}$  y el nivel del mar ha tenido un aumento de 19 cm (Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), 2013), alterando las estaciones y provocado cambios extremos (IPCC, 2013).

La temperatura del aire de la superficie de la tierra se ha incrementado el doble que la temperatura de los océanos desde 1979 (Trenberth et al., 2007) y las evidencias indican que el calentamiento va a seguir incrementándose por una combinación de características intrínsecas del sistema de la tierra y las acciones humanas (IPCC, 2013). La magnitud del impacto de estos cambios aún no se ha determinado con exactitud, pero se sabe que pueden alterar los patrones de circulación de las corrientes superficiales marinas, los eventos de afloramientos en el océano, la ubicación e intensidad de los eventos climáticos extremos y los procesos químicos del océano asociados con niveles elevados de dióxido de carbono disuelto, salinidad y pH (IPCC, 2013). Los arrecifes de coral también son afectados por el cambio climático, ya que causa el blanqueamiento de los corales causada por la remoción de las algas simbióticas (zooxanthelas; Burke y Maidens, 2005), lo que ocasiona la pérdida de corales y con ello el de toda la fauna asociada a los arrecifes coralinos, uno de los hábitats más importantes para las tortugas Carey.

Los modelos de cambio climático indican que la temperatura del aire en el Caribe aumentará entre 2 y 4 ° C para el año 2070 (Fish y Drews, 2009) y los cambios más significativos ocurrirán en el norte del Caribe y alrededor de los bordes continentales. Los huracanes y tormentas se están tornando más intensos y frecuentes por el cambio climático, incluyendo cambios en los patrones de precipitación y estacionalidades. Estos cambios ambientales afectan la estructura y función de ecosistemas vitales para las tortugas marinas, tales como arrecifes de coral, manglares y playas (Secretaria de la CIT, 2010). El cambio climático podría causar decrementos en la temperatura debido al incremento de lluvias (Chávez, 2013), llegando a provocar la muerte de los embriones en desarrollo, pudiendo ocasionar una reducción en la calcificación potencial y la propagación e intensidad de enfermedades (Secretaria de la CIT, 2010; Fish y Drews; 2009).

La tortuga Carey ha sido el centro de décadas de intensas actividades de conservación a nivel regional y global, pero muchas poblaciones continúan disminuyendo (Secretaria de la CIT, 2010). Uno de los estudios fundamentales y necesarios para conocer la dinámica de las poblaciones de las tortugas marinas es determinar las condiciones y amenazas durante la temporada de anidación; ya que la viabilidad de las poblaciones de las tortugas va a depender del éxito de eclosión y la proporción sexual de los neonatos. Estas características de historia de vida van a depender de la temperatura de cada región, por lo que se requieren trabajos a nivel local, para posteriormente tener un panorama real de las poblaciones de las tortugas Carey. Por estas razones es de suma importancia que continúen los estudios con esta especie, en particular las características de la anidación, ya que esta información es necesaria para incrementar los esfuerzos para el mantenimiento de sus poblaciones ante las condiciones ecológicas cambiantes.

#### **4. OBJETIVO GENERAL**

Caracterizar los nidos de *Eretmochelys imbricata* en el Parque Nacional Isla Contoy, para conocer como las variables climáticas y litorales influyen en el éxito de eclosión y en las proporciones sexuales de los neonatos.

#### **4. 1 OBJETIVOS PARTICULARES**

- Determinar las características de anidación e incubación de *Eretmochelys imbricata*.
- Calcular el éxito de eclosión y la proporción sexual de los neonatos de las tortugas Carey, determinados por las características micro ambientales del nido.

#### **5. HIPÓTESIS**

El éxito de eclosión y la determinación del sexo de los neonatos de *Eretmochelys imbricata* serán influenciados por los diferentes factores ambientales y litorales (precipitación, distancia al mar y vegetación, profundidad del nido y la topografía de las playas de anidación) que modifican la temperatura de los nidos a la que son incubados los huevos, por lo que las tortugas anidarán entre las distintas características del litoral durante la amplitud de la temporada, logrando mantener su éxito reproductivo, así como el mantenimiento de las proporciones sexuales viables.

#### **6. ÁREA DE ESTUDIO**

La caracterización de los nidos y las medidas de las variables ambientales y litorales se desarrollaron en el Parque Nacional Isla Contoy (PNIC), Quintana Roo, México. Isla Contoy está localizada a 20 km al norte de Isla Mujeres y 50 km al norte de Cancún, ubicada en las coordenadas 21°27'40" y 21°32'10" de latitud norte y 86°46'40" y 86°47'50" de longitud oeste (Instituto Nacional de Ecología- Secretaria de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca (INE- SEMARNAP), 1997). La extensión de Isla Contoy es de 8.75 km de largo y de 20 a 700 metros de ancho, su superficie terrestre abarca 230 hectáreas y una proporción marina de 4900 hectáreas. La topografía de Isla Contoy es casi plana con algunas dunas costeras que no rebasan los 12 metros de altura. El interior de Isla Contoy tiene 7 lagunas salinas, las cuales son importantes áreas de nutrición y crianza de varias especies, tanto de flora, como de fauna (INE- SEMARNAP, 1997; Fig. 4).

El clima de Isla Contoy es cálido subhúmedo de poca humedad con lluvias en verano. La temperatura media es de 27.4 ° C, con escasa oscilación mensual. La temperatura más alta se presenta en agosto y

la más baja en enero. La precipitación anual es de 1041 mm, desde enero hasta abril las precipitaciones son escasas y se incrementan de mayo a junio, mientras que el máximo de precipitación se presenta en octubre. Los huracanes o ciclones pueden presentarse entre los meses de junio a noviembre (INE- SEMARNAP. 1997).

Al sur de Isla Contoy se encuentra el arrecife Ixtlaché, el cual marca el inicio de la Segunda Barrera Arrecifal más larga del mundo “El Gran Arrecife Mesoamericano”. Isla Contoy se encuentra en una zona de transición donde se mezclan las aguas frías del Golfo de México y las aguas cálidas del Mar Caribe, lo que favorece la abundancia de nutrientes (INE- SEMARNAP, 1997). El trabajo de campo se realizó en 11 playas del PNIC denominadas: Ixmapoit, Camping, Tortugas, Garzas, Ostreros, Punta Sur-A, Punta Sur- B, Cruces, Dunas, Faro y Campamento de pescadores, dando un total de 4926 m de longitud (Fig. 4).

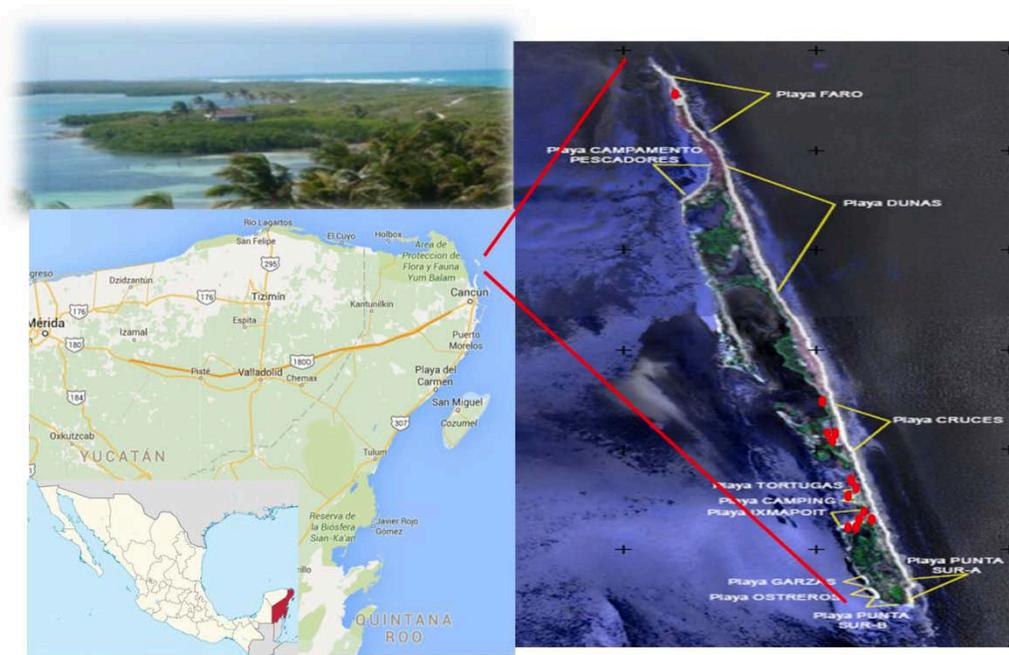


Figura 4. Área de Estudio, Parque Nacional Isla Contoy, Quintana Roo, México (modificado de Google maps).

## 7. MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo lo realizamos en tres periodos de 20 días durante los meses de mayo-junio, julio-agosto y septiembre-octubre, con el fin de abarcar la temporada de anidación del año 2014 de las tortugas *E. imbricata*. Las once playas de anidación de las tortugas previamente mencionadas las dividimos en cinco zonas: 1) playa Faro, 2) playa Dunas (ubicadas al norte de Isla Contoy), 3) playa Cruces (ubicada al este y centro de Isla Contoy), 4) playas Ixmapoit, Camping y Tortugas (ubicada en el oeste y centro de Isla Contoy) y 5) la zona Sur compuesta por las playas: Punta Sur A, Punta Sur B (ubicadas en el este y sur de Isla Contoy) y Ostreros y Garzas (ubicadas en el oeste y sur de Isla Contoy; Fig. 4).

Realizamos recorridos nocturnos con un horario de 21:00 a 5:00, asignando una noche a cada zona. Durante los recorridos utilizamos lámparas con filtros rojos, ya que se ha registrado que esta luz no interfiere con el comportamiento de las tortugas y se buscaron rastros de *E. imbricata*, hasta dar con su avistamiento (Fig. 5). Observamos el comportamiento de las tortugas *Carey* asegurándonos de no perturbarlas e intentando que no nos detectaran, por lo que se mantenía la distancia. La toma de datos la realizamos hasta que las tortugas empezaron a depositar sus huevos (Fig. 5).

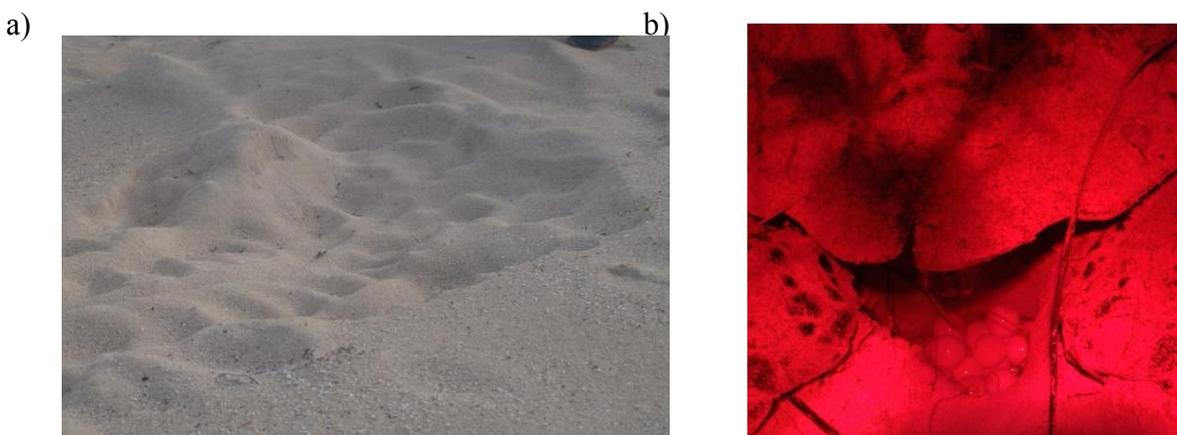


Figura 5. a) Rastros de *Eretmochelys imbricata* y b) *E. imbricata* depositando sus huevos

La terraza en la que anidó la tortuga la zonificamos de acuerdo a Márquez (1996) y posicionamos la ubicación del nido geográficamente con un Sistema Global de Posicionamiento portátil (GPS). La temperatura en la que la tortuga anidó, tanto al interior como al exterior de la cámara de incubación la medimos utilizando un termómetro digital Fluke con precisión  $\pm 0.3$  ° C. La arena del interior y de la

superficie de la cámara de incubación la guardamos en bolsas herméticas para medir posteriormente la humedad. La humedad la estimamos al pesar la arena húmeda con una báscula digital con precisión de  $\pm 0.1$  gramos, posteriormente secamos la arena mediante el uso de una estufa eléctrica, hasta que se perdió el agua por evaporación y volvimos a pesar la arena en la misma báscula. El porcentaje de humedad la obtuvimos mediante la siguiente fórmula:  $\% \text{ humedad} = \frac{\text{peso húmedo} - \text{peso seco}}{\text{peso seco}} * 100$ .

La temperatura de los nidos durante el periodo de incubación la registramos mediante un sensor de temperatura (*data logger*) HOBO® pendant temperature modelo UA-001-08. Los sensores los programamos para registrar los valores de temperatura en intervalos de media hora y los colocamos en medio de cada nido encontrado. La temperatura de los nidos durante el periodo termosensible la usamos para inferir la proporción sexual de los neonatos en cada nido mediante el software TSD versión 4.0.3 (Girodout 2012). Utilizamos diez huevos de manera azarosa al momento en que la tortuga estaba ovipositando, medimos la longitud de cada huevo utilizando un vernier y los pesamos en una báscula digital. La profundidad del último huevo depositado hasta la superficie del nido lo medimos mediante el uso de un flexómetro.

La longitud y el ancho curvo del caparazón de las hembras *E. imbricata*, las medimos mediante una cinta métrica y revisamos si las tortugas presentaban algún tipo de marca. El tiempo que le llevó a la tortuga anidar lo comenzamos a registrar cuando las tortugas iniciaron a excavar su nido y lo tomamos como finalizado cuando las tortugas terminaron de tapar su nido y regresaron al mar. La distancia del nido a la vegetación y la distancia de la marea al nido las registramos mediante un flexómetro al momento en que la tortuga regreso al mar y también registramos el tipo de vegetación más cercano al nido.

Colocamos sensores de temperatura previamente programados a un metro de distancia del nido y enterrados a la misma profundidad que el primer huevo depositado por las hembras Carey, con el propósito de tener un control, en el que solo se registre la temperatura de la arena a la misma profundidad que la de los nidos sin el calor generado por los embriones. Las temperaturas registradas tanto en los nidos, como en los controles durante el periodo de incubación de los huevos las usamos para calcular el índice de calor metabólico (ICM). Este índice indica el valor de temperatura que se incrementa en cada nido producto del calor generado por el desarrollo embrionario. El ICM se obtiene al restarle al valor obtenido de la temperatura de los nidos durante el PTS de la incubación de

los huevos, el valor de la temperatura registrada en la arena para el mismo periodo (Hays et al. 2001).  
 $ICM = \text{temperatura de incubación del nido durante el PTS} - \text{temperatura de la arena (control) durante el PTS}$

La temperatura de las playas de anidación la obtuvimos mediante la colocación de sensores de temperatura ubicados en la superficie de la arena en la tercer terraza, donde anida *E. imbricata*, con el propósito de conocer las fluctuaciones en la temperatura superficial de la arena y compararlas con la temperatura del control y la temperatura de los nidos. Los sensores de temperatura tanto los que se encontraban dentro de los nidos, como los del control y los de las playas se mantuvieron en el sitio de estudio durante 50 días aproximadamente, ya que es el tiempo promedio de eclosión los neonatos (Van Buskirk y Crowder, 1994).

Las playas de anidación las medimos tanto a lo largo, como a lo ancho mediante un flexómetro. Las pendientes de las playas las obtuvimos midiendo la pendiente cada 50 metros en las playas angostas y cada 200 metros en las playas largas, mediante un nivel de mano electrónico. Estas medidas las realizamos para la elaboración de perfiles topográficos y conocer los posibles cambios topográficos en las playas durante esta temporada de anidación de las tortugas.

Los nidos los revisamos en los días probables de la eclosión de los neonatos, intentando estar presentes al momento de la eclosión para tomar medidas de largo y ancho del caparazón y el peso de los neonatos. La limpieza de los nidos ya eclosionados la realizamos para conocer el tamaño de la nidada y el porcentaje de eclosión de los neonatos, mediante las categorías y fórmulas propuesta por Miller (1997; Cuadro 1).

Cuadro 1. Abreviaciones de los parámetros registrados en cada nido

Categoría	Símbolo
Número de cascarones	<b><i>C</i></b>
Número de crías vivas dentro en el nido	<b><i>V</i></b>
Número de crías muertas en el nido	<b><i>M</i></b>
Número de huevos sin desarrollo aparente (infértiles)	<b><i>HSDA</i></b>
Número de huevos con embrión	<b><i>HCE</i></b>
Número de crías depredadas	<b><i>D</i></b>

Formulas:

$$\text{TAMAÑO DE NIDADA} = (C - (V + M)) + V + M + \text{HCE} + \text{HSDA}$$

$$\text{ECLOSIÓN (\%)} = C / C + (\text{HCE} + \text{HSDA} + D)$$

## 8. ANÁLISIS DE DATOS

La pendiente y el ancho de las playas, así como la temperatura de las playas las comparamos entre los distintos meses de anidación (factor 1) y entre los lados este y oeste de Isla Contoy (factor 2) mediante un ANOVA de dos vías.

Las variables ambientales (temperatura y humedad), las variables litorales (distancia a la marea y a la vegetación) y las características de anidación de las tortugas Carey (profundidad del nido y número de huevos) las comparamos entre los meses de anidación y entre los lados este y oeste de Isla Contoy, mediante un ANOVA de dos vías. La temperatura interna de la cámara de incubación la usamos como variable dependiente y la relacionamos con la temperatura externa, la humedad interna y humedad externa de la cámara de incubación por medio de una regresión lineal múltiple.

Las variables ambientales y las variables litorales registradas durante la incubación de los huevos las comparamos entre los meses de anidación y entre los lados este y oeste de Isla Contoy, mediante un ANOVA de dos vías. El éxito de eclosión de los neonatos lo relacionamos con el tamaño de las hembras que anidaron y el peso promedio de los huevos, mediante una regresión lineal múltiple. El tamaño de los neonatos, lo relacionamos con los días de incubación y con el tamaño y peso de los huevos por medio de una regresión lineal múltiple.

La proporción sexual en los nidos de *E. imbricata* la calculamos mediante el software TSD versión 4.0.3, el cual se basa en un análisis de máxima verosimilitud usado por Girodout (1999), donde proporciona un método estandarizado para describir la determinación sexual por temperatura en reptiles, mediante distintos modelos matemáticos, los cuales son: Hill, Hill\*, A-Logistic, Weibull\* y Weibull. Los modelos describen curvas que relacionan la temperatura de incubación y la transición entre machos y hembras, basándose en datos de literatura que reporten el rango de la temperatura transicional donde se producen las proporciones sexuales de la especie con las que se está trabajando. Los datos de las temperaturas de incubación y las proporciones sexuales de *E. imbricata* reportados por Miller (1985), Loop (1995) y Miller, (2008) los usamos para la estimación sexual de los nidos

que registramos en nuestro trabajo. El modelo resultante de los datos provistos de la literatura nos proporciona la estimación sexual de los nidos en nuestro trabajo, al colocar la temperatura promedio de los nidos registrados durante el periodo termo sensible.

## 9. RESULTADOS

### 9. 1Caracterización de las playas de anidación

El lado este de Isla Contoy presento las playas más anchas ( $F_{(1)}=13.71$ ,  $p=.001$ ), más largas ( $F_{(1)}=.8944$ ,  $p=0.006$ ) y con mayor pendiente ( $F_{(1)}=13.315$ ,  $p=0.001$ ) que las playas del lado oeste de Isla Contoy. La pendiente entre los meses de anidación de las tortugas se distinguieron ( $F_{(2)}=5.125$ ,  $p=0.13$ ), entre los meses de mayo y septiembre ( $p=0.012$ ), siendo mayor la pendiente de mayo ( $15.1 \pm 8.19$ ), mientras que septiembre tuvo la menor pendiente ( $8.64 \pm 4.58$ ; Cuadro 2).

Cuadro 2. Topografía de las playas de anidación (promedios y desviación estándar del ancho y pendientes de las playas de anidación cada 50 m. Excepto en la playa Dunas, donde la medición se realizó cada 200 m).

Playa	Long. (m)	Ancho (m)	Pend. (°)	Long. (m)	Ancho (m)	Pend. (°)	Long. (m)	Ancho (m)	Pend. (°)
	Mayo			Julio			Septiembre		
Ixmapoit	335	10.53 (±0.42)	16 (±6.27)	335	7.91 (±0.27)	6.37° (±2.8)	335	8.74 (±0.27)	5.56 (±0.61)
Camping	33	7.38 (±1.01)	2.83 (±1.75)	33	7.48 (±0.44)	12 (±9.64)	33	7.44 (±0.33)	6 (±0.87)
Tortugas	100	12.15 (±0.85)	9.22 (±2.91)	100	7.68 (±0.18)	9.88 (±2.69)	100	6.15 (±0.41)	8.83 (±3.06)
Pescadores	575	19.57 (±2.29)	16 (±1.25)	575	19.57 (±1.65)	16 (±0.75)	575	19.57 (±1.13)	16 (±0.67)
Ostreros	185	7.33 (±1.92)	8.6 (±6.41)	185	9.06 (±1.1)	11.46 (±7.05)	85	9.18 (±1.24)	5.42 (±2.71)
Garzas	150	11.26 (±3.14)	10.78 (±9.7)	150	6.96 (±0.74)	13.33 (±8.66)	150	5.32 (±0.0.68)	6 (±2.4)

Las Cruces	500	26.53 (±1.26)	28.31 (±12.5)	500	18.34 (±0.99)	10.22 (±3.03)	500	21.91 (±0.07)	9.69 (±3.21)
Faro	910	22.34 (±2.02)	17 (±2.43)	910	17.85 (±0.95)	19.79 (±4.11)	910	15.55 (±1.69)	19.67 (±7.5)
Dunas	1750	25.05 (±0.98)	30.42 (±15.20)	1750	23.78 (±1.17)	16.2 (±2.2)	1750	18.95 (±1.49)	11.67 (±3.11)
Sur A	150	13.45 (±1.84)	15 (±9.82)	150	20.02 (±1.4)	16 (±4.17)	150	6.46 (±0.48)	5.75 (±8.13)
Sur B	238	5.9 (±0.25)	11.93 (±5.6)	238	10.40 (±1.22)	9.6 (±4.05)	238	17.92 (±2.19)	12.44 (±2.41)

La temperatura de las playas de Isla Contoy no tuvo diferencia entre los lados este y oeste ( $F_{(1)}=0.059$ ,  $p=0.810$ ). Los meses de julio y agosto tuvieron las temperaturas más calientes ( $33.81\pm0.73$ ,  $34.72 \pm 0.45$ ) y septiembre tuvo la menor temperatura ( $30.88 \pm 0.41$ ) durante la temporada de anidación de las tortugas *E. imbricata* ( $F_{(4)}=5.806$ ,  $p<0.01$ ; Cuadro 3).

Cuadro 3. Temperatura promedio y error estándar de la superficie de las playas de Isla Contoy en los distintos meses de anidación de las tortugas *Eretmochelys imbricata*

Playas	Mayo (° C)	Junio (° C)	Julio (° C)	Agosto (° C)	Septiembre (° C)
Faro	31.23 (±8.24)	34.82 (±11.62)	33.87 (±11.49)	33.86 (±7.38)	28.74 (±4.7)
Dunas	30.84 (±6.73)	26.48 (±5.6)	30.05 (±5.53)	36.17 (±10.52)	30.84 (±6.28)
Cruces	32.53 (±9.25)	36.29 (±13.29)	37.25 (±12.01)	35.38 (±10.96)	30.48 (±6.08)
Sur A	32.58 (±10.00)	34.7 (±12.11)	36.09 (±13.02)	35.09 (±10.08)	31.55 (±7.45)
Sur B	32.58 (±9.53)	30.84 (±6.02)	31.74 (±5.38)	34.55 (±8.94)	32.1 (±7.63)
Pescadores	33 (±10.07)	33.34 (±8.95)	32.25 (±5.65)	33.29 (±7.19)	28.85 (±3.17)
Ixmapoit	30.52 (±7.45)	30.47 (±5.85)	31.15 (±4.77)	32.24 (±5.50)	29.65 (±4.05)

Camping	33.8 (±12.06)	34.49 (±11.67)	37.06 (±13.38)	37.54 (±13.24)	33.06 (±10.42)
Tortugas	32.8 (±9.75)	33.4 (±8.76)	34.04 (±9.56)	36.03 (±11.99)	31.56 (±7.73)
Garzas	31.63 (±7.23)	31.81 (±7.92)	33.16 (±7.50)	33.59 (±7.57)	31.99 (±8.08)
Ostreros	34.25 (±11.99)	33.34 (±10.54)	35.28 (±11.04)	34.27 (±9.74)	30.91 (±5.36)

## 9. 2 Anidación de *Eretmochelys imbricata*.

Cuadro 4. Promedios y desviaciones estándar de las variables ambientales, variables litorales y características de la anidación de *Eretmochelys imbricata*.

Mes	Playas	N. de nidos	Temp. Nido (° C)	Temp. Sup. (° C)	% Hum. Nido	% Hum. Sup.	Dist. Veg. (m)	Dist. Marea (m)	Prof. (cm)	N. de Huevos	Tiempo para anidar (hrs)
Mayo	Ixmapoit Cruces Tortugas	9	27.83 ±1.22	26.24 ± 1.75	15.25 ±6.19	14.40 ±6.52	0	16.87 ±6.41	20.61 ±4.21	154.44 ±18.26	2.33 ±0.18
Julio	Ixmapoit Camping Faro	3	30.47 ±0.37	28.7 ±0.8	7.4 ±2.12	6.98 ±4.7	1.31 ±2.3	11.3 ±4.47	9.49 ±0.35	108.33 ±43.11	1.5 ±0.14
Septiembre	No se registraron tortugas <i>Eretmochelys imbricata</i> durante este mes										

La temperatura del interior de las cámaras de incubación previo al momento de la oviposición son mayores que las temperaturas de la superficie de las cámaras de incubación, en promedio por 1.83 ° C, tanto en el mes de mayo, como para el mes de julio ( $F_{(11)}=5.362, p=0.034$ ;  $F_{(11)}=11.953, p=0.026$ ). La temperatura dentro de las cámaras de incubación, así como en la superficie no mostraron diferencias entre los lados este y oeste de Isla Contoy ( $F_{(1)}=0.83, p= 0.478$ ), tanto para el mes de mayo como para julio. El porcentaje de humedad, tanto al interior de las cámaras de incubación, como en la superficie, no mostraron diferencias ni entre el lado este y oeste de Isla Contoy, ni entre los meses de anidación ( $F_{(1)}=0.856, p= 0.47$ ;  $F_{(1)}=0.0710, p=0.794$ ).

La profundidad de los nidos, a partir del último huevo depositado no mostraron diferencias entre los lados este y oeste de Isla Contoy ( $F_{(1)}=0.345, p= 0.721$ ). La profundidad de los nidos que registramos en el mes de mayo fueron mayores que las profundidades de los nidos registrados en el mes de julio ( $F_{(1)}= 4.25, p=0.002$ ; Fig. 6). El largo promedio de los caparazones de las tortugas que anidaron en mayo (94.42 cm,  $\pm 3.37$ ) fue mayor que el largo promedio de los caparazones de las tortugas que anidaron en el mes de julio (83.37 cm,  $\pm 3.58$ ;  $t_{(1)}=2.38, p=0.038$ ). El ancho de los caparazones de las tortugas no mostró diferencias entre los meses (Fig. 6). El número de huevos depositados por cada una de las tortugas *Carey* que anidaron en mayo fue mayor que los huevos depositados por las tortugas *Carey* en el mes de julio ( $F_{(1)}=3.79, p=0.004$ ; Fig. 6).

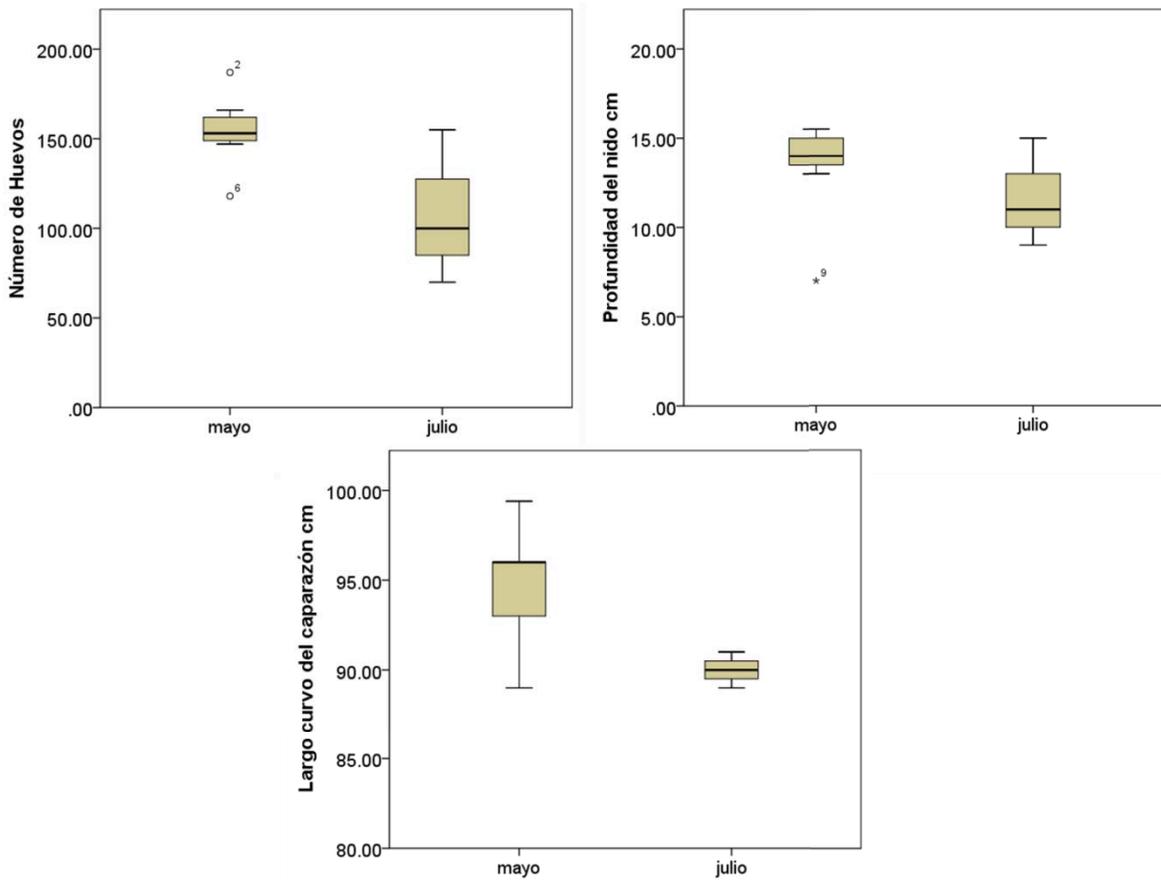


Figura 6. Número de huevos depositados, profundidad del nido a partir del último huevo depositado y tamaño de las tortugas durante la anidación de *Eretmochelys imbricata* entre los meses de mayo y julio

La temperatura registrada en el interior de las cámaras de incubación, previas a la deposición de los huevos se relacionaron con la temperatura del exterior de las cámaras de incubación ( $R^2= 0.913$ ,  $p=0.001$ ) y la humedad, tanto interna ( $R^2= 0.843$ ,  $p=0.004$ ) como externa de las cámaras de incubación ( $R^2=0.746$ ,  $p=0.021$ ; Fig. 7).

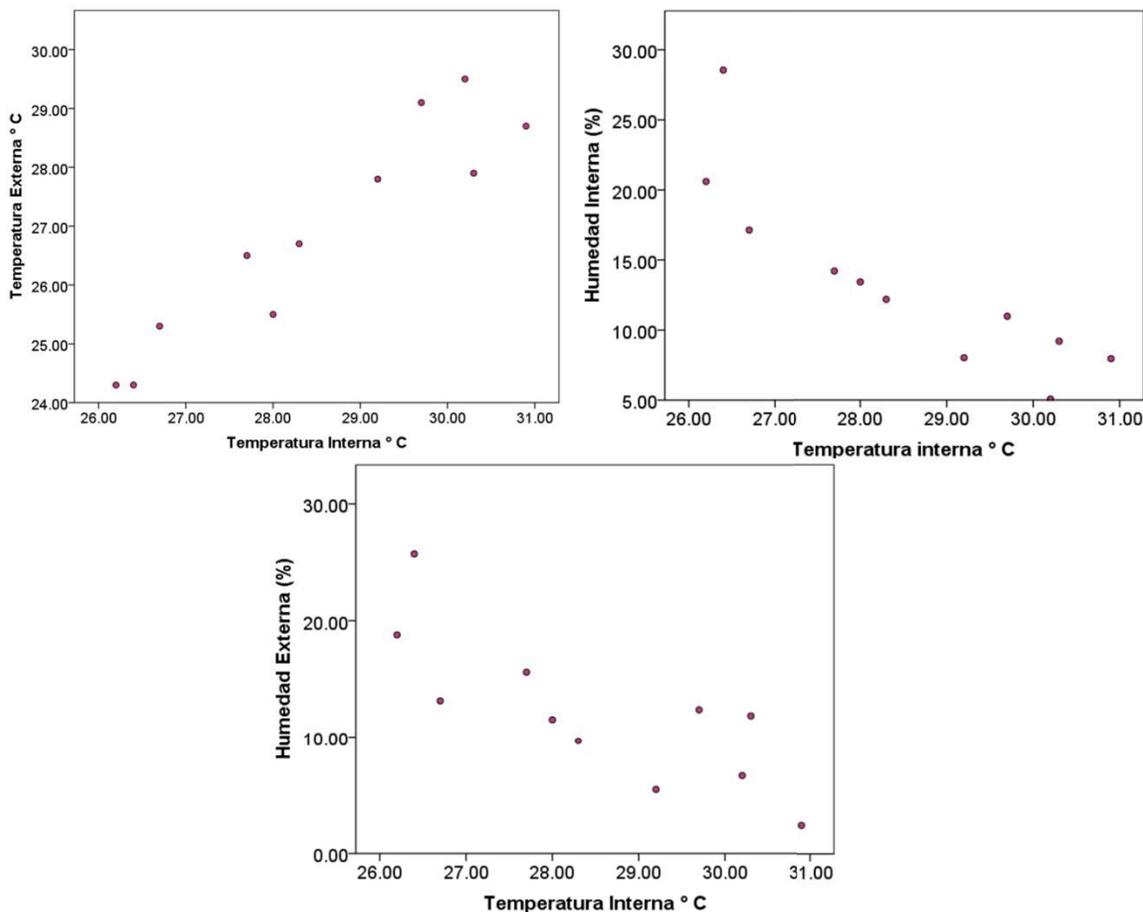


Figura 7. Relación de parámetros internos y externos de temperatura y humedad de las cámaras de incubación de *Eretmochelys imbricata*, durante su anidación.

La distancia a la vegetación en las que anidaron las tortugas no difirió entre playas, ni entre meses, ya que todas las tortugas realizaron su nido debajo o cerca de la vegetación. La vegetación asociada a los nidos de las tortugas Carey fue: Pancil (*Ernodea littoralis*), Lirio marino (*Hymenocallis littoralis*) y Lavanda marina (*Suriana maritima*; Fig. 8) proporcionando en promedio un 84.28% de sombra a los nidos que registramos.

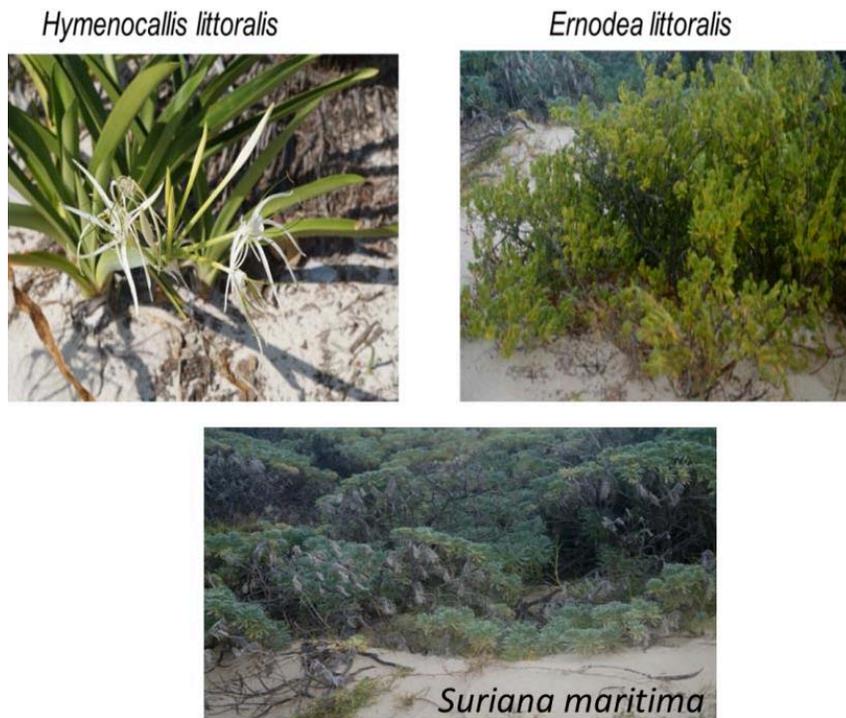


Figura 8. Vegetación asociada a los nidos de *Eretmochelys imbricata*.

La distancia de la marea a los nidos no mostraron diferencias entre los dos lados de Isla Contoy ( $F_{(1)}=4.00$ ,  $p=0.079$ ), ni entre los meses de mayo y julio ( $F_{(1)}=2.08$ ,  $p= 0.179$ ) a pesar de que en el mes de julio se registraron a dos tortugas *E. imbricata* anidando fuera de la terraza tres. La tortuga que anidó en la playa Faro en la terraza dos y la tortuga que anidó en la playa Camping en la terraza uno.

### 9. 3 Incubación de los huevos y porcentaje de eclosión de los neonatos de *Eretmochelys imbricata*

La temperatura de incubación de los nidos fue mayor en el lado este de Isla Contoy ( $31.7^{\circ} \text{C}$ ,  $\pm 0.34$ ), comparada con el lado oeste de la isla ( $30.83^{\circ} \text{C}$ ,  $\pm 1.18$ ;  $F_{(1)}=12.52$ ,  $p=0.006$ ; Cuadro 7; Fig. 9). La temperatura de las playas de anidación siempre fueron mayores y con una mayor oscilación que la temperatura de los nidos ( $F_2=4.17$ ,  $p<0.05$ ) y la temperatura control ( $F_2=6.48$ ,  $p<0.05$ ). La temperatura de los nidos y la del control en general mantuvieron las mismas temperaturas ( $F_2=2.3$ ,

$p>0.05$ ) y mantuvieron una menor oscilación en las temperaturas durante todo el periodo de incubación (Cuadro 5).

La temperatura en los nidos fue menor en la fase previa al periodo termo sensible (pre-PTS) que la temperatura registrada en la fase posterior al periodo termo sensible (post-PTS;  $F_2=5.17$ ,  $p<0.05$ ). El periodo termo sensible (PTS), en el nido, no tuvo diferencias entre el periodo pre-PTS ( $F_2=2.4$ ,  $p>0.05$ ) y el periodo post-PTS ( $F_2=2.77$ ,  $p>0.05$ ; Cuadro 5). Las oscilaciones de temperatura en el nido durante el periodo termo sensible comparadas con las oscilaciones de temperatura en la playa y el control no tuvieron diferencias ( $F_2=3.305$ ,  $p<0.05$ ;  $F_2=1.902$ ,  $p<0.05$ ).

Cuadro 5. Temperaturas promedio,  $\pm$  desviación estándar e intervalo de temperaturas entre paréntesis, dentro del nido, en el control y en la arena superficial de las playas de anidación. Durante el inicio del periodo de incubación (Pre-PTS), a mediados del periodo de incubación (PTS) y al final del periodo de incubación (Post-PTS) en los nidos de *Eretmochelys imbricata*.

Nido	Pre- PTS			PTS			Post PTS		
	Nido	Control	Playa	Nido	Control	Playa	Nido	Control	Playa
1. Playa Cruces	29.66 $\pm$ 1.43 (31.74-26.92)	29.32 $\pm$ 1.18 (30.63-27.16)	32.72 $\pm$ 3.73 (37.51-26.66)	30.75 $\pm$ 1.86 (33.25-27.70)	29.27 $\pm$ 1.32 (30.86-27.01)	33.69 $\pm$ 4.47 (38.83-24.93)	34.55 $\pm$ 1.50 (35.58-29.29)	31.55 $\pm$ 0.78 (32.21-28.87)	38.30 $\pm$ 1.78 (40.02-33.36)
2. Playa Tortugas	29.53 $\pm$ 1.08 (30.65-27.22)	29.6 $\pm$ 1.25 (31.19-27.27)	32.73 $\pm$ 3.95 (37.92-25.36)	29.44 $\pm$ 0.83 (31-28.05)	30.13 $\pm$ 1.08 (31.74-28.44)	34.67 $\pm$ 2.67 (38.08-28.9)	32.04 $\pm$ 0.33 (32.81-31.36)	32.14 $\pm$ 0.39 (32.71-31.08)	36.84 $\pm$ 2.21 (43.41-31.85)
3. Playa Ixmapoit	28.52 $\pm$ 1.17 (30.78-26.33)	28.13 $\pm$ 1.13 (29.66-25.96)	30.32 $\pm$ 1.67 (32.53-26.38)	29.28 $\pm$ 1.41 (31.06-26.65)	28.68 $\pm$ 1.15 (29.97-26.37)	31.48 $\pm$ 1.63 (34.06-28.82)	33.55 $\pm$ 1.60 (35.82-28.86)	30.39 $\pm$ 0.49 (30.84-28.59)	34.61 $\pm$ 1.09 (35.96-32.22)
4. Playa Ixmapoit	28.27 $\pm$ 1.02 (29.88-26.74)	28.31 $\pm$ 1.26 (30.09-26.52)	30.57 $\pm$ 1.74 (33.02-26.38)	29.68 $\pm$ 1.07 (31.49-28)	29.74 $\pm$ 0.88 (30.7-27.84)	31.6 $\pm$ 1.64 (34.06-28.82)	33.61 $\pm$ 0.87 (34.76-31.87)	31.05 $\pm$ 0.20 (31.27-30.52)	35 $\pm$ 0.80 (35.96-32.93)
5. Playa Ixmapoit	28.77 $\pm$ 1.71 (31.18-25.52)	28.54 $\pm$ 1.05 (30.09-26.79)	30.23 $\pm$ 1.98 (33.02-26.68)	31.66 $\pm$ 1.23 (33.69-29.74)	30.11 $\pm$ 0.7 (31.2-28.9)	32.75 $\pm$ 1.34 (34.72-29.95)	34.66 $\pm$ 0.72 (35.68-32.55)	30.95 $\pm$ 0.31 (31.27-30.11)	35.24 $\pm$ 0.59 (36.54-34.33)
6. Playa Cruces	28.66 $\pm$ 1.01 (29.89-26.66)	29.06 $\pm$ 1.14 (30.63-27.06)	33.38 $\pm$ 4.09 (37.58-25.46)	30.91 $\pm$ 0.99 (32.62-29.48)	31.09 $\pm$ 0.57 (31.95-30.11)	38.48 $\pm$ 1.38 (40.25-34.8)	34.51 $\pm$ 0.81 (35.56-32.82)	32.18 $\pm$ 0.16 (32.43-31.8)	37.78 $\pm$ 1.64 (39.9-34.1)
7. Playa Cruces	29.13 $\pm$ 1.16 (30.57-27.08)	29.22 $\pm$ 1.26 (30.6-26.97)	35.95 $\pm$ 0.96 (36.19-35.87)	32.03 $\pm$ 1.17 (34.93-30.65)	31.5 $\pm$ 0.53 (32.2-30.7)	38.78 $\pm$ 1.94 (40.65-33.62)	34.73 $\pm$ 0.5 (36.1-34.16)	32.21 $\pm$ 0.17 (32.4-31.77)	38.05 $\pm$ 2.1 (43.49-35.47)
8. Playa Torugas	28.7 $\pm$ 1.27 (30.05-26.1)	28.02 $\pm$ 0.74 (28.85-26.36)	32.96 $\pm$ 3.56 (36.67-25.28)	30.54 $\pm$ 0.34 (30.99-30)	29.94 $\pm$ 0.63 (31.27-28.95)	36.42 $\pm$ 1.87 (38.41-31.08)	31.3 $\pm$ 0.27 (31.72-30.89)	32.92 $\pm$ 1.03 (34.06-29.86)	34.15 $\pm$ 2.92 (37.83-27.2)
9. Playa Ixmapoit	29.26 $\pm$ 1.65 (31.5-26.34)	28.31 $\pm$ 1.21 (29.97-26.37)	29.35 $\pm$ 2.03 (31.8 -25.56)	32.78 $\pm$ 0.91 (34.16-31.1)	30.29 $\pm$ 0.37 (03.8-29.54)	33.69 $\pm$ 0.95 (35.03-32.18)	35.19 $\pm$ 0.38 (35.76-34.37)	30.66 $\pm$ 0.2 (31.11-30.4)	36.43 $\pm$ 0.52 (36.99-35.26)
10. Playa Ixmapoit	31.18 $\pm$ 0.31 (31.75-30.44)	30.61 $\pm$ 0.26 (31.27-30.21)	31.86 $\pm$ 1.34 (33.54-28.63)	32.34 $\pm$ 0.69 (33.5-31.25)	31.25 $\pm$ 0.36 (31.82-30.7)	32.62 $\pm$ 0.90 (34.12-31.05)	32.23 $\pm$ 0.94 (34.06-30.42)	30.74 $\pm$ 0.79 (31.95-29.45)	30.12 $\pm$ 1.91 (33.48-26.48)
11. Playa Camping	28.88 $\pm$ 0.6 (30.26-28.35)	28.59 $\pm$ 0.72 (30.31-28.04)	37.93 $\pm$ 2.33 (41.82-29.72)	28.76 $\pm$ 0.28 (29.23-28.36)	28.5 $\pm$ 0.21 (28.85-28.15)	38.21 $\pm$ 0.86 (39.3-35.46)	28.73 $\pm$ 0.35 (29.41-28.25)	28.15 $\pm$ 0.54 (29.22-27.42)	33.9 $\pm$ 3.26 (40.16-27.64)

El periodo de incubación en el lado este (54.76 días,  $\pm 0.58$ ) de Isla Contoy fue más corto que en el lado oeste (58.63 días,  $\pm 3.29$ ,  $F_{(1)}=2.96$ ,  $p=0.011$ ; Fig. 9). El periodo de incubación no se relacionó con el porcentaje de eclosión ( $R^2=0.202$ ,  $p=0.551$ ). La temperatura de incubación no se relacionó con los días de incubación ( $R^2=0.576$ ,  $p=0.064$ ), ni con el porcentaje de eclosión ( $R^2=0.267$ ,  $p=0.427$ ).

El porcentaje de eclosión promedio en el mes de mayo fue de 41.75 %, mientras que en julio el porcentaje de eclosión fue de 58.66 % ( $F_{(1)}= .211$ ,  $p=0.657$ ). El porcentaje de eclosión tuvo un mayor éxito en el lado oeste de Isla Contoy (50.88 % ,  $\pm 36.36$ ) comparándolo con el porcentaje de eclosión del lado este (18.67 % ,  $\pm 17.62$ ,  $F_{(1)}=4.12$ ,  $p=0.043$ ; Fig. 9; Cuadro 6).

Cuadro 6. Éxito reproductivo de las tortugas *E. imbricata*.

Playa	Época de incubación	Días de incubación	Número de cascarones	Neonatos vivos dentro del nido	Neonatos muertos	Huevos sin desarrollo aparente	Huevos con embrión	Neonatos Depredados	Tamaño de nidada	% Eclosión
Cruces	Mayo/Julio	55	57	0	0	2	103		162	35
Tortugas	Mayo/Julio	64	14	1	5	16	120		150	9
Ixmapoit	Mayo/Julio	56	98	0	4	3	17		118	83
Ixmapoit	Mayo/Julio	57	78	0	78	18	51		147	53
Ixmapoit	Mayo/Julio	59	32	26	4	42	86	1	160	20
Cruces	Mayo/Julio	54	40	8	0	21	126		187	21
Cruces	Mayo/Julio	55	19							
Tortugas	Mayo/Julio	60	146	1	0	0	7		153	95
Ixmapoit	Mayo/Julio	53	28	1	10	5	122		155	18
Ixmapoit	Julio/Sep.	60	59	0	0	8	88	3	155	97
Camping	Julio/Sep	60	22	0	0	3	28		53	32
Faro	Julio/Sep	34	13	0	0	5	41		59	47

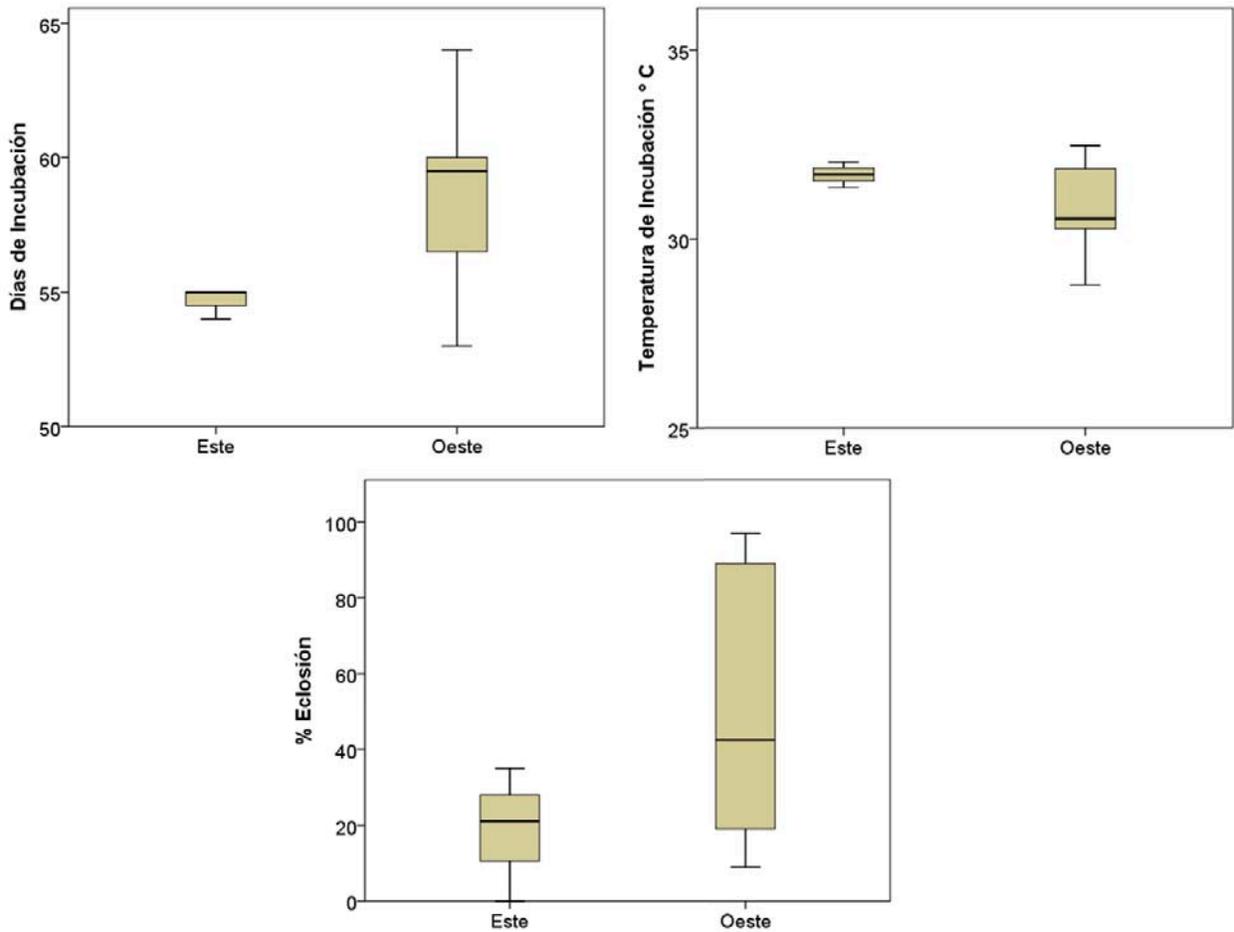


Figura 9. Días de incubación de los huevos, temperatura de incubación de los huevos y porcentaje de eclosión de los neonatos de *Eretmochelys imbricata* entre el lado este y oeste de Isla Contoy.

La morfología de los neonatos (largo, ancho del caparazón y peso), solo se obtuvo de cuatro nidos del periodo de incubación de mayo- julio, ya que solo en estos nidos logramos encontrar a los neonatos para tomar sus medidas morfológicas. La morfología de los neonatos no se relacionó con la temperatura de incubación ( $R^2=0.358, p=0.652$ ;  $R^2=0.735, p=0.265$ ;  $R^2=0.571, p=0.429$ ). El largo del caparazón de los neonatos presentó mayores tallas conforme más días de incubación tenían los neonatos dentro de los nidos ( $R^2=0.96, p=0.006$ ; Fig. 10), siendo el periodo de incubación de los nidos de mayo-julio el que tuvo menor duración en los días de incubación, comparadas con los días de incubación en los nidos del periodo de julio-septiembre ( $T_8=2.59, p=0.32$ ). El ancho del caparazón y el peso de los neonatos no se relacionaron con los días de incubación ( $R^2=0.606, p=0.394$ ;  $R^2=0.267, p=0.736$ ).

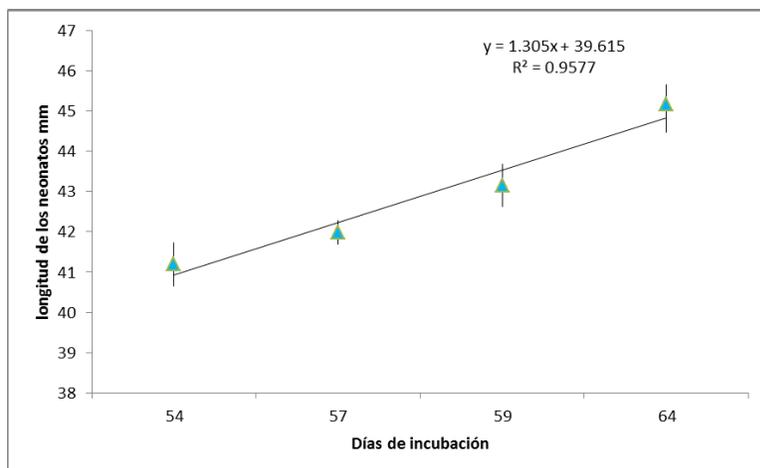


Figura 10. Relación entre los días de incubación y la longitud de los caparazones de los neonatos de *Eretmochelys imbricata* (error estándar- líneas negras y la media- triangulo azul).

#### 9. 4 Porcentaje sexual de los neonatos de *Eretmochelys imbricata*

El índice de calor metabólico (ICM) de los neonatos durante el periodo termo sensible (PTS) fue en promedio  $0.75^{\circ}\text{C}$  ( $\pm 0.8$ ), sin tener influencia en el éxito de eclosión ( $p=0.23$ ; Cuadro 7). Las proporciones sexuales de los neonatos se calcularon con el software TSD mediante la función matemática Weibull\* ya que obtuvo el AIC menor (86.99;  $p < 0.001$ ). La temperatura pivote fue de  $29.53^{\circ}\text{C}$  y el promedio de las proporciones sexuales de los neonatos fue de 65.89 % de hembras ( $\pm 25.66$ ; Cuadro 7; Fig. 11).

Cuadro 7. Temperatura promedio en los nidos durante el periodo termo sensible, porcentaje de hembras, incremento del calor metabólico, porcentaje de eclosión y temperatura durante la incubación de *Eretmochelys imbricata*, tanto en la playa, en el nido y en el control (intervalos de temperatura entre paréntesis).

Playa	Temperatura promedio en el periodo termosensible de los nidos monitoreados	% de hembras calculado con Modelo Weibull* (Girodant 2009, 2012)	ICM	% Eclosión	Temp. Playa °C	Temp. Nido °C	Temp. Control °C
Cruces	29.28	41.99	1.49 (±0.60)	35	34.97 ±4.19 (40.02-24.93)	31.71 ±2.63 (35.58-26.92)	30.07 ±1.52 (32.2-27.01)
Tortugas	29.43	46.89	0.69 (±0.33)	9	34.78 ±3.42 (43.41-25.36)	30.36 ±1.46 (32.81-27.22)	30.64 ±1.46 (32.71- 27.27)
Ixmapoit	29.27	41.65	0.59 (±0.35)	83	32.22 ±2.35 (35.96-26.38)	30.56 ±2.66 (35.82-26.33)	29.11 ±1.36 (30.84-25.96)
Ixmapoit	29.68	54.63	0.21 (±0.26)	53	32.39 ±2.38 (35.96-26.38)	30.38 ±1.90 (33.02- 24.53)	29.60 ±1.43 (31.27- 26.52)
Ixmapoit	31.66	89.74	1.55 (±0.56)	20	31.92 ±2.49 (36.54-28.68 )	31.78 ±2.74 (35.68- 25.52)	29.84 ±1.25 (31.27- 26.79)
Cruces	30.91	81.46	0.53 (±0.75)	21	36.54 ±3.47 (40.25- 25.46)	31.35 ±2.60 (35.56- 26.66)	30.77 ±1.50 (32.43- 27.06)
Cruces	32.03	92.36	-0.18 (±0.43)	Fue destruido	37.56 ±2.01 (43.49- 33.62)	32.04 ±2.54 (36.10 - 27.08)	30.88 ±1.52 (32.40- 26.97)
Tortugas	29.94	61.92	0.60 (±0.62)	95	34.51 ±3.17 (38.41- 25.28)	30.29 ±2.19 (34.06- 26.36)	30.18 ±1.34 (31.72- 26.10)
Ixmapoit	32.78	95.8	2.49 (±0.59)	18	33.38 ±3.04 (36.99- 25.56)	32.47 ±2.67 (35.76- 26.34)	29.65 ±1.32 (31.11- 26.37)
Ixmapoit JULIO- SEPTIEMBR E	32.34	94.03	1.10 (±0.35)	97	31.53 ±1.77 (34.12- 26.48)	32.04 ±1.21 (38.47- 30.42)	30.87 ±0.58 (31.95- 29.45)
Camping	28.75	24.37	0.25 (±0.09)	32	36.68 ±3.34 (41.82- 27.64)	28.78 ±0.43 (30.25 - 28.24)	28.41 ±0.56 (30.31- 27.41)

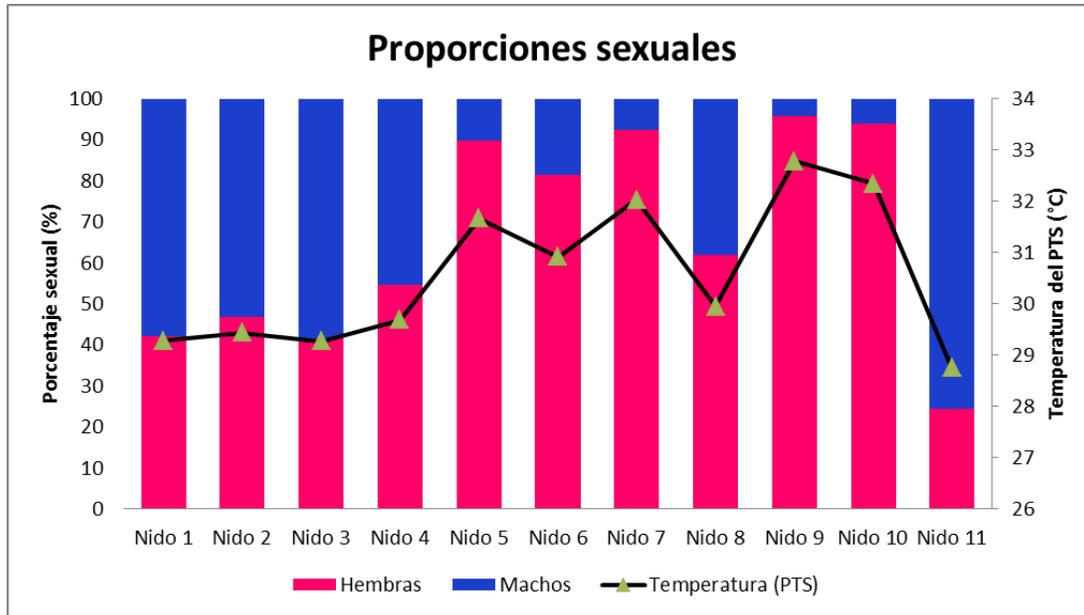


Figura 11. Porcentaje de hembras (región rosa) y machos (región azul) estimados de acuerdo a la temperatura de incubación durante el periodo termo sensible (línea negra) de los nidos registrados de *Eretmochelys imbricata*.

El porcentaje de eclosión de los neonatos de *E. imbricata* registrados en esta temporada fue de 46.3 %, por lo que al ser relacionado con el porcentaje de hembras de cada nido obtuvimos que el 26.59 % del total de los nidos registrados fueron hembras. El restante 42.91 % de hembras no fueron eclosionadas. El porcentaje de machos registrados en los nidos fue de 34.10 %, de los cuales solo lograron eclosionar 14.49 %, por lo tanto las proporciones sexuales de los nidos registrados en esta temporada fueron sesgadas hacia las hembras en un 12.1 %.

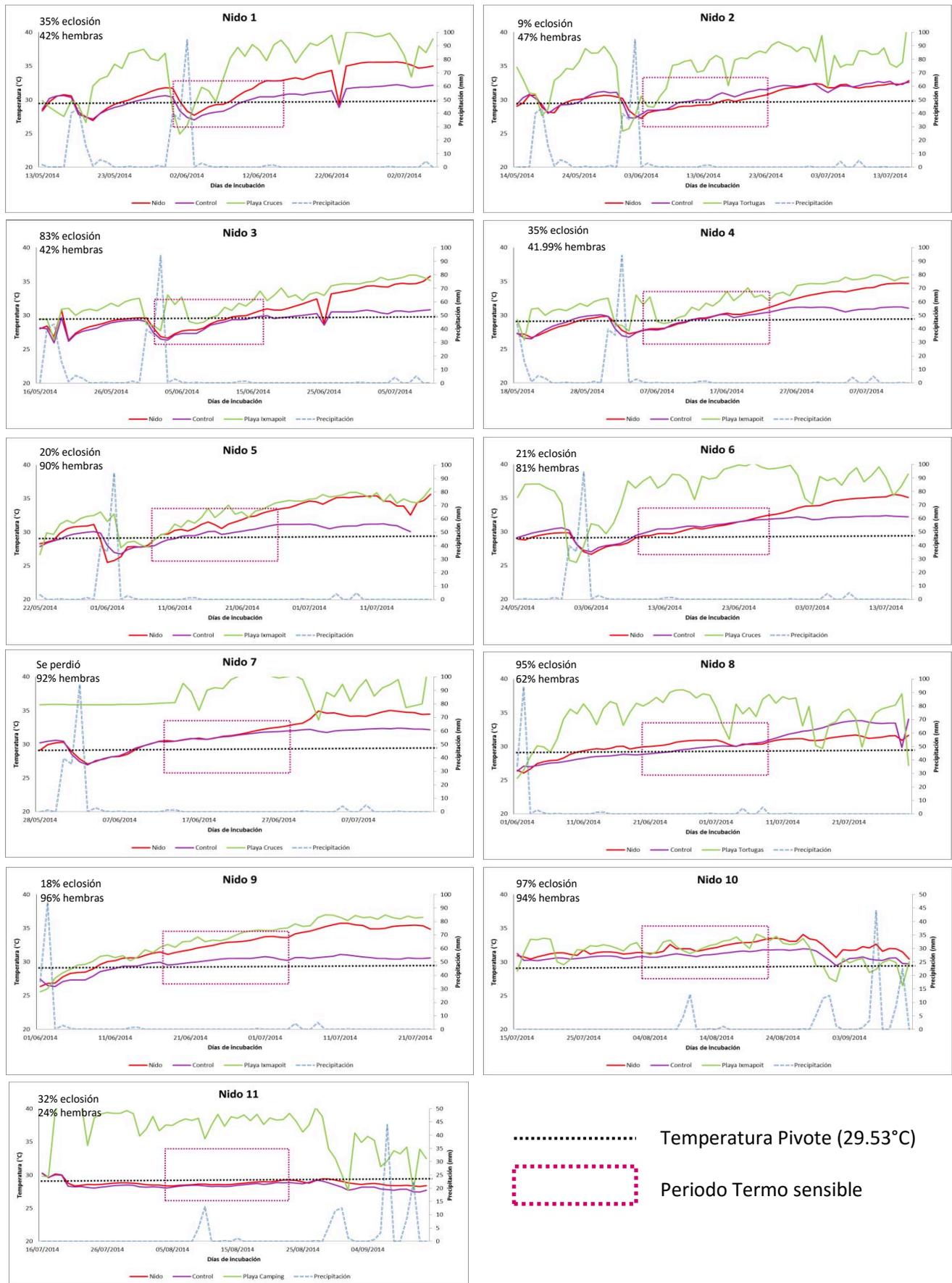


Figura 12. Resumen de las temperaturas de incubación de los nidos de *Eretmochelys imbricata* en mayo (del Nido 1 al Nido 9) y en Julio (Nido 10 y Nido 11).

## 10 DISCUSIÓN

### 10.1 Caracterización de las playas de anidación

La topografía de las playas de Isla Contoy es determinante en las tortugas que llegan a anidar, es así que llega una menor cantidad de tortugas en el lado oeste y sur de la isla, que son las regiones más erosionadas durante septiembre, particularmente las playas Ostreros y Garzas, lo que reduce el área disponible para la anidación (Zurita et al. 1993) y potencialmente explica la ausencia de tortugas anidantes en esas playas.

*Eretmochelys imbricata* anida en ambos lados de Isla Contoy, pero se encontraron más individuos de tortugas Carey en el lado oeste, posiblemente por su preferencia por playas con pendientes suaves (García-Vicario, 2008; Horrocks y Scott 1991, en Cuevas et al. 2010). En el lado este de Isla Contoy también anidaron las tortugas Carey, ya que también escogen playas con pendientes abruptas (Fish et al., 2005 en Cuevas et al., 2010).

Las tortugas Carey registradas durante el presente estudio dieron un total de 12 individuos, posiblemente se debió a que no podíamos patrullar todas las playas al mismo tiempo por la distancia y geografía de Isla Contoy, aunque la cantidad de tortugas que llegan a anidar a las playas, puede variar a causa de las migraciones de las tortugas (Garduño, 1999). Las hembras *E. imbricata* retornan a anidar en promedio cada 2.66 años a las playas de Campeche, modificando así la cantidad de tortugas en las playas (Guzmán et al., 1995), por ello son de gran importancia los trabajos que dan seguimiento a los individuos, ya que explican las variaciones entre las poblaciones de tortugas migrantes y reclutas.

Las poblaciones de *E. imbricata* han sido muy diezmadas, principalmente a causa de la sobre explotación y complejos turísticos no bien diseñados, por ejemplo en Belice, Venezuela, Costa Rica, Guyana, Guinea, Liberia, Kenia, Monzambique, Tailandia, Japón, Malasia, Hawaii y las Islas Polinesias han extirpado las poblaciones de *E. imbricata* a menos de 50 hembras anidantes por año (Conant et al., 2013). Los sitios con mayores poblaciones de *E. imbricata* son Omna (Salm et al. 1993), la isla de Milman en Australia (Dobbs et al, 1999) y la Península de Yucatán en México (Meylan y Donnelly, 1999).

La población de tortugas Carey en la Península de Yucatán es la más grande en el Atlántico y una de las más grandes a nivel mundial. Las playas de anidación con mayor estimación de hembras anidantes de tortugas Carey por año se colocan en dos regiones. Una región al suroeste de la península de Yucatán, con cerca de 180 nidos por playa, en Punta Xen, Chenkan e Isla Aguada en Campeche. La otra región al noroeste de la península de Yucatán, en las playas Las Coloradas y El Cuyo en el estado de Yucatán y en Isla Holbox, en el estado de Quintana Roo. En Isla Contoy las anidaciones en promedio son de 11 a 40 nidos por año (Guzmán et al. 2008), lo cual indica que el esfuerzo de muestreo en este trabajo es del 30% de las hembras anidantes (Fig. 13).



Figura 13. Estimación de hembras anidantes de *Eretmochelys imbricata* en la Península de Yucatán (Guzmán et al. 2008).

### 10. 2Anidación de *Eretmochelys imbricata*

Las características de anidación de las tortugas Carey con relación a las variables ambientales y litorales, mostraron que la temperatura del interior de las cámaras de incubación son mayores comparadas con la temperatura de la superficie de los nidos, ya que la temperatura de la arena exterior al nido es influenciada por el viento y la humedad. La temperatura en las cámaras de incubación fue mayor en julio, lo cual concuerda con el aumento en la temperatura de las playas de anidación (de acuerdo a los datos que obtuvimos a partir de los sensores de temperatura que colocamos). Los cambios estacionales modifican la temperatura de la arena y a su vez la temperatura

de los nidos, siendo las temperaturas más altas a mediados de la temporada de anidación (Mrosovsky et al., 1984), como lo registrado en este estudio.

El porcentaje de humedad fue mayor en el interior que en la superficie de las cámaras de incubación al momento de la oviposición, debido a que en el interior de los nidos las temperaturas son más constantes y a mayores profundidades las temperaturas disminuyen (Glen y Mrosovsky, 2004) manteniendo la humedad, además en el exterior del nido el viento y el sol evaporan la humedad de las arenas de la superficie. En mayo la suma de las precipitaciones en Isla Contoy fue de 165.52 mm (extrapolando los datos de la estación meteorológica de Cancún), lo que propicio el aumento en la humedad de la arena. La lluvia ayuda a compactar el sustrato facilitando la excavación del nido (Frazier 1979, Horrocks y Vermeer 1995), por lo que la profundidad (a partir del último huevo depositado) de los nidos registrados en este mes fue mayor. La profundidad de los nidos registrados en julio fue menor que en mayo, al igual que la suma de las precipitaciones (9.61 mm) y mientras las tortugas excavaban para la construcción de sus nidos, varios nidos se derrumbaron por falta de humedad en la arena, lo cual se ha registrado también en otros trabajos como el de Fritts et al (1982). La variación intra poblacional en la profundidad de los nidos se debe a la compactibilidad en la arena, ya que la compactación disminuye conforme aumenta el tamaño de grano, por lo que el proceso de excavación es más fácil en arenas medias o finas (Glen y Mrosovsky, 2004). Las playas de Isla Contoy presentan arenas finas-medianas, sin embargo se encontraron nidos de tortugas Carey a baja profundidad ( $20.61 \pm 4.21$  cm en mayo y  $9.49 \pm 0.35$  en julio), en comparación con trabajos donde han registrado profundidades de los nidos de las tortugas Carey a 40 cm (Fritts et al. 1982), 47 cm (Kamel y Mrosovski, 2006), 43.4 cm (Carr et al. 1966), 43.2 cm (Limpus et al. 1983) y 45.5 cm (Mrosovsky et al. 1992).

Las profundidades bajas de los nidos de las tortugas Carey en Isla Contoy pueden deberse a factores externos, como es el caso de que algunas tortugas anidaban junto a las palmeras, las cuales son exóticas para el Caribe y sus raíces impedían cavar a mayor profundidad, por lo que las tortugas en general preferían depositar sus huevos bajo vegetación leñosa. Amorocho, (1999) y Medina-Cruz et al. (2000), mencionan que aunque aparentemente la vegetación leñosa podría representar un obstáculo para el tránsito tanto de las hembras como de los neonatos, esta vegetación proporciona compactación de la arena para la construcción de los nidos mediante sus raíces. Las hembras de las tortugas Carey pueden preparar las cámaras para anidar a profundidades que fluctúan entre los 10 cm

y 90 cm (Chacon-Chaverri, 2004), por lo que las profundidades encontradas en los nidos de *E. imbricata* en Isla Contoy están dentro de estas categorías (13 a 35 cm), a excepción de la tortuga dos, ya que la tortuga anido a la profundidad más baja (7 cm desde el último huevo) debido a que se encontró con suelo calizo.

La distancia a la vegetación en las que anidaron las tortugas no tuvo diferencias, ya que la mayoría anidó de bajo o cerca de la vegetación, como se ha mencionado en trabajos anteriores (Márquez, 1996; Ecker, 2000). Los nidos que son colocados en las cercanías de la vegetación presentan mayor distancia a la línea de marea, por esta razón no se mostraron diferencias significativas ni entre playas, ni entre meses a pesar de que en el mes de julio se registraron a dos tortugas anidando fuera de la terraza tres.

Los tamaños corporales de las tortugas Carey que anidaron se diferenciaron en el largo de sus caparazones, siendo más largas las tortugas que llegaron a anidar en el mes de mayo. El largo de los caparazones de las tortugas indica su edad, por lo que las tortugas que tienen mayor talla de caparazón son mayores de edad (Guzmán et al., 2008). En México, las tallas de las tortugas Carey que se encuentran en los intervalos de 94 a 97 cm del largo del caparazón son importantes reclutas (Guzmán et al., 2008). Las tortugas que registramos en mayo la mayoría se encuentra dentro de estos rangos de tallas corporales, a excepción de tres con tallas menores, lo cual indica que son más jóvenes y una de talla mayor que indica que es una hembra de mayor edad (Guzmán et al., 2008). En julio las tallas de las tortugas registradas fueron menores a las de mayo, lo que nos podría indicar que posiblemente son nuevas anidando.

El mayor número de huevos depositados en mayo se debe a que el esfuerzo reproductivo es mayor al comienzo de la temporada de anidación, reflejo de la inversión materna de las hembras (Gulko y Eckert, 2004). La edad de las tortugas así como la localidad también influencia el número de huevos depositados. En Isla Aguada, Campeche se registraron 135 huevos por nido (Márquez, 1990), mientras que en Playa Coloradas, Yucatán se registraron 150 huevos por nido (Guzmán, 2000) y en promedio para la península de Yucatán se registran 142 huevos por nido para hembras Carey reclutas y 150 huevos por nido para tortugas migrantes. La cantidad de huevos depositados por las tortugas Carey de Contoy en mayo se encuentra dentro de los valores de tortugas migrantes, lo cual también concuerda con sus tallas, mientras que las nidadas registradas en julio los huevos depositados fueron

menores (108 huevos), probablemente relacionado con el tamaño de las tortugas Carey y que posiblemente eran primerizas en la anidación.

Nuestros resultados muestran una gran heterogeneidad en la anidación de las tortugas Carey, con respecto a las variables ambientales y litorales, lo cual según el modelo del mejor apostador (Roof, 2002) el ampliar la distribución de los sitios seleccionados para la anidación es favorable, ya que esta estrategia puede asegurar la sobrevivencia de una parte de la progenie ante cualquier cambio abrupto en el ambiente costero-litoral. Múltiples nidos en cada estación pueden ser adaptativos al reducir la varianza (Wirbur y Morin, 1923). La plasticidad en la selección para la anidación de las tortugas Carey puede estar relacionada con el pool genético y herencia de cada población, lo cual explica las pequeñas diferencias entre poblaciones en el momento de la escogencia del hábitat de anidación (Kamel y Mrosovsky, 2006).

### **10 3 Incubación de los huevos y porcentaje de eclosión de los neonatos de *Eretmochelys imbricata***

El periodo de incubación de los neonatos de *E. imbricata* fue en promedio 57.54 ( $\pm$  3.32) días a partir de que encontramos anidando a las hembras, lo cual concuerda con los trabajos registrados para esta especie (Ernst y Barbour, 1989; Van Buskirk y Crowder, 1994). Los nidos al ser revisados después de su periodo de incubación encontramos que la mayoría de los neonatos ya habían eclosionado. Los huevos no eclosionados los revisamos y vimos que existió una falla en el desarrollo embrionario en sus últimas fases, ya que la mayoría de los huevos al abrirlos se encontraban con embriones ya desarrollados pero sin llegar a eclosionar. También encontramos varios huevos sin desarrollo aparente.

Una incubación exitosa se ve influenciada por las condiciones ambientales en el nido, específicamente por la temperatura y humedad, ya que juegan un papel crucial en el desarrollo de los embriones (Fish et al. 2009). La temperatura de incubación en los nidos de *E. imbricata* estuvieron en los intervalos de 30.36 ° C a 32.79 ° C, estas temperaturas se encuentran en los intervalos de temperaturas de incubación exitosa (25 ° C a 35 ° C; Ackerman, 1997). La temperatura letal de incubación difiere entre las distintas especies de tortugas marinas. La temperatura letal de *E. imbricata* se encuentran en temperaturas mayores a 34 ° C (Miller, 1985).

Los nidos con mayor porcentaje de eclosión en mayo fueron el nido tres (playa Ixmapoit, 83% eclosión) con temperaturas de incubación de 30.56 °C ( $\pm 2.66$ ) y el nido ocho (playa Tortugas, 95% eclosión) con temperaturas de incubación de 30.29 °C ( $\pm 2.19$ ). Dichas temperaturas de incubación son menores que la de los nidos con bajo éxito de eclosión (23.5 %) por 1.45 °C en promedio (Cuadro 6 y 7), aunque no se encontraron resultados significativos entre la relación de las temperaturas de incubación y el éxito de eclosión.

Los nidos dos y cuatro de mayo también tuvieron temperaturas de incubación de 30.36 °C y 30.38 °C respectivamente, pero con bajo éxito de eclosión. El nido dos, tuvo una menor temperatura de incubación dado a que este nido se encontraba en un 100 % de sombra y los huevos depositados se incubaron a poca profundidad, debido a que esta tortuga se encontró con suelo calizo al escarbar. El nido cuatro tuvo un 53 % de eclosión, pero murieron todos los neonatos debido a que no lograron escavar para salir del nido, ya que la arena que los cubría estaba muy compacta impidiendo la salida de los neonatos y provocando su muerte. Este nido se encontraba muy cerca de un camino usado por los turistas, lo que pudo ser la causa de la compactación de la arena y la muerte de los neonatos. En julio el nido 10 tuvo el mayor éxito de eclosión (playa Ixmapoit, 97 % eclosión) con temperaturas de incubación de 32.04 °C ( $\pm 1.21$ ) y con un ICM de 1.10. El nido 11, en playa Camping, tuvo un éxito de eclosión muy bajo, ya que la tortuga Carey anido en la primera terraza, ocasionando que el nido se inundará y que no eclosionarán la mayoría de los huevos, ya que su ICM se mantuvo bajo (0.25).

Los huevos de las tortugas marinas son más sensibles a la humedad que los huevos de otros reptiles, ya que la desecación o al exceso de humedad pueden afectar el tamaño de las crías, provocar malformaciones o su muerte (Seymour y Ackerman 1980, Packard et al. 1981 y Mortimer 1990). McGehee (1990) determinó que el éxito de los neonatos era menor a (0% de humedad y a mayor humedad de 50-100%), por lo que el mayor éxito de eclosión se encuentra a 25% de humedad. Resultados similares los registraron Ozdemir y Turkozan (2006), Yalcin-Ozdilek et al. (2007) y Ozdemir et al. (2008). La humedad fue el factor que más influencio el bajo éxito de eclosión de *E. imbricata* en Isla Contoy, ya que las nidadas del periodo de incubación de mayo-julio tuvieron precipitaciones muy bajas durante el mes de julio (con una suma de 9.61 mm), provocando que estos nidos perdieran humedad al final del periodo de incubación, ya que al limpiar los nidos los huevos no eclosionados se sentían secos. El nido 9 se encontraba debajo de unos pastos exóticos a Isla Contoy y al momento de limpiar el nido, algunos huevos sin desarrollo estaban con presencia de raíces de los

pastos, lo cual sucede cuando hay poca humedad, ya que la vegetación toma la humedad de los huevos directamente (comentarios personales Ignacio Barajas, encargado de las tortugas en el PNIC).

La humedad aumento en las nidadas del periodo de incubación de julio-septiembre, por el incremento en la lluvia en los meses de agosto (138.33 mm) y septiembre (234.94 mm). La humedad en los nidos influyó un bajo éxito de eclosión, sobre todo en el nido 11, ya que a finales de su periodo de incubación hubo mucha precipitación, lo que provoco que se inundara el nido. En arena fina como la de las playas de Isla Contoy la humedad se concentra, ya que el espacio intersticial de los granos de la arena disminuye, limitando la difusión del agua y provocando la saturación de los espacios intersticiales (Flores, 2013). El aumento de la humedad en los nidos dificulta el intercambio gaseoso entre los embriones y el ambiente, por lo que afecta el transporte de oxígeno, salinidad y movilización de calcio en los neonatos (Ackerman 1997, Ackerman 1980 y Bilinski et. al 2001), provocando un bajo éxito de eclosión.

El tiempo de incubación es más prolongado a niveles mayores de humedad (McGehee 1990), lo cual concuerda con el nido 11, encontrado en playa Camping, el cual tuvo demasiada humedad a finales de su periodo de incubación, lo que ocasionó que sus días de incubación fuera de 60 días. El nido ocho de playa Tortugas también tardo 60 días de incubación, debido a que estuvo muy cerca de la línea de la marea, lo que influencio en el aumento de la humedad. Otro de los nidos que tardo muchos días de incubación (64 días) fue el nido dos, el cual estuvo incubado bajo mucha sombra, promoviendo una temperatura baja de incubación y por lo tanto afectando el tiempo de incubación.

El fenotipo de los neonatos que aún se encontraban en los nidos (cuatro nidos) mostraron una relación entre el promedio del largo de sus caparazones con los días de incubación, siendo de mayor talla los neonatos que tardaron más tiempo incubándose, que en general fueron los neonatos que se incubaron en los nidos registrados en el lado oeste de Isla Contoy. Los neonatos de menor talla pueden estar expuestos a mayor riesgo por depredadores con limitación de apertura bucal (Booth y Astill 2001, Burgess et. al 2003), por lo que probablemente tienen mayor oportunidad de sobrevivencia los neonatos que tardan más tiempo incubando.

El nido siete (en mayo) y el nido doce (en julio), ubicados en el lado este de Isla Contoy fueron destruidos, junto con otros nidos que no fueron caracterizados en el trabajo. La destrucción de estos nidos se debió a que en Isla Contoy además de *E. imbricata*, también anidan las especies *Caretta*

*caretta* (anexo 1) y *Chelonia mydas* (anexo 2), las cuales al ser de mayor talla en comparación con *E. imbricata* solo anidan en playas amplias, ya que la distribución de las especies de tortugas es influenciada por la topografía, dado a que cada especie tiene requerimientos específicos de acuerdo a su talla y peso (Márquez, 1996), por lo que en el lado este de Isla Contoy, convergen las tres especies. La especie más abundante en Isla Contoy es *C. Mydas*, la cual abarca una mayor proporción de área en comparación con las otras dos especies y su pico de anidación es en junio, destruyendo los nidos de *E. imbricata* y *C. Caretta*, que comienzan a anidar desde abril y mayo, lo cual afecta severamente su éxito reproductor.

El espacio para la anidación en Isla Contoy puede verse reducido por la abundancia de tortugas que llegan a anidar, como es el caso de las tortugas que tienen la característica de anidar en arribadas (*Lepidochelys olivacea* y *L. kempii*), donde la arribada de estas tortugas es de miles de individuos, ocasionando la pérdida de nidos por la anidación de otra tortuga en el mismo sitio de otros nidos previos (destrucción de nidos intra específica; Valverde et al., 2012). En Isla Contoy la abundancia de tortugas no es tan grande como la registrada en tortugas con la característica de hacer arribadas, por lo que la destrucción de los nidos puede estar más relacionada al área disponible para anidar. La especie *C. mydas* al ser la que realiza sus nidos a mayor profundidad destruye los nidos de *E. imbricata* y *C. caretta* por sobre posición de nidos, teniendo una destrucción de nidos a nivel intra e inter específica. La posterior anidación de las tortugas *C. mydas* sobre los nidos previamente depositados por *E. imbricata* fue una de las principales causas del bajo éxito de eclosión de los neonatos Carey en el lado este de Isla Contoy, a comparación con el mayor éxito de eclosión del lado oeste, en donde no anida *C. mydas*.

La destrucción de los nidos en Isla Contoy puede deberse a que exista una disminución en el área para anidar y dado a que las tortugas marinas son filopátricas éstas regresarán a la misma área de anidación aunque haya sido reducida por diversos factores, como es el caso de huracanes. Los huracanes, durante los meses de junio a octubre inciden en litorales del Golfo de México y el Caribe mexicano (García-Téllez et al.1993, en CONANP, 2011), afectando los nidos de las tortugas y la producción de crías. En Isla Contoy y en la Reserva de la Biosfera de Sian Ka'an, durante los meses de noviembre a mayo son afectadas las anidaciones de las tortugas por nortes, ocasionando cambios en la morfología de las playas (erosión) durante la temporada de anidación (García-Téllez et al.1993, en CONANP, 2011). En Isla Contoy además del registro de erosión de playas de García-Téllez et al.

(1993), también se ha reportado una disminución en el ancho de sus playas (comentarios personales Biól. Ignacio Barajas), lo cual podría estar disminuyendo el espacio disponible para la anidación de las tortugas marinas en Isla Contoy, promoviendo el solapamiento de los nidos de las tres especies que anidan en la isla. En el litoral de Campeche se han alcanzado tasas de erosión promedio de 7m/año (Ortiz –Pérez, 1992), por lo que la erosión costera es una de las principales causas asociadas a la disminución de las poblaciones de tortugas marinas anidantes, ocasionando la pérdida de superficies históricas importantes para la anidación de las tortugas marinas (Botello et al. 2010).

La destrucción de nidos intra e inter específica observada en Isla Contoy puede verse incrementada por el efecto de cambio climático a través de la erosión de las playas. La erosión de las playas se ha acelerado por el aumento de fenómenos hidro-meteorológicos extremos (aumento en la cantidad de huracanes) e incremento del nivel del mar de entre 15 y 95 cm a nivel global y un cambio en las pautas espacial y temporal de las precipitaciones (IPCC, 2013). Los Módulos de Circulación General Océano-Atmósfera (AOGCM) sugieren que el calentamiento en la región de México y Centroamérica, entre los años 2000 y 2100, será mayor que en el resto del mundo, mientras que la precipitación decrecerá significativamente y en ese periodo las anomalías térmicas se incrementarán de 1.5 a 3 ° C en el escenario más frío y de 3 a 5 ° C, en el más cálido (Christensen et al. 2007). Estos datos al ser comparados con lo registrado en nuestro trabajo, donde la principal causa del bajo éxito de eclosión fueron los cambios abruptos de humedad en Isla Contoy, más la destrucción de los nidos posiblemente por el espacio de anidación, el futuro de estas especies podría verse muy comprometido en caso de que el cambio climático no se frene.

El bajo porcentaje de eclosión de las tortugas Carey en Isla Contoy también se debió a que varios huevos presentaban perforaciones pequeñas, las cuales pudieron ser causadas por larvas de moscas (Chan y Liew, 1999), ya que observamos la presencia de moscas en varios nidos mientras las hembras depositaban sus huevos y también al final de la eclosión de los neonatos. La depredación tanto de los neonatos, como de los huevos en Isla Contoy es escasa y es efectuada por hormigas, cangrejos y aves (principalmente por *Fregata magnificens*). Observamos que al momento de la eclosión de los neonatos una serpiente (*Conopsis lineatus*), se encontraba merodeando a dos nidos, la cual posiblemente también sea una depredadora de los neonatos.

#### 10. 4. Porcentaje sexual de los neonatos de *Eretmochelys imbricata*

Las proporciones sexuales de las tortugas marinas son influenciadas por factores físicos que modifican la temperatura de incubación de los nidos. La zona donde anidan las tortugas modifica la proporción sexual, produciendo un mayor número de hembras en zonas altas de playa (Spotila et al. 1983), ya que la temperatura en la arena aumenta conforme el nido se aleja del mar (Rees y Margaritoulis, 2004). En este estudio la mayoría de las hembras anidó en la supra playa, sin embargo no se encontraron relaciones significativas entre la distancia a la marea y las proporciones sexuales.

La ubicación del nido con respecto a la sombra proporcionada por la vegetación afecta la temperatura de incubación. Los nidos que están a la sombra producen más machos, mientras que los expuestos al sol producen predominantemente hembras (Morreale et al. 1982; Loop et al., 1995). En este trabajo la mayoría de los nidos se encontró debajo de la vegetación o muy cercana a ella obteniendo más del 60% de sombra en el día, pero la ubicación de los nidos con respecto a la sombra de la vegetación no obtuvo influencia en la proporción sexual encontrada en los nidos registrados. En el trabajo de Kamel y Mrorovsky (2006) tampoco encontraron diferencias entre la temperatura de la arena en la que se encuentran los nidos expuestos al sol y los nidos con vegetación baja o en el borde de la vegetación, pero si encontraron temperaturas menores en las anidaciones que se encontraban dentro del bosque, ya que la vegetación baja y las palmas no proporcionan suficiente sombra para disminuir la temperatura de la arena. En Isla Contoy pudo haber ocurrido algo similar al trabajo de Kamel y Mrorovsky (2006), ya que a pesar de que la vegetación de Isla Contoy proporcionaba sombra a los nidos esta es baja y también hay palmas introducidas, por lo que la sombra proporcionada no logro tener influencia sobre las temperaturas de los nidos. El Caribe se ve afectado por la deforestación para la realización de complejos turísticos, así como el recambio de la flora nativa por palmas de cocos, lo que podría afectar a las poblaciones de las tortugas marinas, tanto en sus proporciones sexuales como en su eclosión.

La temperatura pivote de los nidos registrados en este trabajo fue de 29.53 ° C, la cual se asemeja a lo ya registrado por Pérez-Castañeda et al. (2007), con temperaturas pivote entre los 29.2 ° C y los 29.6 ° C para *Eretmochelys imbricata*. El promedio de las proporciones sexuales de los nidos registrados fue de 65.89 % de hembras ( $\pm 25.66$ ), las cuales no son tan altas como las registradas por otros trabajos para esta especie. Hays et al. (2003), en la Isla Ascensión, relacionaron la temperatura del

aire y los nidos, encontrando un calentamiento progresivo de la arena en la isla, por lo que determinaron que hubo una producción de 99.4 % de hembras para los nidos estudiados durante 1998 y 1999. Wibbels et al. (1999) encontraron un sesgo femenino en los neonatos de *E. imbricata* en la Isla Buck y un estudio en Bahía, Brasil con la misma especie estimó que más del 90 % de los neonatos eran hembras (Godfrey et al.1999). La investigación de Glen y Mrosovsky (2004) encontró no sólo un aumento en el porcentaje de hembras Carey sino también la producción de machos más baja de todos los tiempos en el 2003. En Cuba en el año 1985 el 77 % de adultos de Carey fueron hembras (Carrillo et al., 1998) y el trabajo de Glen y Mrosovsky (2004) en La Antigua registró también un sesgo hacia las hembras *E. imbricata*.

Las proporciones sexuales pueden variar entre estaciones (Mrosovsky et al. 1984) y de un año a otro en una misma playa (Spotila et al. 1987 y Horikoshi 1992), por lo que es de gran importancia los estudios históricos para conocer cómo se van manteniendo las proporciones sexuales de las tortugas, así como realizar estudios como estos en diferentes localidades de anidación de la misma especie, ya que también se pueden producir proporciones sexuales variantes.

En nuestro trabajo se encontró que los nidos que registramos tienden hacia la feminización, sin embargo al comparar los porcentajes de feminización con los del porcentaje de eclosión de los neonatos, encontramos que los neonatos que sobrevivieron no están afectados por un sesgo hacia la feminización, ya que solo el 12% de los neonatos que lograron eclosionar fueron de sexo femenino. Las proporciones sexuales sesgadas hacia un sexo propician una mayor competencia intra e inter sexual, competencia a nivel espermático y multipaternidad, reducción de las tasas de fertilización y pérdida de la variación genética. El sesgo hacia un sexo disminuye la habilidad de las poblaciones de las tortugas a adaptarse ante un cambio climático (Hamann et al. 2010; Wibbels, 2003), ya que a pesar del éxito adaptativo de las tortugas marinas ante distintos cambios climáticos, en la actualidad estos cambios se están llevando demasiado rápido, por lo que es de suma importancia los estudios que analicen como las distintas variables climáticas influyen en la sobrevivencia y distribución de estos organismos.

## **11. RECOMENDACIONES**

- De acuerdo a los resultados encontrados en este trabajo se recomienda seguir con la subsecuente investigación sobre la afectación que tienen los factores ambientales con énfasis en la humedad y temperatura que se lleva a cabo dentro de los nidos de todas las especies de tortugas marinas y en

varias localidades, para poder predecir como los factores ambientales modifican el éxito de eclosión y el porcentaje sexual de las poblaciones de las tortugas.

- Documentar las variables ambientales que influyen en la incubación de los huevos de las tortugas marinas en los campamentos tortugueros con la metodología propuesta en este trabajo. Se sugiere a los campamentos tortugueros controlar la humedad de los nidos que se encuentran en corrales, ya que el aumento de la humedad o la pérdida de esta fue la mayor causa de mortalidad de los huevos en los nidos, verificando a su vez la temperatura de los nidos para no sesgar la proporción sexual de los neonatos.
- Generar y recuperar la información histórica tanto de las anidaciones de las tortugas marinas, como de los factores ambientales que influyen en su éxito de eclosión, proporción sexual y temporadas de migración de las tortugas para tener una mejor comprensión de la densidad de las poblaciones de las tortugas marinas.
- -Contar con datos históricos de la topografía de las playas de anidación, para conocer si existe algún fenómeno de erosión y realizar proyecciones donde se tenga en cuenta las modificaciones en el nivel del mar por el calentamiento global, para diseñar medidas de mitigación en los programas de conservación de las tortugas marinas.
- Hacer proyecciones que permitan determinar los efectos del cambio climático global (bajo el escenario de efecto invernadero) en las poblaciones de las tortugas marinas, tomando en cuenta los factores ambientales que influyen en la anidación y tomar medidas de prevención ante estos cambios, como sería el no remover la vegetación nativa, ni la modificación de las playas.
- Tener una base de datos abierta en internet para que diversos investigadores de las tortugas marinas puedan documentar las características de anidación e incubación de las tortugas en sus distintas localidades, así como de los factores ambientales que influyen en la anidación e incubación a nivel mundial para lograr hacer proyecciones certeras de cómo están las poblaciones de las tortugas.
- Se recomienda implementar corrales que salvaguarden un porcentaje de las anidaciones de *C. caretta* y *E. imbricata* de la posterior anidación de *C. mydas* en el lado este del Parque Nacional Isla Contoy, manteniendo las características de anidación de las tortugas para no afectar sus proporciones sexuales así como la toma de datos de los factores ambientales (temperatura, humedad) dentro de los nidos.

## 12. CONCLUSIONES

- La anidación de las tortugas marinas que llegan al Parque Nacional Isla Contoy fue influenciada por las diferencias en la topografía entre el lado este y oeste. *Caretta caretta* y *Chelonia mydas* solo anidan en el lado este, donde se presentan las playas más largas, anchas y con mayor pendiente. *Eretmochelys imbricata* anida en ambos lados de la isla, pero en mayor cantidad de individuos en el lado oeste de Isla Contoy.
- La anidación de *Eretmochelys imbricata* no presentó diferencias entre ambos lados de Isla Contoy, de acuerdo a la topografía y a las variables ambientales y litorales. La anidación entre los meses de mayo y junio se diferenció en cuanto el número de nidos, el tamaño de las hembras *E. imbricata*, el tamaño de las nidadas y la profundidad del nido, siendo mayores en mayo, lo cual podría ser reflejo de mayor inversión materna al comienzo de la temporada de anidación.
- Las tortugas *E. imbricata* presentaron una amplia gama de condiciones ambientales para su anidación lo que podría reflejar su plasticidad conductual permitiéndole adaptarse a los diversos cambios ambientales presentes y del futuro.
- Las variaciones abruptas de humedad en Isla Contoy, durante la incubación de los huevos fue la principal causa del bajo éxito de eclosión de los neonatos, generando alta mortalidad debido a la poca humedad a finales del periodo de incubación de los nidos depositado en mayo y una humedad muy alta a finales del periodo de incubación de los nidos depositados en julio, provocando que estos se inundaran.
- El éxito de eclosión de *Eretmochelys imbricata* es mayor en el lado oeste de Isla Contoy, debido a que en este lado no anidan las tortugas *Chelonia mydas*, las cuales al realizar su nido destruyen los nidos previamente realizados por las tortugas *Carey*.
- El porcentaje sexual de *E. imbricata* en los nidos tendería hacia la feminización, si el éxito de eclosión fuera mayor. Debido al bajo éxito de eclosión de los nidos registrados en este trabajo, se estima que el 12 % de los neonatos podrían ser de sexo femenino.

### 13. REFERENCIAS

- Ackerman, R.A. (1980).** Physiological and ecological aspects of gas exchange by sea turtle eggs. *American Zoologist* 20:575–583pp.
- Ackerman, R. A. (1997).** The nest environment and embryonic development of sea turtles en: Lutz, P. L. y Musick, J. A. (eds), *The biology of sea turtles*. CRC Press, pp. 83–106 pp.
- Balazs, G. (1982).** Growth rates of immature green turtles in the Hawaiian Archipelago, p.117-125. *In:* K. A. Bjorndal (Editor), *Biology and Conservation of Sea Turtles*. Smithsonian Institution Press, Washington, D.C. 583 pp.
- Bilinski, J. J., Reina, R. D., Spotila, J. R. y Paladino, F. V. (2001).** The effects of nest environment on calcium mobilization by leatherback turtle embryos (*Dermochelys coriacea*) during development. *Comp. Biochem. Physiol.* A130, 151-162 pp.
- Binckley, C. A., Spotila, J. R., Wilson, K. S. y Paladino, F. V. (1998).** Sex determination and sex ratios of Pacific leatherback turtles, *Dermochelys coriacea*. *Copeia* 2, 291-300pp.
- Blamires, S. J., y Guinea, M. L. (1997).** Implications of nest site selection on egg predation at the sea turtle rookery at Fog Bay. In *Marine turtle conservation and management in northern Australia.*, Northern Territory University, Darwin *Canadian Journal of Zoology-Revue Canadienne De Zoologie* 82, 94-101pp.
- Blois Jessica L., Phoebe L. Zarnetske, Matthew C. Fitzpatrick y S. Finnegan. (2013)** Climate Change and the Past, Present, and Future of Biotic Interactions *Science* 341, 499; DOI: 10.1126/science.1237184
- Bjorndal, K. A. y G. Zug. (1995).** Growth and age of sea turtles, p.599-600. *In:* K. A. B. Jorndal (Editor), *Biology and Conservation of Sea Turtles*, Second Edition. Smithsonian Institution Press, Washington, D.C. 619 pp.
- Bolongaro Crevenna Recaséns, A., A. Z. Márquez García, V. Torres Rodríguez y A. García Vicario, (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, Universidad Autónoma de Campeche. 514 p.

**Booth, D. T. y Astill, K. (2001).** Incubation temperature, energy expenditure and hatchling size in the green turtle (*Chelonia mydas*), a species with temperature-sensitive sex determination. *Australian Journal of Zoology* 49, 389-396 pp.

**Botello V. A., S. Villanueva, J. Gutiérrez, J. L. Rojas. (2010).** Vulnerabilidad de las zonas costeras mexicanas ante el cambio climático. Gobierno del Estado de Tabasco. SEMARNAT-INE, UNAM-ICMYL, Universidad Autónoma de Campeche. 514 pp.

**Bustard, H. R. y Greenham, P. (1968).** Physical and chemical factors affecting hatching in the green turtle, *Chelonia mydas*. *Ecology* 49, 269–276pp.

**Burgess, E. A., Booth, D. T. y Lanyon, J. M. (2006).** Swimming performance of hatchling green turtles is affected by incubation temperature. *Coral Reefs* 25, 341-349 pp.

**Carr, A., M. H. Carr y A. Meylan. (1978).** The ecology and migrations of sea turtles, 7. The West Caribbean green turtle colony. *Bull. Amer. Mus. Natur. Hist.* 162:1-46.

**Carranza-Edwards, A. y M. Caso-Chávez. (1994).** Zonificación del perfil de playa. *GEOUNAM* 2(2): 26-32pp.

**Chaloupka, M. Y. y J. A. Musick. (1997).** Age, growth and population dynamics. En: P. L. Lutz and J. A. Musick (eds.). *The Biology of Sea Turtles*. CRC Press; New York. pp.233-276.

**Chávez Flores Tania Gabriela. (2013).** Influencia de las variables climáticas sobre la nidificación, éxito de eclosión y proporción de sexos de neonatos de *Chelonia mydas* en Isla Cozumel, Quintana Roo, México. Posgrado en Ciencias del Mar y Limnología. UNAM.

**Christensen, J. H., B. Hewitson, A. Chen, X. Gao, I. Held, R. Jones, R. K. Kolli, W. T. Kwon, R. Laprise, V. Magaña Rueda, L. Mearns, C. G. Menéndez, J. Räisänen, A. Rinke, A. Sarr y P. Whetton. (2007).** Regional Climate Projections p. 847-940. En: S. Solomon, D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K. B. Averyt, M. Tignor y H. L. Miller. (2007). *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press.

- Ciofi, C. y Swingland, I. R. (1997).** Environmental sex determination in reptiles. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 51: 251– 265pp.
- CONANP, Dirección general de operación regional, Dirección de especies prioritarias para la conservación y Programa Nacional de Conservación de Tortugas Marinas. (2011).** Programa de acción para la conservación de la especie: Tortuga verde/negra, *Chelonia mydas*
- Conant T., A. Somma, S. MacPherson y K. Bibb (2013).** National marine fisheries service 5-year review of *hawks bill sea turtle*. regional office approval.
- Chu, C. T., Booth, D. T., y Limpus, C. J. (2008).** Estimating the sex ratio of loggerhead turtle hatchlings at Mon Repos rookery (Australia) from nest temperatures. *Australian Journal of Zoology* 56, 57-64pp.
- Davenport, J. (1997).** Temperature and the life-history strategies of sea turtles. *Journal of Thermal Biology* 22,479-488pp.
- Deeming, D.C. (2004).** Post-hatching phenotypic effects of incubation in reptiles en: D.C. Deeming (Ed.), *Reptilian Incubation: Environment, Evolution and Behaviour*, Nottingham University Press, Nottingham, pp. 229– 252pp.
- Diffenbaugh N. S. y C. B. Field. (2013)** Changes in Ecologically Critical Terrestrial Climate Conditions. *Science* 341, 486; DOI: 10.1126/science.1237123
- Dimond, M. T. (1985).** Some effects of temperature on turtle egg incubation, p.35-39. *In: Recent Advances in Development Biology of Animals* (S. C. Goel and C. B. L. Srivastava, eds.). Indian Soc. Dev. Biol., Poona. M. T. Dimond, Dept. Biology, Trinity College, Washington D.C. 20017 USA.
- Dow, W., Eckert, K., Palmer, M., y Kramer, P. (2007).** An Atlas of Sea Turtle Nesting Habitat for the Wider Caribbean Region. The Wider Caribbean Sea Turtle Conservation Network and The Nature Conservancy. WIDECAST Technical Report No. 6. Beaufort, North Carolina. 267pp.
- Eckert, K. L., K. A. Bjorndal, F. A. Abreu- Grobois y M. Donnelly. (2000).** *Técnicas de Investigación y Manejo para la Conservación de las Tortugas Marinas*. Grupo Especialista en Tortugas Marinas UICN/CSE Publicación No. 4.
- Ernst H. Carl y R. W. Barbour. (1989).** *Turtles of the World*. Smithsonian Institution Press. Washington, D.C. and London.

- Fish, M.R. y C. Drews. (2009).** Adaptación al cambio climático: opciones para las tortugas marinas. Informe de WWF, San José, 20 p.
- Fish, M.R. Lombana, A. y C. Drews. 2009.** Cambio climático y tortugas marinas en el Gran Caribe: proyecciones climáticas regionales. Informe de WWF, San José, 20 pp.
- Frazier, J. 1979.** Niche separation in Indian Ocean turtles. *American zoologist* 19, 955 pp.
- Fritts, T.H.; Stinson, M.L.; Marquez M., R. 1982.** Status of sea turtle nesting in southern Baja California, Mexico. *Bulletin of the Southern California Academy of Sciences*, 81: 51 – 60pp.
- Gaffney, E. S. (1975).** A phylogeny and classification of the higher categories of turtles. *Bull. Amer. Mus. Natur. Hist.* 155:387-436.
- Gaffney, E. S. y P. A. Meylan. (1988).** A phylogeny of turtles, p.157-219. *In:* M. J. Benton (Editor), *The Phylogeny and Classification of Tetrapods*. Clarendon Press, Oxford.
- García-Vicario, A. (2008).** Impacto de la erosión costera de las playas del litoral de Campeche, México, sobre la anidación de las tortugas marinas, Tesis de Licenciatura en Biología. Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad Autónoma del Estado de Morelos, México. 90 pp.
- Garduño, A. M. y R. Lope M., (1992).** Evaluación de la población desovante de la tortuga de carey *Eretmochelys imbricata*, en las coloradas; Yucatán. Durante los años 1990 y 1991. INP-CRIP Yucalpeten. SEPESCA,
- Garduño A. M. (1999).** Nesting of the hawksbill turtle (*Eretmochelys imbricata*), in Rio Lagartos, Yucatán, México, 1990-1997. *CC&B*. Vol. 3, (2), 281-285 pp.
- Garduño-A. M., V. Guzmán, E. Miranda, R. Briseño-D. and F.A. Abreu-G. (1999).** Increases in hawksbill turtle (*Eretmochelys imbricata*) nestings in the Yucatán Peninsula, México, 1977-1996: data in support of successful conservation? *CC&B*. Vol. 3, (2), 281-285 pp.
- Garduño, A. M. (2000).** Crecimiento de la tortuga de carey, *Eretmochelys imbricata* bajo condiciones naturales. INP/CRIP-Yucalpeten.
- Glen, F., Broderick, A. C., Godley, B. J., y Hays, G. C. (2003).** Incubation environment affects phenotype of naturally incubated green turtle hatchlings. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* 83, 1183-1186pp.

**Glen, F. y Mrosovsky, N. (2004).** Antigua revisited: the impact of climate change on sand and nest temperatures at a hawksbill turtle (*Eretmochelys imbricata*) nesting beach. *Global Change Biology* 10, 2036-2045pp.

**Girondot, M. (1999).** Statistical description of temperature-dependent sex determination using maximum likelihood *Evolutionary Ecology Research*, 1: 479–486pp.

**Godfrey, M. H., D’Amato, A. F., Marcovaldi, M. A. y Mrosovsky, N. (1999).** Pivotal temperature and predicted sex ratios for hatchling hawksbill turtles from Brazil. *Canadian Journal of Zoology- Revue Canadienne De Zoologie* 77, 1465-1473pp.

**Gulko, D. y Eckert K. (2004).** *Sea Turtles: An ecological guide.* Mutual Publishing, Honolulu, HI. 128pp.

**Guzmán, H. V., J. C. Rejón P., R. Gómez G., y J. Silva S. (1995).** Informe final del programa de investigación y protección de las tortugas marinas del estado de Campeche, México., Temporada 1994. Situación actual. Bol. Téc. N° 1/95-CRIP Carmen I.N.P.-SEPESCA. 32 pp.

**Guzmán H. V. (1997).** Crecimiento de las tortugas de carey (*Eretmochelys imbricata* LINNAEUS, 1766) y blanca (*Chelonia mydas* LINNAEUS,1758), de las costas de Campeche, México. INP/PNTM/CRIP-Carmen.

**Guzmán, H., V. (2000).** Evaluación de las poblaciones de tortugas marinas de Campeche. Avance y Perspectivas. Informe Técnico de Investigación 2000/11. SEMARNAP/INP/DGIPDS/CRIP Carmen, 23 pp.

**Guzmán, V., Cuevas, F. E., F. A. Abreu-G., González-G. B., García, A. P. y Huerta, R. P.(2008).** **Resultados de la reunión del grupo de trabajo de la tortuga Carey en el Atlántico mexicano. Memorias. CONANP/EPC/ APFFLT /PNCTM/. ix+244pp.**

**Hays, G.C y Speakman, J.R. (1993).** Nest placement by loggerhead turtles, *Caretta caretta*. *Animal Behaviour*, 45, 47-53pp.

**Hays, G. C., Mackay, A., Adams, C. R., Mortimer, J. A., Speakman, J. R. (1995).** Nest site selection by sea turtles. *J. Mar. Biol. Ass. U K.*, 75: 667–674pp

**Hays, G.C., Ashworth, J.S., Barnsley, M.J., Broderick, A.C., Emery, D.R., Godley, B.J., Henwood, A., Jone, E.L. (2001).** The importance of sand albedo for the thermal conditions on sea turtle nesting beaches. *Oikos* 93, 87–94pp.

**Hays, G. C., Broderick, A. C., Glen, F. y Godley, B. J. (2003).** Climate change and sea turtles: a 150- year reconstruction of incubation temperatures at a major marine turtle rookery. *Global Change Biology* 9, 642-646pp.

**Hawkes, L. A., Broderick, A. C., Godfrey, M. H., y Godley, B. J. (2007).** Investigating the potential impacts of climate change on a marine turtle population. *Global Change Biology* 13, 923-932pp.

**Hawkes, L. A., Broderick, A. C., Godfrey, M. H., y Godley, B. J. (2009).** Climate change and marine turtles. *Endangered Species Research* 7, 137-154pp.

**Hendrickson J. R. (1980).** The Ecological Strategies of Sea Turtles. *Amer. Zool.*, 20: 597-608.

**Hewavisenthi, S. y Parmenter, C. J. (2002).** Incubation environment and nest success of the flatback turtle (*Natator depressus*) from a natural nesting beach. *Copeia*2002, 302-312 pp.

**Hirayama, R. (1998).** Oldest known sea turtle. *Nature* 392(6677):705-708.

**Horikoshi, K. (1992).** Sex ratios of green turtle hatchlings in Tortuguero, Costa Rica. 59–60pp. En M. Salmon and J. Wyneken, eds. Proceedings of the eleventh annual workshop on sea turtle biology and conservation, Jekyll Island, GA. 26 February–2 March. NOAA Tech. Mem. no. NMFS-SEFSC-302pp.

**Horrocks, J.A., Scott, N.McA. (1991).** Nest site location and nest success in the hawksbill turtle, *Eretmochelys imbricata*, in Barbados, West Indies. *Marine Ecology Progress Series* 69, 1–8pp.

**Horrocks, J. A. y Vermeer, L. A. (1995).** Environmental correlates of nesting and hatching seasonality of hawksbill turtles (*Eretmochelys imbricata*) in Barbados. In Proceedings of the Twelfth Annual Workshop on Sea Turtle Biology and Conservation; NOAA Technical Memorandum NMFSSEFSC-361, 274 (Richardson, J. I., and Richardson, T. H., eds) pp. 200-202 pp.

**Houghton J. T., Y. Ding, D. J. Griggs, M. Nouguer, P.J. van del Linden y D. Xiaosu, (2001).** Climate change 2001: the scientific basis Contribution of Working Group 1 to the Third Assessment

Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). New York, Cambridge University Press.

<http://www.amigosdeislacontoy.org/CONTOY>

<http://www.iacseaturtle.org/>

<http://www.INE.gob.mx>

<http://www.iucnredlist.org/details/8005/0>

**Instituto Nacional de Ecología- Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca (INE-SEMARNAP; 1997).** Programa de Manejo del Parque Nacional Isla Contoy. Instituto Nacional de Ecología. Primera Edición. México, D. F. pp. 1-126.

**Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC; 1997).** Informe Especial del IPCC. Impactos regionales del cambio climático: evaluación de la vulnerabilidad. Datos sobre el Nivel del Mar.

**IPCC, in Climate Change (2001).** The Physical Science Basis: Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, S. Solomon et al., Eds. (Cambridge Univ. Press, Cambridge, UK and New York, 2007), pp. 1–21.

**IPCC, in Climate Change (2007).** Mitigation. Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, B. Metz, O. R. Davidson, P. R. Bosch, R. Dave, L. A. Meyer, Eds. (Cambridge Univ. Press, Cambridge, UK and New York, 2007), pp. 1–23.

**IPCC. Stocker, T. F., D. Qin, G. K. Plattner, L. V. Alexander, S. K. Allen, N. L. Bindoff, F-M. Bréon, J. A. Church, U. Cubasch, S. Emori, P. Forster, P. Friendlingtein, N. Gillerr, J. M. Gregory, D. L. Hartmann, E. Jansen, B. Kirtman, R. Knutti, K. KrishnaKumar, P. Lemke, J. Marotzke, V. Masson-Delmotte, G. A. Meehl, I. I. Mokhov, S. Piao, V. Ramaswamy, D. Randall, M. Rhein, M. Rojas, C. Sabine, D. Shindell, L. D. Talley, D. G. Vaughan y S. P. Xie (2013).** Resumen técnico. En: cambio Climático 2013. Bases físicas. Contribución del grupo de trabajo I al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (Stocker, T. F., D. Qin, G-K. Plattner, M. Tignor, S. K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex y P. M. Midgley (eds.)). Cambridge University Press, Cambridge, reino Unido y Nueva York, N.Y., Estados Unidos de América.

- Janzen, F. J. y Paukstis, G. L. (1991).** Environmental sex determination in reptiles: ecology, evolution and experimental design. *Q. Rev. Biol.* 66: 149–179pp.
- Kamel S. J y N. Mrosovsky. (2006).** Deforestation: Risk of sex ratio distortion in Hawsbill Sea Turtles. *Ecological Applications*. Vol. 16, 923-931 pp. Ecological Society of America
- Kenneth J. L. y S. Johnsen (2000).** The neurobiology of magnetoreception in vertebrate animals. *Trends Neurosci* 23, 153-159.
- Márquez, M. R. (1990).** FAO Species Catalogue. Vol.11 Sea Turtles of the World. An Annotated and illustrated catalogue of sea turtle species known to date. FAO Fisheries Synopsis. No. 125, Vol. 11 Roma. 81 pp.
- Márquez, M.R. (1996).** Las tortugas marinas y nuestro tiempo. *Ciencia/144*. SEP. CONACYT. Fondo de Cultura Económica. 197 pp.
- Márquez- García, A. Z., R. Campos-Verduzco y B. S. Castro. Soriano (2010).** Sedimentología y morfología de l aplaya de anidación para tortugas marinas, El Carrizal, Coyuca de Benítez, Guerrero. *Hidrobiológica* 20 (2): 101-112.
- 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, 639-646pp.
- McGehee, M. A. (1990).** Effects of moisture on eggs and hatchlings of loggerhead sea turtles (*Caretta caretta*). *Herpetologica* 46, 251-258 pp.
- Miller, J.D. (1997).** Reproduction in Marine turtles. In: P.L. Lutz and J.A. Musick (Eds) *The biology of marine turtles..* CRC Press, Washington DC., 51-81pp.
- Miller, J. D., y Limpus, C. J. (1981).** Incubation period. In ‘Proceedings of the Melbourne Herpetological Symposium’. (Eds C. B. Banks and A. A. Martin) 66–73pp.
- Morreale, S. J., Ruiz, G. J., Spotila, J. R. y Standora, E. A. (1982).** Temperature-dependent sex determination – current practices threaten conservation of sea turtles. – *Science* 216: 1245–1247pp.
- Moritz Craig y Rosa Agudo. (2013).** The Future of Species Under Climate Change: Resilience or Decline? *Science* 341, 504; DOI: 10.1126/science.1237190. 1. S. E. Williams, L. P. Shoo, J. L. Isaac,

A. A. Hoffmann, G. Langham, PLoS Biol. 6, e325 (2008). 2. T. P. Dawson, S. T. Jackson, J. I. House, I. C. Prentice, G. M. Mace, Science 332, 53–58.

**Mortimer, J. A. (1990).** The influence of beach sand characteristics on the nesting behavior and clutch survival of green turtles (*Chelonia mydas*), *Copeia* 3, 802–817pp.

**Mrosovsky, N, y C.L. Yntema. (1980).** Temperature dependence of sexual differentiation in sea turtles: implications for conservation practices. *Biological Conservation* 18:271-280pp.

**Mrosovsky, N., Dutton, P. H., y Whitmore, C. P. (1984).** Sex ratios of two species of sea turtle nesting in Suriname. *Canadian Journal of Zoology-Revue Canadienne De Zoologie* 62, 2227-2239pp.

**Mrosovsky, N., Bass, A., Corliss, L., Richardson, J. I., y Richardson, T. H. (1992).** Pivotal and beach temperatures for hawksbill turtles nesting in Antigua. *Canadian Journal of Zoology-Revue Canadienne De Zoologie* 70, 1920-1925pp.

**Mrosovsky N y Yntema C. L. (1995).** Temperature Dependence of Sexual Differentiation in Sea Turtles: Implications for Conservation Practices. In: Bjorndal KA (ed) *Biology and conservation of sea turtles*, Revised edition edn. Smithsonian Institution Press, Washington, D.C, 59–65pp.

**Ortiz-Pérez, M. (1992).** Retroceso reciente de la línea de costa del frente deltático del Río San Pedro; Campeche; Tabasco. *Boletín del Instituto de Geografía.* (25). 7-24 p.

**Oz, M., Erdogan, A., Kaska, Y., Dusen, S., Aslan, A., Sert, H., Yavuz, M. y Tunc, M. R. (2004).** Nest temperatures and sex-ratio estimates of loggerhead turtles at Patara beach on the southwestern coast of Turkey. *Can J. Zool* 82:94-101pp.

**Ozdemir, B. y Turkozan, O. (2006).** Hatching success of original and hatchery nests of the green turtle, *Chelonia mydas*, in northern Cyprus. *Turkish Journal of Zoology* 30, 377-381 pp.

**Ozdemir, A., Turkozan, O. y Guclu, O. (2008).** Embryonic mortality in loggerhead turtle (*Caretta caretta*) nests: a comparative study on Fethiye and Goksu Delta BeacheS *Turkish Journal of Zoology* 32, 287-292 pp.

**Packard, G. C., Tracy, M. J. y Roth, J. J. (1977).** The physiological ecology of reptilian eggs and embryos, and the evolution of viviparity within the Class Reptilia. *Biological Reviews* 52, 71-105 pp.

**Packard, G.C.; Packard, M.J.; Boardman, J.; y Ashen, M.D. (1981).** “Possible adaptive value of water exchange in flexible-shelled eggs of turtles,” *Science* 213:471-473pp.

**Pérez-Castañeda, R., Salum-Fares, A. y O. Defeo. (2007).** Reproductive patterns of hawksbill turtle *Eretmochelys imbricata* in sandy beaches of the Yucatan Peninsula. *J. Mar. Biol. Ass. U. K.*, 87: 815 –824.

**Pieau, C. (1972).** Effets de la température sur le développement des glandes génitales chez les embryons de deux Chéloniens, *Emys orbicularis* L. et *Testudo graeca* L. *C.R. Acad. Sci. Paris*, Vol. 274(D): 719–722pp.

**Pritchard P. y J. Mortimer. (1999).** Taxonomy, external morphology, and species identification. En: Eckert, K.; Bjorndal, K.; Abreu-Grobois, M. and Donnelly, M. (eds.). *Research and Management Techniques for the conservation of Sea Turtles*. Pp: 21-38. IUCN/SSC Marine Turtle Specialist Group Publication, No: 4.

**Rees, A. F. y Margaritoulis, D. (2004).** Beach temperatures, incubation durations and estimated hatchling sex ratio for loggerhead sea turtle nests in southern Kyparissia Bay, Greece. *Testudo* 6, 23-36pp.

**Richardson, J. I., Bell, R. y Richardson, T. H. (1999).** Population ecology and demographic implications drawn from an 11-year study of nesting hawksbill turtles, *Eretmochelys imbricata*, at Jumby Bay, Long Island, Antigua, West Indies. *Chelonian Conservation and Biology* 3 (2): 244-250.

**Rimblot-Baly, F., Lescure, J., Fretey, J. y Pieau, C. (1987).** Sensibilité à la température de la différenciation sexuelle chez la Tortue Luth, *Dermochelys coriacea* (Vandelli, 1761); application des données de l'incubation artificielle à l'étude de la sex ratio dans la nature. *Ann. Sci. Nat. (Zoologie) Paris* 8: 219-236pp.

**Roff, D. (2002).** *Life History Evolution*. Sinauer Associates Inc, Massachusetts. Stearns, S. C. 1992. *The Evolution of Life Histories*. Oxford University Press, Oxford, UK.

**Saba, V. S., Santidrián-T., P., Reina, R. D., Spotila, J. R., Musick, J. A. Evans, D. A. y Paladino F. V. (2007).** The effect of the el Niño Southern Oscillation on the reproductive frequency of eastern Pacific leatherback turtles. *Journal of Applied Ecology*. Vol. 4, 395-404 pp.

**Salame Méndez, A. y Villalpando Fierro, I. (1998).** Diferenciación sexual en vertebrados teorías e hipótesis. *Acta Zool. Mex.* (n.s) 73: 89-110 pp.

**Salazar-Vallejo, S.I. (1998).** Calentamiento global y efectos costeros. *Ava. Cient.*, 25:10-20pp.

**Schaetzl, R. J., Anderson, S. (2005). Genesis and Geomorphology, Cambridge University PressCambridge,UK.**

**Secretaría de la Convención Interamericana para la Protección y Conservación de las Tortugas Marinas (Sría. de la CIT). (2004).** Una Introducción a las Especies de Tortugas Marinas del Mundo. Octubre 2004, San José, Costa Rica.

**Secretaría de la Convención Interamericana para la Protección y Conservación de las Tortugas Marinas (Sría. de la CIT). (2010).** Informe del “Taller Regional sobre la Tortuga Carey en el Gran Caribe y el Atlántico Occidental”. Puerto Morelos, Quintana Roo, México. 23-25 Setiembre 2009. CIT, CITES, SPAW, CONANP, SEMARNAT, WWF. 56 pp.

**Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). (2011).** Ficha de identificación de *Eretmochelys imbricata*.

**Seymour, R. S., y Ackerman, R. A. 1980.** Adaptations to underground nesting in birds and reptiles. *American Zoologist* 20, 437-447pp.

**Solow, A. R., Bjorndal K. A. y Bolten, A. B. (2002).** Annual variation in nesting numbers of marine turtles: the effect of sea surface temperature on re-migration intervals. *Ecology Letters*. Vol. 5, 742-746 pp.

**Spotila, J.R., Standora, E.A., Morreale SJ y Ruitz, G.J. (1987).** Temperature dependent sex determination in green turtle (*Chelonia mydas*): effects on the sex ratio on a natural

**Spotila, J. R. (2004).** A Complete Guide to Their Biology, Behavior, and Conservation. Baltimore: Johns Hopkins University Press.

**Trenberth K. et al., in Climate Change (2007).** The Physical Science Basis, S. Solomon et al., Eds. (IPCC, Cambridge Univ. Press, New York, 2007), pp. 235–336.

**Ugalde, A. (1986).** La temperatura como factor determinante del sexo en la tortuga lora *Lepidochelys olivacea* Eschscholtz. Tesis de licenciatura en biología. Universidad de Costa Rica, Escuela de Biología San Jose. 51pp.

**Valenzuela, N. y V. Lance, Eds. (2004).** Temperature Dependent Sex Determination in Vertebrates. Smithsonian Books. Washington D.C.

**Valverde R., C. M. Orrego, M.T. Tordoir, F. M. Gómez, D. S. Solís, R. A. Hernández, G. B. Gómez, L. S. Brenes, J. P. Baltodano, L. G. Fonseca y J. R. Spotila. (2012).** Olive ridley mass nesting ecology and egg harvest at Ostional beach, Costa Rica. *Chelonian Conservation and Biology*. 11 (1): 1-11.

**Van Dijk, P.P., Iverson, J.B., Rhodin, A.G.J., Shaffer, H.B. y Bour R. (Turtle Taxonomy Working Group) (2014).** Turtles of the world, 7th edition: annotated checklist of taxonomy, synonymy, distribution with maps, and conservation status. In: Rhodin, A.G.J., Pritchard, P.C.H., van Dijk, P.P., Saumure. R. A., Buhlmann, K. A., Iverson, J.B. and Mittermeier, R. A. (Eds.). *Conservation Biology of Freshwater Turtles and Tortoises: A Compilation Project of the IUCN/SSC Tortoise and Freshwater Turtle Specialist Group*. *Chelonian Research Monographs* 5(7):000.329-479, doi:10.3854/crm.5.000.checklist.v7.2014

**Wallace BP, DiMatteo AD, Bolten AB, Chaloupka MY, Hutchinson BJ, et al. (2011).** Global Conservation Priorities for Marine Turtles. *PLoS ONE* 6(9): e24510. doi:10.1371/journal.pone.0024510.

**Wendell Williston S. (1914).** *Water Reptiles of the Past and Present*. University of Chicago Press. Arment Biological Pree, Ladisville, PA. 156 pp.

**Wibbels, T. R., Hillis-Starr, Z. M. y Phillips, B. (1999).** Female-biased sex ratios of hatchling hawksbill sea from a Caribbean nesting beach. *Journal of Herpetology* 33, 142-144pp

**Wilbur Henry M. y P.J. Morin. (1923).** Life History Evolution in Turtles. En *Biology of the Reptilia*. Edited by Carl Gans. Vol. 16. Defense and Life History

**Witzell, W. N. (1983).** Synopsis of biological data on the hawksbill turtle *Eretmochelys imbricata* (Linnaeus, 1766). *FAO Fisheries Synopsis* 137, 1-78 pp.

**Yalcin-Ozdilek, S., Ozdilek, H. G. y Ozaner, F. S. (2007).** Possible influence of beach sand characteristics on green turtle nesting activity on Samandag Beach, Turkey. *Journal of Coastal Research* 23, 1379-1390 pp.

**Zurita G.J., Herrera. R. y Prezas. B. (1993).** Tortugas Marinas del Caribe. Pag: 735-751. *Biodiversidad Marina y Costera de México*. CONABIO. 865 pp.

## 14. ANEXO 1.

### ANIDACIÓN DE *Caretta caretta* EN EL PARQUE NACIONAL ISLA CONTOY

#### INTRODUCCIÓN

Las tortugas *Caretta caretta* también conocidas como Caguama, llegan a anidar a las playas del lado este del Parque Nacional Isla Contoy. Estas tortugas se caracterizan principalmente por el prominente tamaño de su cabeza (hasta 28 cm), presentan dos pares de escamas prefrontales y tres escamas post oculares (Ernst y Barbour, 1989). Poseen grandes mandíbulas, dado a que su alimentación se basa en invertebrados marinos (crustáceos y moluscos principalmente), por lo que convergen en áreas productivas del océano (Ecker, 2000). Los adultos *C. caretta* pesan entre 100 a 150 kg (Ernst y Barbour, 1989). La longitud del caparazón de los adultos es entre los 90 y 110 cm, el caparazón es más ancho anteriormente y más estrecho posteriormente con una quilla en el quinto escudo vertebral y aserraciones en su lado posterior (Ernst y Barbour, 1989; Ecker, 2000). La coloración del caparazón es marrón, el plastrón presenta coloraciones amarillo y café. Los neonatos tienen un caparazón de color café oscuro y café pálido alrededor de los bordes de las aletas. Las extremidades delanteras son relativamente cortas en comparación con las de otras especies y presentan dos uñas en cada aleta (Ecker, 2000; Fig. 14).

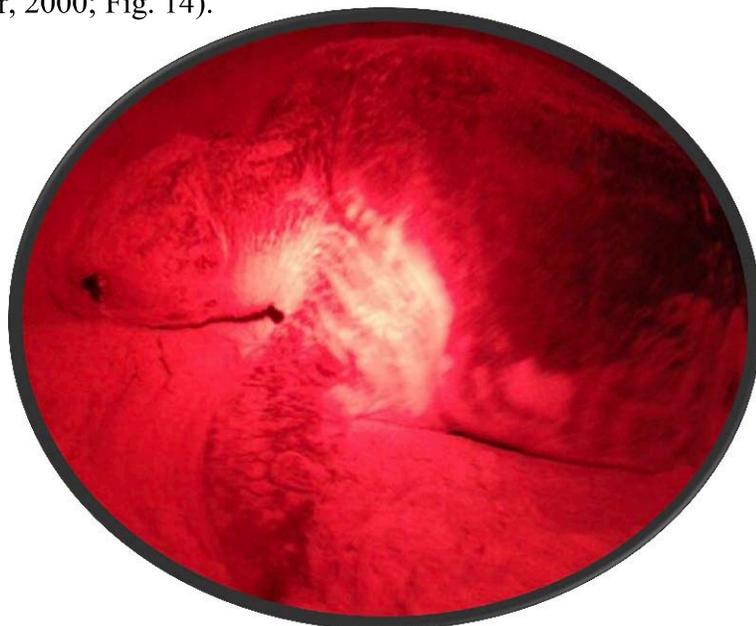


Figura 14. *Caretta caretta* anidando en la playa Dunas del Parque Nacional Isla Contoy

Las tortugas Caguama hacen migraciones de largas distancias entre las áreas de forraje y las áreas de anidación. Estudios que utilizan transmisores satelitales han demostrado que cuando las hembras no están anidando en la costa sureste de los Estados Unidos, se encuentran en las aguas costeras cercanas, así como a lo largo del Golfo de México, la Península de Yucatán, Bahamas y las Antillas Mayores (Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP), 2007). La distribución de *C. caretta* es en los océanos Pacífico, Índico y Atlántico (Ernst y Barbour, 1989). Los sitios de anidación se encuentran principalmente en zonas templadas y los sitios más importantes en el mundo de anidación de *C. caretta* son la Isla Masirah, en Omán, al suroeste de Asia y la costa este de Estados Unidos, en particular Florida, donde anida aproximadamente el 90 % de las tortugas *C. caretta* del océano Atlántico (Ehrhart, 1989).

En México se encuentran agrupaciones de jóvenes y adultos al suroeste de Baja California y dentro del Golfo de California alimentándose, ya que esta área induce una alta productividad y biodiversidad, dando lugar a una gran concentración de langostilla roja (*Pleuroncodes planipes*) que es una de las principales fuentes de alimento de la tortuga Caguama. Esta población de *C. caretta* se alimenta en el mar mexicano y anida en el archipiélago de Japón (Comisión Nacional para el conocimiento y uso de la Biodiversidad (CONABIO), 2012). En el océano Atlántico mexicano *C. caretta* llega a los estados de Quintana Roo y en menor medida a Campeche y Yucatán y aunque no es frecuente encontrarla dentro del Golfo de México ocasionalmente llega a playas de Veracruz y Tabasco (CONABIO, 2012).

Las tortugas caguamas alcanzan la madurez sexual entre los 12 a 30 años (Wirbur y Morin, 1923) y se reproduce normalmente cada dos a cuatro años, pudiendo variar, según las condiciones del alimento disponible y retrasarse un año o hasta nueve años (CONANP, 2007). *C. caretta* anida entre cuatro y siete veces por temporada en intervalos de 12 a 15 días y prefieren playas abiertas para desovar, generalmente protegidas por arrecifes y barreras rocosas en zonas de relativa baja profundidad (CONANP, 2007). El tamaño promedio de la nidada de *C. caretta*, varía desde 64 - 200 huevos (Ernst y Barbour, 1989). La temperatura pivote de *C. caretta* es de 29.3 ° C (Mrosovsky et al, 2002). Las temperaturas de incubación entre 24 y 26 ° C producen machos y entre 32 a 34 ° C producen hembras, fuera de esos rangos los huevos pueden no ser viables (CONABIO, 2012). El periodo de incubación es desde 45 días en áreas cálidas y hasta 70 días en temperaturas más bajas (CONABIO, 2012).

La Lista Roja de la Unión Mundial para la Naturaleza (UICN) categoriza a las tortugas *C. caretta* en peligro, la lista de las Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Flora y Fauna Silvestres (CITES) incluye a las tortugas *C. caretta* en el Apéndice I y la NOM 059-SEMARNAT ubica a las tortugas Caguamas en peligro de extinción (CONABIO, 2012). Las amenazas principales a las tortugas caguamas son el desarrollo costero, la contaminación marina y las pesquerías comerciales, principalmente camaroneras de arrastre (Dick, 2005).

## **MÉTODOS**

Los métodos utilizados para el registro de anidación y de incubación de las tortugas *C. caretta* en el Parque Nacional Isla Contoy fueron iguales a los ya mencionados para la especie *E. imbricata*.

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN.**

En el Parque Nacional Isla Contoy se registró solo una tortuga *C. caretta* durante nuestro trabajo (2 meses) el día 25 de mayo del 2014. El tamaño del caparazón de la tortuga registrada fue de longitud 97 cm y de ancho 87 cm, dichas medidas concuerdan con las reportadas por Ecker (2000). La tortuga caguama se encontró anidando en la Playa Dunas, esta playa presenta una longitud de 1750 m. La tortuga registrada anido entre la primer y segunda terraza, la cual presentaba un ancho de la playa de 7.99 m ( $\pm 5.34$ ) y una pendiente de 11.35 ° de inclinación, lo cual concuerda con los reportes de la CONABIO, (2012) donde mencionan que las tortugas *C. caretta* anidan en zonas con poca pendiente (5 y 10 ° de inclinación) y en la primer berma de la marea (Márquez, 1996). La temperatura promedio de la playa Dunas para el mes de mayo fue de 30.84 ° C ( $\pm 6.73$ ), para el mes de junio fue de 26.48 ° C ( $\pm 5.6$ ) y para el mes de julio (tiempo estimado para la eclosión de las tortugas, Zurita y Miranda, 1993) fue de 30.05 ° C ( $\pm 5.53$ ).

La tortuga *C. caretta* anido a 12 metros de distancia a la marea y a 11.3 metros de distancia a la vegetación más próxima. La temperatura de la arena en la que la tortuga realizo su cámara de incubación en el interior fue de 27.2 ° C y en la superficie de la cámara 24.9 ° C. La humedad interna de la cámara de anidación fue de 6.95 % y la humedad externa de la cámara de anidación fue de 5.32 %. La tortuga deposito 95 huevos, los cuales fueron en menor cantidad a las nidadas reportadas por CONABIO (2012; 100-130 huevos), la longitud promedio de los huevos fue de 42.07 ( $\pm 0.44$ ) mm y el peso promedio de los huevos fue de 43.05 ( $\pm 1.01$ ) g. La profundidad de la cámara de anidación

fue de 37.5 cm a partir del último huevo ovipositado, lo cual está dentro del promedio de las profundidades de los nidos de esta especie (Steinitz et al, 1998). El tiempo que tardó la tortuga en anidar fue de 40 min y su rastro midió 17 metros en total (rastros de salida del mar, cama de anidación y rastro del regreso al mar). La tortuga *C. caretta* registrada mostró características similares de anidación a las ya reportadas por diversos trabajos como el de Márquez, (1996), Steinitz et al. (1998), Ecker (2000) y Mrosovsky (2012), con lo que podemos intuir que la anidación de esta especie tiene poca variabilidad entre las distintas regiones en la que anida la tortuga caguama.

El nido se revisó a 50 días de la deposición de los huevos, lo cual concuerda con el periodo de incubación de esta especie, en Yucatán que es de 54 - 55 días (Zurita y Miranda, 1993). El nido se encontró destruido por la posterior anidación de otra tortuga de la especie *Chelonia mydas*, solo encontrando 10 cascarones y 6 neonatos muertos (probablemente por desecación ya que se encontraban en estado de momificación), los neonatos se encontraban ya desarrollados por lo que la destrucción del nido fue a finales de su periodo de incubación. La temperatura promedio de la playa Dunas durante la incubación de este nido fue de 31.19 ° C (± 2.13) y la temperatura promedio del nido fue de 30.20 ° C (± 2.05; Fig. 15).

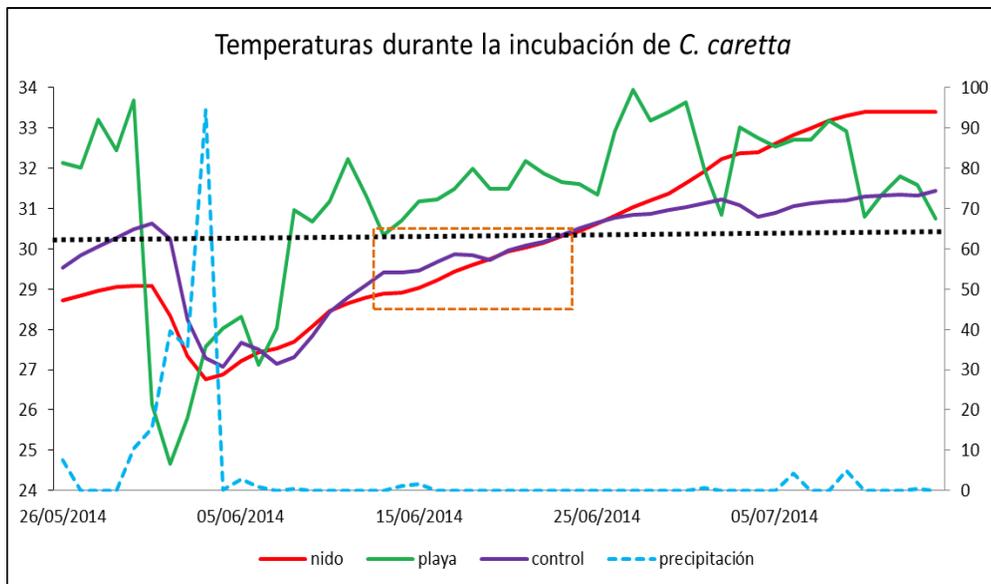


Figura 15. Temperatura durante el periodo de incubación de *Caretta caretta*, tanto del nido (línea roja), de la playa Dunas (línea verde) y del control (línea morada). Precipitación de la zona (Estación meteorológica de Cancún; línea punteada azul). Temperatura pivote, marcada por la línea punteada negra y el periodo termo sensible, marcado con el rectángulo punteado.

Cuadro 8. Temperatura promedio,  $\pm$ DE e intervalos de temperatura entre paréntesis, registrada en el nidos, en la arena enterrada a la misma profundidad del nido (control) y en la superficie del nido (playa) durante todo el periodo de incubación, previo al periodo termo sensible (pre-PTS), durante el PTS y después del periodo termo sensible (post-PTS) en el nido de *Caretta caretta*.

Temperatura promedio (°C)				
	Periodo de incubación	Pre PTS	PTS	Post-PTS
Temperatura del nido durante la incubación de los neonatos	30.20 $\pm$ 2.04 (33.4- 26.77)	28.12 $\pm$ 0.80 (29.07- 26.7)	29.89 $\pm$ 0.77 (31.21- 30.34)	32.73 $\pm$ 0.68 (33.40- 31.35)
Temperatura de la arena a la profundidad del nido durante la incubación de los neonatos	30.77 $\pm$ 1.5 (32.43 - 27.06)	29.08 $\pm$ 1.19 (30.63 - 27.06)	31.14 $\pm$ 0.53 (31.95 - 30.41)	32.17 $\pm$ 0.17 (32.43- 31.8)
Temperatura en la superficie de la arena durante la incubación de los neonatos	31.19 $\pm$ 2.11 (33.93 - 24.65)	29.65 $\pm$ 2.84 (33.69-24.65)	31.75 $\pm$ 0.89 (33.93 - 30.34)	32.24 $\pm$ 0.96 (33.64 -30.73)

La temperatura de la playa fue mayor y con una mayor oscilación comparada con la temperatura del nido ( $F_2=4.007$ ,  $p<0.05$ ), mientras que no hubo diferencia entre la temperatura del nido y del control, así como tampoco se encontraron diferencias entre la temperatura de la playa y del control durante todo el periodo de incubación de los neonatos, lo cual indica que la temperatura en el nido se mantiene más constante durante la incubación.

El inicio de la incubación (previa al periodo termo sensible) no tuvo diferencia entre la temperatura del nido y entre la temperatura del control, ni entre la temperatura de la superficie de la arena en la playa de anidación ( $F_2=4.10$ ,  $p=0.124$ ). En el periodo termo sensible (donde se da la proporción sexual de los neonatos) la temperatura del nido fue menor y con una menor oscilación que la temperatura tanto de la superficie de la arena ( $F_2=10.25$ ,  $p<0.001$ ), como de la temperatura control ( $F_2=6.89$ ,  $p<0.001$ ). La temperatura después del periodo termo sensible fue más oscilante en el nido

que en el control ( $F_2=3.66$ ,  $p<0.05$ ), ya que este fue destruido al final del periodo de incubación y por lo tanto quedo expuesto a las variaciones ambientales quitando el efecto de amortiguamiento que se presenta a cierta profundidad (Glen y Mrosovsky, 2004).

La temperatura promedio en el periodo termo sensible fue de  $29.50\text{ }^\circ\text{C}$  ( $\pm 0.54$ ) y de acuerdo a la temperatura pivote registrada para esta especie que es de  $29.3\text{ }^\circ\text{C}$  (Mrosovsky et al, 2002), se calcula que este nido de *C. caretta* mantuvo una proporción sexual de 53.2 % de hembras, lo cual es una proporción más baja de hembras, comparada con los trabajos realizados por Marcovaldi, (1996) quienes obtuvieron una proporción sexual de 82.5 % hembras en las crías de *C. caretta* en Brasil y en el trabajo de Mrosovsky y Provanha (1989), quienes documentaron que el 90 % de los neonatos eclosionados en Florida, Estados Unidos fueron hembras.

## REFERENCIAS

**Bagley D., Cascio T, Owen R., Johnson S. y Ehrhardt L. (1994).** Marine Turtle Nesting at Patrick Air Force Base, Florida; 1987-1993. Trends and Issues, In: Bjorndal, K. A. Bolten, A. B. Johnson D. y Elizar P. Proceedings of the Fourteenth Annual Symposium on Sea Turtle Biology and Conservation. Technical Memorandum NMFS-SEFC-351, National Oceanic and Atmospheric Administration, Washington, D. C., pp. 180-181.

**Comisión Nacional para el conocimiento y uso de la Biodiversidad (CONABIO; 2012).** Fichas de especies prioritarias. Tortuga Caguama (*Caretta caretta*) Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México D.F.

**Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP; 2007).** Reunión Nacional sobre Conservación de Tortugas Marinas. 25 al 28 de Noviembre, 2007, Ver. Veracruz. Libro de Resúmenes.

**Dick B. (2005)** Secretaría de la Convención Interamericana para la Protección y Conservación de las Tortugas Marinas (Sría. de la CIT), San José, Costa Rica.

**Ecker, K. L., K. A. Bjorndal, F. A. Abreu-Grobois y M. Donnelly (2000):** Pritchard, P.C.H. y J.A. Mortimer. Taxonomía, Morfología Externa e Identificación de las Especies, p. 21-38. En Ecker K. L.

Técnicas de Investigación y Manejo para la Conservación de las Tortugas Marinas. Grupo Especialista en Tortugas Marinas UICN/CSE Publicación N. 4.

**Ehrhart L. M. (1989).** Status report on the loggerhead turtle. En: Ogren L. Proceeding of the second Western Atlantic Turtle Symposium, NOAA Technical Memorandum NMFS-SEFC-226, pp. 122-144.

**Ernst H. Carl y R. W. Barbour. (1989).** Turtles of the World. Smithsonian Institution Press. Washington, D.C. and London.

**Glen F. y Mrosovsky N. (2004).** Antigua revisited: the impact of climate change on sand and nest temperatures at a hawksbill turtle (*Eretmochelys imbricata*) nesting beach. *Global Change Biology* 10, 2036-2045pp.

**Marcovaldi M. A., M.H. Godfrey y N. Mrosovsky. (1997).** Estimating sex ratios of loggerhead turtles in Brazil from pivotal incubation durations. *Can. J. Zool.* Vol. 75.

**Mrosovsky N. y Provancha (1989).** Sex ratio of hatchling loggerhead sea turtles: data and estimates from a 5-year study. *Can. J. Zool.* 70:530-538

**Mrosovsky N., S. Kamel, A. Rees y D. Margaritoulis. (2002).** Pivotal temperatura for loggerhead turtles (*Caretta caretta*) for Kyparissia Bay, Greece. *Can. J. Zool.* 80: 2118-2124.

**Steinitz M. J., M. Salmon y J. Wyneken, (1998).** Beach Renourishment and Loggerhead Turtle Reproduction: A seven year study at Jupiter Island, Florida. *Journal of Coastal Research.* 14: 3. Pp. 1000-1013.

**Wilbur Henry M. y P.J. Morin. (1923).** Life History Evolution in Turtles. En *Biology of the Reptilia*. Edited by Carl Gans. Vol. 16. Defense and Life History

**Zurita J. C. y Miranda J. L. (1993).** Comité de protección de las tortugas marinas en la Isla de Cozumel. In *Memorias del IV taller regional sobre programas de conservación de tortugas marinas en la península de Yucatán*. Edited by J. Frazier. Universidad Autónoma de Yucatán, Mérida, México. Pp. 159-168.

## 15. ANEXO 2

### ANIDACIÓN DE *Chelonia mydas* EN EL PARQUE NACIONAL ISLA CONTOY

#### INTRODUCCIÓN

Las tortugas *Chelonia mydas*, comúnmente llamadas tortuga verde o blanca, llegan a anidar en el lado este del Parque Nacional Isla Contoy. Los adultos pesan hasta 230 kg y tienen tallas de medianas a largas con un promedio de longitud de caparazón de 153 cm (Ernst y Barbour, 1989). El caparazón es de color olivo a marrón, a veces moteado o con formas radiales en sus patrones y muy variable en los adultos, presenta cinco escudos vertebrales y cuatro pares de escudos costales, sin quilla y aserrado al posterior (Ernst y Barbour, 1989). El color del plastrón es crema blancuzco a amarillo claro. Las aletas presentan una uña. La cabeza es redondeada y se caracteriza por un pico con filos dentados y un par de escamas pre frontales y cuatro escamas post orbitales ((Ernst y Barbour, 1989; Ecker, 2000; Fig. 16a). Las crías de *C. mydas* pesan alrededor de 26 gr y 5 cm de longitud de caparazón. El plastrón es de color blanco cremoso (Fig. 16 b).



Figura 16. a) Tortuga *Chelonia mydas* nadando junto a las playas de anidación del Parque Nacional Isla Contoy. b) Neonato de *C. mydas*.

La alimentación de *C. mydas* desde su nacimiento hasta su etapa como jóvenes es omnívora y oportunista en la superficie del océano (Carr, 1986). Los jóvenes al alcanzar tallas de longitud de caparazón aproximadamente 20-25 cm se trasladan a la costa donde cambian su alimentación a una dieta

herbívora (Bjorndal y Bolten, 1988). El hábito de alimentación vegetariano-bentónico de *C. mydas* es único entre las tortugas marinas, siendo *Thalassia testudinum* el principal alimento de las poblaciones del Caribe (Mortimer, 1976). Los pastos marinos han disminuido desde los años 80's, siendo la eutrofización, erosión, sedimentación, acuicultura, sobre pesca e incremento de las enfermedades la principal causa de su disminución, estimándose que 51 000 km<sup>2</sup> de pastos marinos han desaparecido (Botello et al. 2010), por lo que también se podrían estar afectado a las poblaciones de *C. mydas* por ser su principal fuente de alimentación.

La tortuga verde es una especie circunglobal y se encuentra en aguas tropicales y subtropicales (CONANP, 2011). Los neonatos pasan varios años en mar abierto, llegando a dispersarse ampliamente por corrientes oceánicas (Ecker, 2000). Estudios genéticos muestran que las hembras maduras regresan a su playa natal para anidar a lo largo de su vida reproductiva (Meylan et al, 1990). Machos y hembras realizan largas migraciones estacionales que a menudo abarcan miles de kilómetros, ya que durante el ciclo de vida de *C. mydas* los organismos de una misma población pueden atravesar una cuenca oceánica entera (Luschi et al. 1998).

La mayor agregación de forrajeo de jóvenes y adultos de *C. mydas* se encuentra en las extensas praderas de pastos marinos a lo largo de la costa del Caribe de Nicaragua, Costa Rica y Venezuela. Las agregaciones menores se han documentado en Florida, la Península de Yucatán, Panamá, la península de la Guajira de Colombia, las Antillas Menores, Puerto Rico, Cuba, Jamaica, Gran Caimán, Bermuda y el sur de Bahamas (Carr et al. 1982).

La madures sexual de *C. mydas* en el Caribe mexicano se alcanza entre los 11 y 16 años de edad (Negrete, 2006). Las hembras grávidas tardan alrededor de dos y media horas en la playa durante el proceso de anidación con intervalos de 12 a 15 días durante la temporada, teniendo un promedio de tres nidadas (CONANP, 2011). Los eventos de anidación suceden en un intervalo de dos a tres años (CONANP, 2011) y el tamaño de la nidada varía, teniendo un tamaño promedio de 110-130 huevos con un diámetro promedio de 40-46 mm ((Ernst y Barbour, 1989; CONANP, 2011). El tiempo de incubación es de 60 a 65 días (Zurita et al., 1993).

*Chelonia mydas* a lo largo de la historia ha sido apreciada por su carne y huevos (Parsons, 1962), así como el uso de sus caparazones. Las poblaciones de *C. mydas* están siendo agotadas y algunas se encuentran localmente extintas, debido al uso no sustentable en todo el Caribe, por lo que es considerada

en Peligro de extinción en todo su rango de distribución por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN), registrándose una disminución global de más del 50 % en menos de tres generaciones (Seminoff, 2004). La Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES) considera a *C. mydas* en los apéndices I y II y la clasifica como una especie en peligro de extinción. En México la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) a través de la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP), el Instituto Nacional de Ecología (INE), la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA) y la Dirección General de Vida Silvestre (DGVS) han declarado a *C. mydas* como una especie en peligro de extinción, sin embargo varios individuos siguen siendo víctimas de la pesca ilegal y la recolección de huevos.

## MÉTODOS

Los métodos empleados para el registro de la anidación de *Chelonia mydas* (Fig. 17), así como la influencia de las variables ambientales sobre las incubaciones, el éxito de eclosión y la proporción sexual de los neonatos se desarrollaron como lo ya explicado en el apartado de *Eretmochelys imbricata*.



Figura 17. Rastro y nido de *Chelonia mydas* (izquierda) y hembra *C. mydas* anidando en las playas del Parque Nacional Isla Contoy (derecha).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

Las tortugas *C. mydas* solo se registraron en el lado este de Isla Contoy. Las playas del lado este de Isla Contoy son más extensas y con mayor pendiente que las playas ubicadas en el lado oeste, estas características concuerdan con los registros de anidación de esta especie (Márquez, 1996). Las tallas de las tortugas *C. mydas*, mostró un largo promedio del caparazón de 101.2 cm ( $\pm 2.86$ ) y un ancho

promedio del caparazón de 89.8 cm ( $\pm 5.59$ ), dichas tallas son similares a las tallas reportadas para la misma especie en el estado de Quintana Roo (CONANP, 2011).

Las tortugas registradas anidaron principalmente en la tercer terraza, cerca de la vegetación (2.23 m,  $\pm 3.17$ ), principalmente cerca de la especie *Suriana maritima*, lo cual difiere con lo reportado por Márquez, (1996), quien menciona que estas tortugas suben hasta la segunda terraza, siempre buscando espacios libres de vegetación. La principal causa de que las tortugas registradas anidaran en la tercer terraza es porque se sesgo el trabajo hacia estas características de anidación, con el propósito de salvar los sensores de temperatura, ya que las tortugas que anidaban en la segunda terraza tenían una mayor probabilidad de que sus nidos sean destruidos por la posterior anidación de otras *C. mydas*.

El promedio de los huevos depositados fue de 127 ( $\pm 13.86$ ), los cuales concuerdan con los datos obtenidos en la CONANP (2011), el diámetro de los huevos registrados en este trabajo también tienen un promedio de diámetro de 44.54 mm ( $\pm 0.90$ ) y un peso promedio de 50.92 g ( $\pm 2.99$ ). Hirth, (1997) y Bjorndal y Carr (1989) ha reportado que existe una relación entre el tamaño de la nidada y la longitud del caparazón de la hembra anidadora, sin embargo en este trabajo no se encontró dicha relación ( $R^2=0.23$ ,  $p=0.407$ ). La temperatura de la arena del interior de la cámara de anidación se relaciona con la temperatura de la arena superior ( $R^2=0.93$ ,  $p=0.007$ ), no obstante fue la única relación que se encontró entre las distintas variables ambientales (Cuadro 9).

Cuadro 9. Características de anidación de *Chelonia mydas* en Isla Contoy

	Playa	Temp. nido	Temp. sup.	Hum. int.	Hum. sup.	Dist. veg.	Dist. marea	N.de huevos	largo	ancho	Prof. total	último huevo
7/2014	Las Cruces	28.5	27.7	4.59	1.02	6.93	10.35	120	98	82	50	20
7/2014	Punta Sur	29.2	27.5	8.34	3.28	0.98	23.4	138	101	87	66	24
7/2014	Faro	32.26	29.5	3.42	1.21	0	21.95	145	105	94	69	25
7/2014	Dunas Norte	30.2	28.2	6.14	1.33	1	28.95	120	99	90	67	20
9/2014	Cruces	28.5	27.5	5.41	4.98	7.96	18.95	112	103	96	60	34

Último huevo: Profundidad desde el último huevo ovipositado hasta la superficie del nido

La temperatura promedio del nido registrado en Punta Sur fue de 30.93 ° C ( $\pm 0.93$ ), siendo mayor esta temperatura que la del control (29.95 ° C  $\pm 0.69$ ) y con una oscilación menor de la temperatura ( $F_2=64.51$   $p<0.001$ ; Cuadro 10; Fig. 18a), indicando que los nidos actúan como amortiguadores para los huevos incubados ante las variaciones abruptas del ambiente. La temperatura promedio de la arena en la superficie de la playa fue de 34.54 ° C ( $\pm 2.95$ ) y con una oscilación en las temperaturas de 11.84 ° C.

El nido registrado en la playa Faro no tuvo diferencias entre las temperaturas del nido, el control y la superficie de la arena durante todo el tiempo de incubación ( $F_2=2.484, p=0.289$ ). La temperatura del nido previas al periodo termo sensible (pre-PTS) fueron menores en un grado centígrado a la temperatura de la superficie de la arena y a las del control ( $F_2=6.262, p<0.005; F_2=317, p<0.005$ ). La temperatura del control tuvo una menor oscilación en la temperatura. La temperatura durante el PTS tuvo una mayor oscilación en la playa que en el control ( $F_2=3.56, p<0.005$ ). La temperatura posterior al PTS fue mayor en el nido que en la arena superficial y el control ( $F_2=8.34, p<0.005; F_2=409, p<0.005$ ), posiblemente a que al final del periodo de incubación hubo mucha precipitación, por lo que el calor metabólico de los embriones mantuvo el calor interno del nido (Cuadro 10; Fig. 18b).

El nido registrado en septiembre en la playa Cruces no mostro diferencias entre la temperatura del nido, la temperatura del control y la temperatura en la superficie de la playa ( $F_2=0.409, p=0.815$ ). Tampoco tuvo diferencias en las temperaturas previas al PTS ( $F_2=5.530, p=0.063$ ), durante el PTS ( $F_2=1.589, p=0.388$ ) y posteriores al PTS ( $F_2=1.479, p=0.477$ ), posiblemente por la abundante lluvia (Cuadro 10; Fig. 18c).

Cuadro 10. Temperatura promedio,  $\pm$  DE e intervalos de temperatura entre paréntesis, tanto en del nido, en el control y en la arena superficial de las playas. Durante la temperatura previa al PTS (Pre-PTS), en el Periodo Termo Sensible (PTS) y posterior al PTS (Post-PTS) en los nidos de *Chelonia mydas*.

Nido	Pre- PTS			PTS			Post PTS		
	Nido	Control	Playa	Nido	Control	Playa	Nido	Control	Playa
Punta Sur	29.94 $\pm$ 0.24 (30.43-29.50)	30.10 $\pm$ 0.26 (30.41-29.36)	36.61 $\pm$ 2.43 (38.99-29.58)	30.78 $\pm$ 0.37 (31.37-30.14)	30.56 $\pm$ 0.49 (31.54-28.67)	35.43 $\pm$ 0.94 (37.16-34.04)	32.08 $\pm$ 0.27 (32.43-31.44)	29.21 $\pm$ 0.37 (29.78-28.48)	31.58 $\pm$ 2.56 (35.54-27.15)
Faro	32.68 $\pm$ 0.74 (33.23-29.86)	33.28 $\pm$ 0.69 (33.67-30.96)	33.81 $\pm$ 1.04 (35.30-30.93)	33.97 $\pm$ 0.64 (34.97-33.12)	33.53 $\pm$ 0.40 (34.16-32.28)	33.55 $\pm$ 1.95 (35.14-28.55)	33.19 $\pm$ 0.70 (34.46-31.98)	30.97 $\pm$ 0.42 (31.66-29.97)	29.79 $\pm$ 1.63 (32.06-26.49)
Cruces Sep.	30.5 $\pm$ 0.48 (31.12-29.3)	30.36 $\pm$ 0.23 (30.74-29.93)	30.90 $\pm$ 1.53 (32.95-27.32)	28.06 $\pm$ 1.32 (31.42-25.91)	28.54 $\pm$ 0.71 (30.05-27.34)	28.15 $\pm$ 1.36 (30.26-25.55)	27.47 $\pm$ 1.81 (30.02-24.6)	27.82 $\pm$ 0.45 (28.62-27)	28.24 $\pm$ 1.67 (30.3-25)

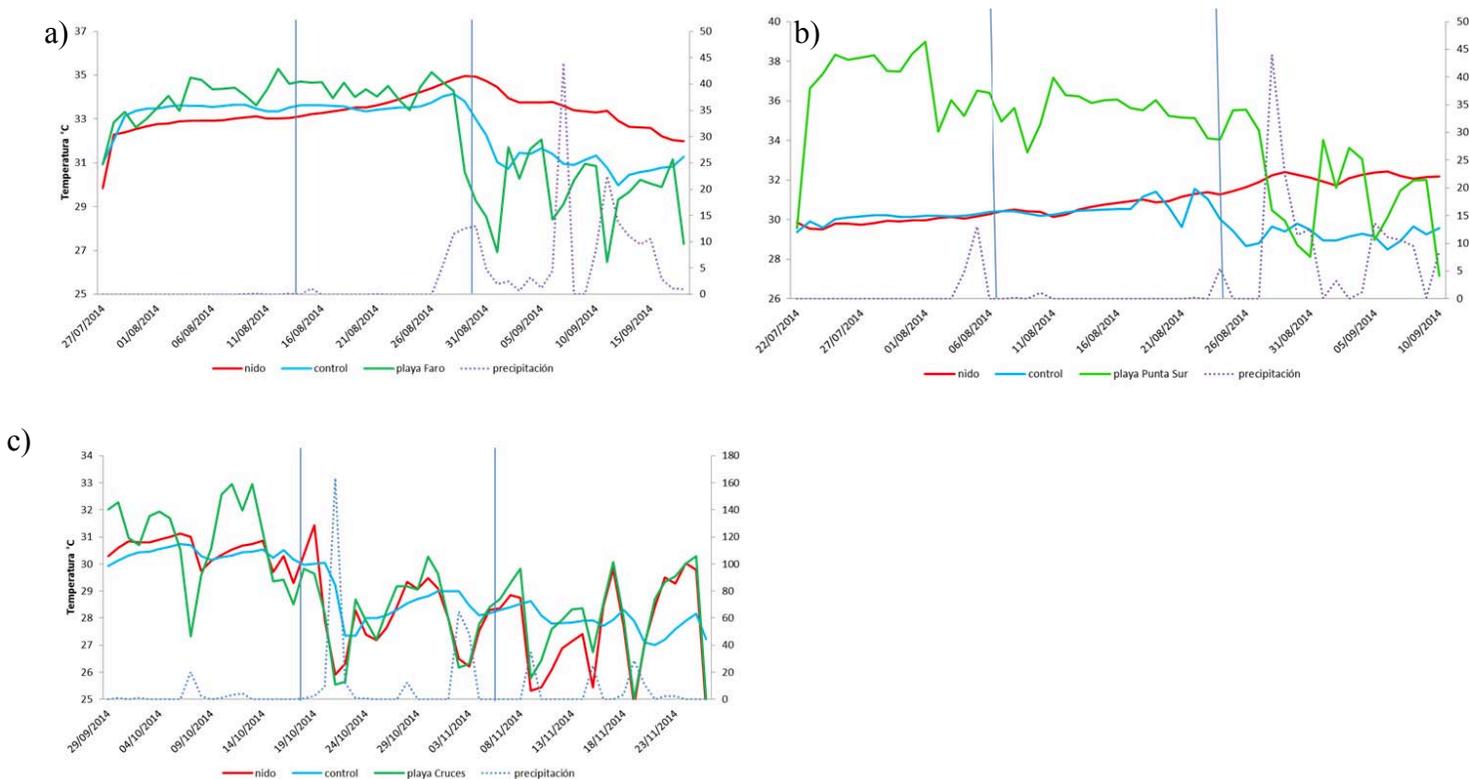


Figura 18. Temperatura de incubación de *Chelonia mydas* en las playas Faro (a) y Punta Sur (b) durante el periodo de incubación de julio a septiembre y temperatura de incubación del nido en la playa Cruces (c) durante el periodo de septiembre a noviembre. Las líneas horizontales azules indican el pre PTS, el PTS y el post PTS durante la incubación de los nidos.

El porcentaje de eclosión de los nidos que registramos durante el mes de julio fue de 46 %, debido a que dos de los cuatro nidos fueron destruidos por la posterior anidación de otras tortugas de la misma especie. Los nidos en las playas Punta sur y Faro registrados en el mes de julio tuvieron un porcentaje de eclosión de 97 % y 87 % respectivamente. El nido registrado en el mes de septiembre tuvo un éxito de eclosión del 72 %, mostrando que el éxito de eclosión es alto si no existiera la destrucción de los nidos por la posterior anidación de otras tortugas *C. mydas*.

El porcentaje sexual en los nidos que registramos se estimó de acuerdo a las temperaturas de incubación y los registros de las proporciones sexuales de Godfrey, (1997) y Godfrey y Mrosovsky (2006), mediante el software TSD. Los nidos con el periodo de incubación en los meses de julio a septiembre en las playas Punta Sur y Faro tuvieron una temperatura promedio durante el periodo termo sensible de 30.78 ° C y 33.97 ° C respectivamente, ocasionando que el porcentaje de hembras en el nido de Punta Sur fuera de 91 % y en el nido de la playa Faro el porcentaje de hembras fuera de un 99 %, debido a que la temperatura

pivote para esta especie se encuentra entre los 29.2 ° C a 29.3 ° C. El nido con el periodo de incubación en los meses de septiembre a noviembre, en la playa Cruces la temperatura promedio del periodo termo sensible fue de 28.06 ° C, produciendo un 9 % de hembras (Fig. 19).

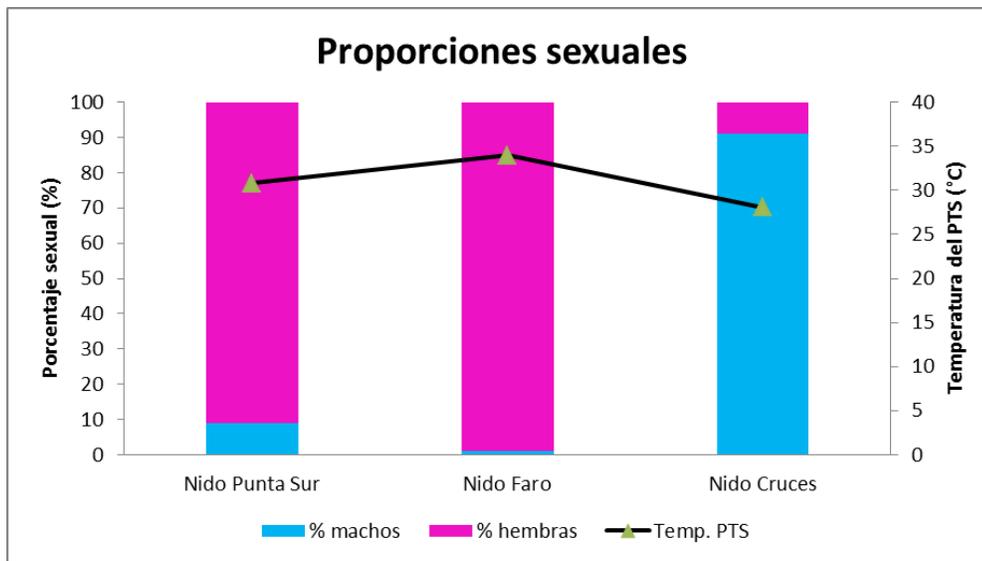


Figura 19. Porcentaje sexual en los nidos de *Chelonia mydas*, mostrando el promedio de la temperatura del periodo termo sensible (°C) en la línea negra. La región rosada marca el porcentaje de hembras y la región azul marca el porcentaje de machos. El nido Punta Sur y Faro se registraron en el periodo de incubación de julio-septiembre y el nido Cruces se registró en el periodo de incubación de septiembre a noviembre.

La temperatura durante el periodo termo sensible difiere en los distintos periodos de incubación ( $F_2=45.604$ ,  $p<0.001$ ), proporcionando distintos porcentajes sexuales. La mayor proporción de hembras se obtuvo durante el periodo de incubación de julio a septiembre y la mayor proporción de machos se obtuvo durante el periodo de incubación de septiembre a noviembre (Fig. 18). Este estudio muestra como los cambios estacionales modifican las proporciones sexuales en los neonatos de *C. mydas*, al igual que lo mostró el trabajo de Mrosovsky et al. (1984). Los cambios estacionales podrían ocasionar que la proporción sexual de esta población no sea sesgada hacia las hembras, debido a que los nidos durante el periodo de incubación de julio a septiembre tienen un mayor porcentaje de hembras, pero hay un éxito de eclosión menor, debido principalmente a que varios nidos durante estos meses fueron destruidos por la posterior anidación de las tortugas *C. mydas*, ya que son más abundantes en el mes de junio y julio (CONANP, 2011). Los nidos con el periodo de incubación de septiembre a noviembre tienen un mayor porcentaje de machos y tienen un mayor éxito de eclosión, ya que estos nidos corren menos riesgo a que

sean destruidos por otras tortugas de la misma especie, logrando así mantener las proporciones sexuales estables en la población.

## REFERENCIAS

**Balazs, G. H. (1982).** Growth rates of immature green turtles in the Hawaiian Archipelago, pp. 117-125. *In:* K.A. Bjorndal (ed.), *Biology and Conservation of Sea Turtles*. Smithsonian Institution Press, Washington D.C. 583pp.

**Bjorndal, K. A. y A. B. Bolten. (1988).** Growth rates of immature green turtles, *Chelonia mydas*, on feeding grounds in the southern Bahamas. *Copeia* 1988 (3):555- 564pp.

**Bjorndal, K. A. y A. Carr. (1989).** Variation in clutch size and egg size in the green turtle nesting population at Tortuguero, Costa Rica. *Herpetologica* 45(2):181-189pp.

**Botello, A. V., S. Villanueva-Fragoso, J. Gutiérrez y J. L. Rojas Galaviz. (2010).** Vulnerabilidad de las zonas costeras Mexicana ante el cambio climático. Gobierno del Estado de Tabasco. SEMARNAT-INE, UNAM-ICMyL, Universidad Autónoma de Campeche. 514 p.

**Carr, A. (1986).** New perspectives on the pelagic stage of sea turtle development. NOAA Tech. Memo. NMFSSEFC- 190. U.S. Dept. Commerce. 36pp.

**Carr, A., M. H. Carr y A. B. Meylan. (1978).** The ecology and migrations of sea turtles, 7. The West Caribbean green turtle colony. *Bulletin of the American Museum of Natural History* 162(1):1-46pp.

**Carr, A. y A. B. Meylan. (1980).** Evidence of passive migration of green turtle hatchlings in *Sargassum*. *Copeia* 1980(2):366-368pp.

**Carr, A., Meylan, J., Mortimer., Bjorndal, K. y Carr. T. (1982).** Surveys of sea turtle populations and habitats in the Western Atlantic. U. S. Department of Commerce NOAA Tech. Memo. NMFS-SEFC-91. 91pp.

**CONANP, Dirección general de operación regional, Dirección de especies prioritarias para la conservación y Programa Nacional de Conservación de Tortugas Marinas. (2011).** Programa de acción para la conservación de la especie: Tortuga verde/negra, *Chelonia mydas*

**Eckert, K. L., K. A. Bjorndal, F. A. Abreu- Grobois y M. Donnelly. (2000).** *Técnicas de Investigación y Manejo para la Conservación de las Tortugas Marinas*. Grupo Especialista en Tortugas Marinas UICN/CSE Publicación N. 4.

**Ernst H. Carl y R. W. Barbour. (1989).** *Turtles of the World*. Smithsonian Institution Press. Washington, D.C. and London.

**Frazer, N. B. y L. M. Ehrhart. (1985).** Preliminary growth models for green, *Chelonia mydas*, and loggerhead, *Caretta caretta*, turtles in the wild. *Copeia* 1985(1):73-79pp.

**Frazer, N. B. y R. C. Ladner. (1986).** A growth curve for green sea turtles, *Chelonia mydas*, in the U.S. Virgin Islands, 1913-14. *Copeia* 1986(3):798-802pp.

**Glen F. y Mrosovsky N. (2004).** Antigua revisited: the impact of climate change on sand and nest temperatures at a hawksbill turtle (*Eretmochelys imbricata*) nesting beach. *Global Change Biology* 10, 2036-2045pp.

**Godfrey, M. H. (1997).** Sex ratios of sea turtle hatchlings: direct and indirect estimates. In Graduate Department of Zoology, PhD thesis, Graduate Department of Zoology, University of Toronto.

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

**Groombridge, B. y R. Luxmoore. (1989).** *The Green Turtle and Hawksbill (Reptilia: Cheloniidae): World Status, Exploitation and Trade*. CITES Secretariat, Lausanne,

**Hirth, H. F. (1997).** Synopsis of the Biological Data on the Green Turtle, *Chelonia mydas*. *Biological Report* 97(1):1-129pp.

**Limpus, C. J. y D. G. Walter. (1980).** The growth of immature green turtles (*Chelonia mydas*) under natural conditions. *Herpetologica* 36(2):162-165pp.

**Luschi P., Hays GC, Del sepia C., Marsh R. Papi F. (1998).** The navigational feats of green sea turtles migrating from Ascension Island investigated by satellite telemetry. *Proceedings of the Royal Society of London Series B-Biological Sciences* 265: 2279-2284.

**Márquez, M.R. (1996).** Las tortugas marinas y nuestro tiempo. Ciencia/144. SEP. CONACYT. Fondo de Cultura Económica. 197 pp.

**Meylan, A. B., B. W. Bowen y J. C. Avise. (1990).** A genetic test of the natal homing versus social facilitation models for green turtle migration. Science 248:724-727pp.

**Meylan, P., A. B. Meylan y J. A. Gray-Conklin. in prep.** The ecology and migrations of sea turtles, 8. Tests of the developmental habitat hypothesis.

**Mortimer, J. A. (1976).** Observations on the feeding ecology of the green turtle, *Chelonia mydas*, in the western Caribbean. Masters thesis, University of Florida, Gainesville. 100 pp. of the 14th Annual Symposium on Sea Turtle Biology and Conservation. NOAA Tech. Memo. NMFS-SEFSC-351. 323pp.

**Mrosovsky, N., Dutton, P. H., y Whitmore, C. P. (1984).** Sex ratios of two species of sea turtle nesting in Suriname. Canadian Journal of Zoology-Revue Canadienne De Zoologie 62, 2227-2239pp.

**Negrete P. A. (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 Cramen, Quintana Roo, México.

**Parsons, J. J. (1962).** The Green Turtle and Man. University of Florida Press, Gainesville. 126pp.

**Pritchard, P. C. H. y J. A. Mortimer. (1999).** Taxonomy, External Morphology, and Species Identification, p.21- 38. In: Karen L. Eckert, Karen A. Bjorndal, F. Alberto Abreu G. and Marydele Donnelly (eds.), Research and Management Techniques for the Conservation of Sea Turtles. IUCN/SSC Marine Turtle Specialist Group Publ. No. 4. Washington, D.C.

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

**Solé, G. (1994).** Migration of the *Chelonia mydas* population from Aves Island, pp. 283-286. In: K. A. Bjorndal, A. B. Bolten, D. A. Johnson and P. J. Eliazar (compilers), ProceedingsSwitzerland. 601pp.

**Zurita J.C., R. Herrera y B. Prezas. (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.