



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO**

---

---

**FACULTAD DE CIENCIAS**

**Análisis estadísticos de las técnicas de incubación de  
nidadas de tortuga verde (*Chelonia mydas*) en Cayo Arcas  
Campeche. Temporadas 2005-2011**

**T E S I S**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:**

**BIÓLOGA**

**P R E S E N T A:**

**María Aguilar Morales**



**DIRECTOR DE TESIS:  
M. en C. Ninel García Téllez  
México, D. F.  
2014**



Universidad Nacional  
Autónoma de México



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

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

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

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



FACULTAD DE CIENCIAS  
Secretaría General  
División de Estudios Profesionales

Votos Aprobatorios

**DR. ISIDRO ÁVILA MARTÍNEZ**  
**Director General**  
**Dirección General de Administración Escolar**  
**Presente**

Por este medio hacemos de su conocimiento que hemos revisado el trabajo escrito titulado:

**Análisis estadísticos de las técnicas de incubación de nidadas de tortuga verde (*Chelonia mydas*) en Cayo Arcas Campeche. Temporadas 2005-2011.**

realizado por **Aguilar Morales María** con número de cuenta **3-0428509-7** quien ha decidido titularse mediante la opción de tesis en la licenciatura en **Biología**. Dicho trabajo cuenta con nuestro voto aprobatorio.

Propietario Dr. José Jaime Zúñiga Vega

Propietario M. en C. María del Pilar Torres García

Propietario M. en C. Ninel García Téllez  
Tutora

Suplente Biól. Roberto Romero Ramírez

Suplente M. en C. Adriana Laura Sarti Martínez

Atentamente

**“POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU ”**  
**Ciudad Universitaria, D. F., a 27 de noviembre de 2013**  
**EL JEFE DE LA DIVISIÓN DE ESTUDIOS PROFESIONALES**

ACT. MAURICIO AGUILAR GONZÁLEZ

Señor sinodal: antes de firmar este documento, solicite al estudiante que le muestre la versión digital de su trabajo y verifique que la misma incluya todas las observaciones y correcciones que usted hizo sobre el mismo.

MAG/mdm

## AGRADECIMIENTOS

A la M. en C. Ninel García Téllez por su tiempo, dedicación y gran apoyo para la realización de este trabajo.

A los sinodales, el Dr. José Jaime Zuñiga Vega, a la M. en C. María del Pilar Torres García, al Biól. Roberto Romero Ramírez y al a M. en C. Adriana Laura Sarti Martínez, por sus valiosos comentarios que ayudaron a enriquecer este trabajo.

Al M. en C. Iván Castellanos Vargas por su a asesoría con los análisis estadísticos.

Al Director General Adjunto de Oceanografía, Hidrografía y Meteorología, Francisco Ponce Fernández de Castro, al Director General de Investigación y Desarrollo, Eduardo Redondo Aramburo, al Director de Oceanografía Miguel López Ramírez y en su momento Luis I. Islas Martínez de Pinillos; así como a la Subdirección de Investigación Biológica a cargo de la Biól. Teodora J. León García y en su momento M. en C. Gildardo Alarcón Daowz y al personal del departamento a cargo de la Secretaría de Marina Armada de México, por el acceso a la base de datos de Cayo Arcas y el acceso a las instalaciones.

Al Jefe de la Estación de Investigación Oceanográfica de Cd. del Carmen Biol. Jesús Roberto Flores Rodríguez, al entonces Jefe del Departamento de Oceanografía y Biología Marina Biól. Edwalt Hernández Torralba, al Capitán del buque Progreso Eduardo Galindo Castro así como del personal participante, por la coordinación de las actividades en el campamento, alimentación y el transporte a Cayo Arcas.

Al Tte. Joaquín Fernández Méndez por su material fotográfico

Al M.V.Z. Carlos Salas Jiménez por su material fotográfico y su valioso apoyo en campo.

A la Universidad Nacional Autónoma de México por brindarme la posibilidad de pertenecer a ella y por ser una excelente institución.

## AGRADECIMIENTOS PERSONALES

A mi mami, simplemente por ser una excelente madre y mujer.

A Gabo y Ayuti, gracias por todo su esfuerzo, tiempo y apoyo para poder estudiar la licenciatura.

A Mandys, Teresa, mis niñas, Nicole, Avy y Giselle, a mis abuelitos, María y Agustín gracias por ser parte de mi familia.

A Alejandro gracias por todo tu apoyo, paciencia y cariño para lograr finalizar este proyecto.

A mis amigos Isa, Mauricio, Giovanni, Axel, Roberto, Gerardo, Karen y demás compañeros, gracias por los lindos momentos.

A mi papá, gracias por los lindos recuerdos siempre estarás en mis pensamientos.

¡México Pumas Universidad!

## ÍNDICE

I.	RESUMEN.....	1
II.	INTRODUCCIÓN.....	2
1.	Clasificación.....	2
2.	Morfología.....	2
3.	Ciclo de vida.....	3
4.	Distribución.....	5
5.	Hábitat.....	5
6.	Alimentación.....	6
7.	Madurez sexual.....	6
8.	Anidación.....	6
9.	Huevos.....	10
10.	Incubación.....	11
11.	Amenazas.....	13
12.	Situación actual de la tortuga verde.....	14
13.	Técnicas de conservación en los campamentos tortugueros.....	15
III.	ÁREA DE ESTUDIO.....	20
IV.	ANTECEDENTES SOBRE LA INCUBACIÓN DE LAS NIDADAS.....	23
V.	JUSTIFICACIÓN.....	25
VI.	OBJETIVOS.....	26
1.	<i>General</i> .....	26
2.	<i>Particulares</i> .....	26
VII.	HIPÓTESIS.....	26
VIII.	MÉTODOS.....	27
1.	Trabajo de campo.....	27
A.	Preparación de la playa.....	27
B.	Localización de nidadas.....	27
C.	Liberación de crías.....	31
D.	Revisión de nidos.....	33
E.	Estancia en el Campamento Cayo Arcas 2012.....	36
2.	Trabajo de gabinete.....	36
A.	Organización de la información.....	36
B.	Análisis de la información.....	37
IX.	RESULTADOS.....	38

1.	Total de nidos incubados .....	38
2.	Resultados de la incubación.....	40
A.	Parámetros demográficos generales .....	40
B.	Parámetros demográficos generales por técnica de manejo.....	40
C.	Comparación de las técnicas de manejo.....	41
D.	Selección del sitio de anidación de acuerdo al perfil de playa.....	51
X.	DISCUSIÓN .....	54
1.	Estacionalidad .....	54
2.	Importancia de Cayo Arcas como sitio aislado de anidación .....	55
3.	Comparativo entre técnicas.....	56
4.	Perfil de playa .....	64
5.	Sugerencias de manejo.....	65
XI.	CONCLUSIONES .....	69
XII.	BIBLIOGRAFÍA .....	70
	ANEXO 1. Ficha de campo de nidadas .....	86
	ANEXO 2. Ficha de campo de hembras anidadoras.....	87
	ANEXO 3. Ejemplo de la base de datos trabajados en una hoja de Excel 2010 .....	88

## I. RESUMEN

En el mundo existen siete especies de tortugas marinas, de las cuales seis anidan en playas mexicanas. Todas las especies se encuentran bajo alguna categoría de riesgo de acuerdo a las diferentes organizaciones y normas nacionales e internacionales. En México y en el mundo los esfuerzos de conservación para todas las especies de tortugas marinas, se enfocan en la protección de nidadas y la producción de crías mediante campamentos tortugeros. En el estado de Campeche existen 12 campamentos, de los cuales Cayo Arcas resalta por ser un lugar prístino debido a la ausencia de daños asociados a la presencia del hombre (saqueadores, ganado, perros y desarrollo turístico) al cual arriba *Chelonia mydas* o tortuga verde.

En el presente trabajo a partir de la información generada luego de la revisión de nidos de *C. mydas* de 7 temporadas consecutivas de anidación, se clasificó y determinó el contenido para formular diferentes parámetros demográficos (avivamiento, sobrevivencia, mortalidad, mortalidad embrionaria y huevos sin desarrollo aparente). Se compararon las técnicas de incubación de nidadas de tortuga verde utilizadas en Cayo Arcas, *in situ*, reubicado a playa y reubicado a corral, con el fin evaluar cuál de ellas es la más efectiva en la zona.

La incubación de nidadas en condiciones *in situ* ha dado mejores resultados en Cayo Arcas. En contraste, las nidadas reubicadas ya sea a corral o en playa muestran un incremento en la mortalidad, esto puede deberse a la manipulación de los huevos para su traslado a otra zona de la playa y/o a las condiciones de la nueva cámara de incubación.

El esfuerzo de conservación de la tortuga verde realizado por la SEMAR en Cayo Arcas, se considera exitoso ya que en general se registran porcentajes de avivamiento altos, al mismo tiempo que protegen una zona de anidación prístina considerada campamento índice en México.



## II. INTRODUCCIÓN

Las tortugas marinas tienen aproximadamente 110 millones de años de presencia en el planeta, por tanto es considerado un grupo de animales muy exitoso que se distribuye en todos los océanos del mundo (Eckert, 1993; Musick y Limpus, 1997; Meylan y Meylan, 2000). Están representadas por dos familias: *Cheloniidae* y *Dermochelyidae* (Musick y Limpus, 1997).

La familia *Dermochelyidae* está representada por una sola especie, *Dermochelys coriacea* (tortuga laúd), mientras que la familia *Cheloniidae* tiene actualmente seis especies vivientes *Caretta caretta* (tortuga caguama), *Lepidochelys olivacea* (tortuga golfina), *Lepidochelys kempii* (tortuga lora), *Natator depressus* (tortuga kikila), *Eretmochelys imbricata* (tortuga carey) y *Chelonia mydas* (tortuga verde y negra), de las cuales todas anidan en México, excepto *N. depressus* (Eckert, 1993; Pritchard, 1996; Pritchard y Mortimer, 2000).

Algunos expertos consideran a la tortuga *Chelonia* del Pacífico Oriental como una especie distinta (*Chelonia agassizii*) o como subespecie (*Chelonia mydas agassizii*), sin embargo su situación taxonómica sigue en discusión (Eckert *et.al.*, 2000; CIT, 2008; Pritchard, 1996).

### 1. Clasificación

La tortuga verde *Chelonia mydas* (Linnaeus, 1758) es la tortuga más grande de la familia *Cheloniidae*. (Pritchard y Mortimer, 2000), en México recibe numerosos nombres comunes: tortuga verde del pacífico, tortuga verde del atlántico; tortuga blanca; tortuga jacona (juvenil); tortuga caballera (adulto); tortuga de sopa, sacacillo (Márquez, 2002; NOM-059-SEMARNAT-2010; CONANP, 2011).

### 2. Morfología

La tortuga verde pesa de 68 hasta 235 kg, su caparazón es oval, de hasta hasta 120 cm de largo (Pritchard y Mortimer, 2000). Los adultos presentan una coloración del dorso muy variable generalmente marrón, verde o amarillo, liso, veteado o moteado; la zona ventral

es amarilla, crema o blanca. En las crías la coloración dorsal es negra, transformándose en marrón con una delgada franja blanca alrededor del caparazón y los lados posteriores de las aletas; la zona ventral generalmente blanca (Milton y Lutz, 2003) (Figura 1).



**Figura 1.** (A) Tortuga verde adulta; (B) cría de tortuga verde

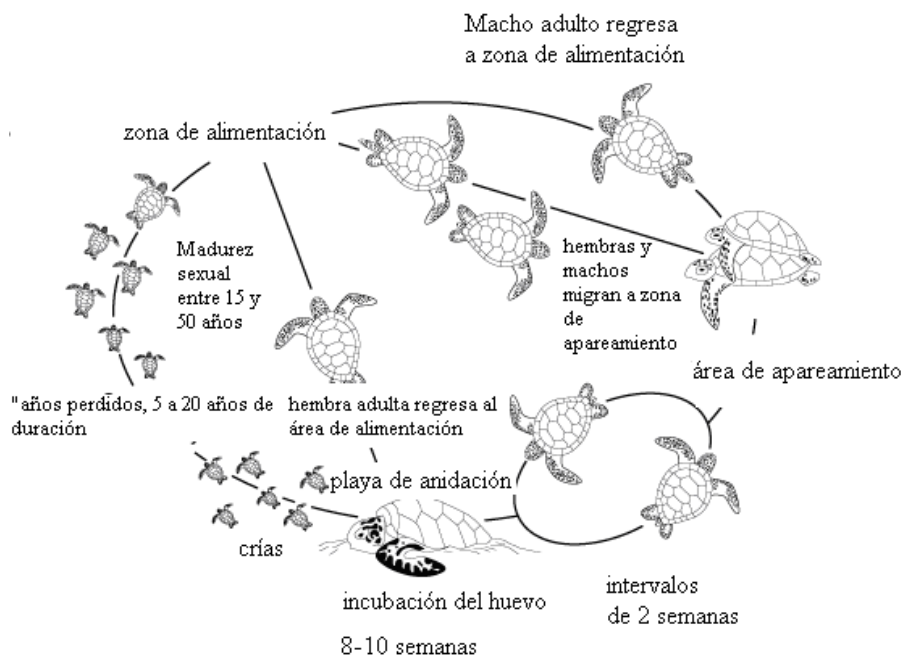
### **3. Ciclo de vida**

Las tortugas marinas son animales, migratorios, que ovipositan en la playa de anidación. La conducta reproductiva en las tortugas marinas es similar entre todas las especies (Miller, 1996). Los machos y las hembras adultos de tortuga verde migran de las áreas de alimentación en zonas arrecifales abundantes en pastos marinos hacia las áreas de cópula o reproducción, cercanas a playas de anidación. Alcanzan la madurez sexual y llegan a la edad de primera reproducción estimada entre 17 y 23 años (Carr *et al.*, 1978; FitzSimmons *et al.*, 1995). Las hembras usualmente se aparean cada dos a cuatro años. Los machos, por el contrario, hacen viajes a las zonas de apareamiento cada año. Después de la cópula los machos regresan al área de alimentación mientras las hembras se dirigen a las de anidación (Figura 2) (Carr & Meylan, 1980; Miller, 1996; Márquez, 2002; SEMARNAT-CONANP, 2008).

Ya en las playas de anidación durante la noche las hebras ovipositan de 110 a 130 huevos por nidada, el nido llega a tener una profundidad de 50 a 55 cm. En el Golfo de México la

época de anidación ocurre de mayo a octubre, con un período de mayor abundancia entre junio y septiembre (Pritchard & Mortimer, 2000; Kutzari, 2006).

Posteriormente regresarán a las áreas de alimentación hasta el siguiente período de reproducción en tres años. Ponen de tres a cinco veces por temporada, aproximadamente con espacio de 11 a 15 días. La incubación de los huevos, sucede de 50 a 58 días, sin cuidado parental (Márquez, 2002).



**Figura 2.** Ciclo de vida de las tortugas marinas (Miller, 1996; modificado por Aguilar, 2013).

Se cree que el mecanismo por el cual se orientan y navegan en el mar durante su etapa adulta recorriendo grandes distancias, y que les permite regresar una y otra vez al área de reproducción de nacimiento, es principalmente de origen geomagnético pudiendo utilizar también estímulos químicos para reconocer las playas de nacimiento (Lohmann *et al.*, 1996).

La tortuga verde es reconocida como una especie fiel a la playa en la que eclosionó, presenta un fenómeno conocido como filopatría, es decir, que aun después de haber transcurrido varias décadas en mar abierto y en diversos ambientes localizados a miles de kilómetros de su playa de origen, es capaz de regresar a la misma playa cada vez que esté lista para desovar (Lohmann *et al.*, 1996). Esto permite una estabilidad y permanencia de las poblaciones, aunque también llega a ocurrir que las hembras busquen nuevas playas de anidación, ocupando así otras zonas y ampliando la distribución (Millán, 2009).

#### **4. Distribución**

La tortuga verde posee una amplia distribución tropical y subtropical, en aguas costeras, ya sea continental o insular. Sus límites geográficos se encuentran dentro de las isothermas de 20°C y sus movimientos migratorios se acotan a éstas durante las diferentes estaciones del año (Eckert, 1993; Pritchard & Mortimer, 2000; Márquez, 2002; Seminoff, 2004).

Existen dos grandes subpoblaciones que anidan en costas del Atlántico y del Pacífico (National Geographic Society, 2009; Seminoff, 2004). En el Golfo de México, la anidación se distribuye desde Tamaulipas hasta Quintana Roo. La especie es particularmente abundante en las costas de la Península de Yucatán se observan un promedio de 1 547 hembras/año (Millán, 2009; CONANP, 2011).

#### **5. Hábitat**

La tortuga verde ocupa tres tipos de hábitats en las diferentes fases de su ciclo de vida: playas de anidación, zonas de convergencia en hábitats pelágicos, y zonas de alimentación bentónicas en aguas poco profundas (Monzón-Arguello *et al.*, 2011). Es una especie nerítica, es decir que habita la zona cercana a la costa, arrecifes, islas y bahías, que no tienen contacto con el litoral; en lugares donde hay gran incidencia de luz solar, favoreciendo la presencia de algas y pastos marinos. Pocas veces son vistas en mar abierto (Márquez, 2002; Musick & Limpus, 1996; Milton & Lutz, 2003).

## **6. Alimentación**

Las crías se alimentan del saco vitelino (Musick & Limpus, 1996), al agotarse este recurso se vuelven omnívoras, de cría a juvenil, con una dieta basada en pequeños crustáceos y moluscos. En el estado adulto es esencialmente herbívora por lo que su dieta es de bajo contenido proteico (Ross, 2000). Con frecuencia se les ve en el mar asociadas a mantos de sargaso o líneas de marea que se forman cerca de los frentes de las principales corrientes. (Meylan & Meylan, 2000). Forrajean pastos marinos (*Zoostera* spp, *Thalassia* spp) y algas (*Gelidium* spp, *Gracillaria* spp) localizadas en aguas poco profundas (Bjorndal, 1985; Diez & Ottenwalder, 2000; Márquez 2002).

## **7. Madurez sexual**

Entre los 4 y los 13 años una tortuga verde puede alcanzar la madurez sexual. El cortejo y la cópula ocurren en el mar, generalmente a menos de 1 km de distancia de la playa de anidación (Miller, 1996).

El apareamiento se realiza en las cercanías de las áreas de anidación. Para la cópula, el macho abraza fuertemente a la hembra por encima, usando las uñas de sus aletas, así permanecen durante una o dos horas en la zona intermareal; durante este tiempo el macho sufre escoriaciones en los escudos del plastrón y la hembra en los del caparazón. Las hembras pueden retener el esperma de una cópula y fertilizar los huevos en varias ocasiones (Márquez, 2002; Monzón-Arguello *et al.*, 2011).

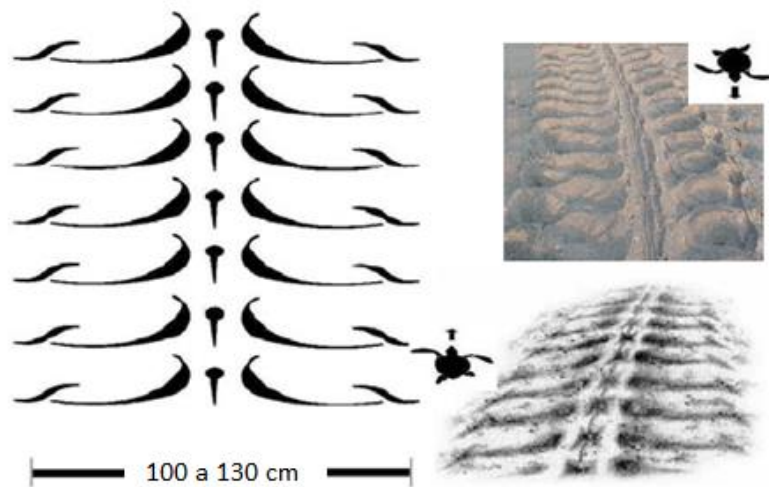
## **8. Anidación**

El ciclo de anidación de la tortuga verde se repite aproximadamente cada 2 o 3 años, cuando los adultos realizan migraciones. En las playas del Golfo de México y el Caribe la anidación inicia en el mes de mayo y finaliza en el mes de septiembre (Márquez, 1990; Argueta, 1994; Márquez, 2002). La mayoría de las anidaciones ocurren de noche. Una hembra puede anidar de una a ocho veces durante la temporada, aunque existen registros de hembras de *C. mydas*, hasta con 10 anidaciones en una temporada (CONANP, 2010).

Carr & Ogren (1960) enlistan los pasos del desove:

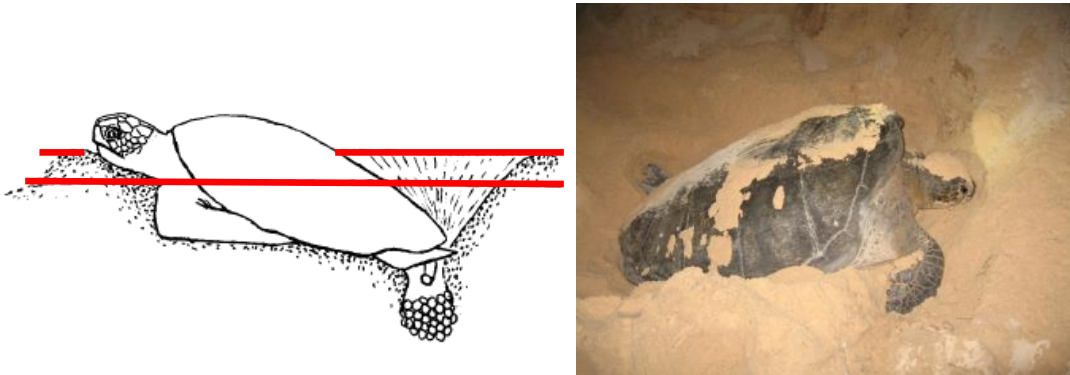
A. *Emergencia desde la zona de rompientes.* La tortuga verde prefiere playas grandes y abiertas, ya sean continentales o insulares, con mediana o poca pendiente (5°-10°). Típicamente con una vía de entrada directa desde el mar, en su porción terrestre caracterizada por la presencia de arbustos y en la zona marítima franqueada por barreras coralinas o rocosas a poca profundidad (Márquez, 2002; Pritchard & Mortimer, 2000).

B. *Búsqueda del sitio de anidación.* Al emerger del mar la tortuga deja un rastro, el cual es característico para las diferentes especies. Para la tortuga verde el ancho del rastro oscila entre 100 y 130 cm (SEDUE & SEPESCA, 1990; Márquez, 2002); es de corte profundo con manchas diagonales simétricas hechas por las aletas delanteras y presenta un surco central cortado por el arrastre de la cola (Figura 3). Otro dato a resaltar de la tortuga verde es que por lo general sube hasta la segunda terraza pero casi nunca desova al primer intento y en numerosas ocasiones recorre trechos de más de cien metros antes de hacer un nido definitivo (Márquez, 2002).



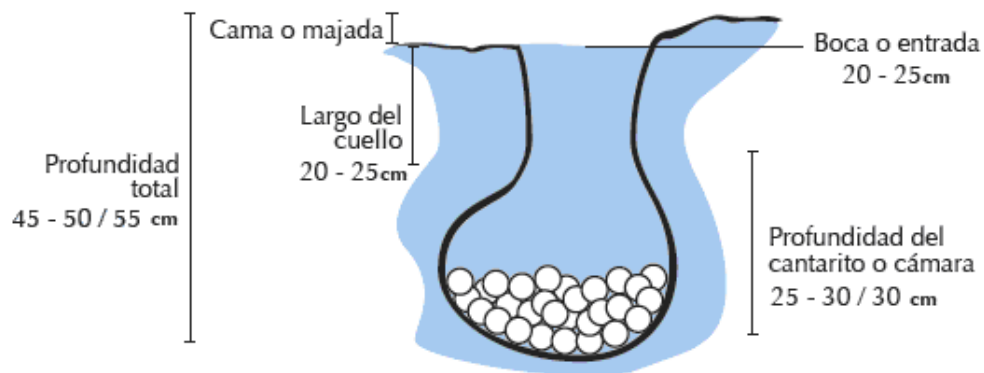
**Figura 3.** B) Esquema del rastro de la tortuga verde en la playa (Florida Fish and Wildlife Conservation Commission, 2002 modificada por Aguilar, 2013).

C. *Excavación de la "cama"*. La “cama” es una amplia oquedad ovalada y somera que aloja el cuerpo del animal (Márquez, 2002). Según Pritchard & Mortimer (2000) para la tortuga verde la cama es muy conspicua debido a que la hembra anidadora remueve grandes cantidades de arena al construir y cubrir sus nidos (Figura 4).



**Figura 4.** Esquema y fotografía de una tortuga desovando donde se aprecia la cama.

D. *Excavación del nido*. Para excavar el nido utilizan las aletas posteriores; en las tortugas verdes la profundidad oscila entre 45 y 55 cm (Kutzari, 2006). La forma y la profundidad de los nidos, así como el lugar donde son construidos condicionan el ambiente del interior, manteniendo la humedad y temperatura. Usualmente la forma del nido de las tortugas se conoce como “de cántaro” (Figura 5), la cual otorga resistencia mecánica. Asimismo el tapón de arena que queda por encima de los huevos, formado por la tortuga después de desovar, evita que la presión los aplaste (Márquez, 2002).



**Figura 5.** Esquema de la forma del nido de la tortuga verde. (Kutzari, 2006, modificado)

por Aguilar, 2013).

E. *Desove*. El tiempo de desove es variable y va desde 40 hasta 100 minutos, donde los huevos van cayendo acompañados de un líquido viscoso que funciona como lubricante y además parece tener propiedades bactericidas y fungicidas (Figura 6) (Márquez, 2002); los huevos son puestos de uno en uno o en grupos de tres o cuatro. Para la tortuga verde en promedio se registran 110-130 huevos por nidada, con un diámetro promedio de 40-46 mm (Pritchard & Mortimer, 2000).



**Figura 6.** Desove, *C. mydas*.

F. *Disimulación de la cama*. Terminando el desove la tortuga inmediatamente jala la arena con las aletas posteriores, cubre los huevos y comienza a tapar el nido (Figura 7). A continuación con las aletas anteriores acarrea la arena que había desalojado y termina de cubrirlo (Márquez, 2002).





**Figura 7.** Disimulación de la cama, *C. mydas*.

*G. Regreso a la rompiente.* La hembra sale de la depresión para dirigirse al mar y con movimientos lentos inicia el retorno empleando nuevamente sus aletas anteriores y posteriores. Durante el regreso al mar realiza varios descansos, pronto llega a la orilla del agua y al tocarla se aleja rápidamente. Su rastro de entrada por lo común queda muy cerca al de la salida (Florida Fish and Wildlife Conservation Commission, 2002) (Figura 8).



**Figura 8.** Regreso a la rompiente.

## 9. Huevos

Los huevos de las tortugas marinas son esféricos de cascarón suave ya que presentan una escasa calcificación, formada por el depósito de cristales de calcita y aragonita. Una vez puestos en el nido se incuban en la arena entre 45 y 70 días, dependiendo de la temperatura, la humedad y la especie de tortuga (Mrosovsky & Yntema, 1980). Para la tortuga verde el tiempo de incubación comprende entre 50 y 58 días (Kutzari, 2006).

Durante la incubación, existe una relación directa de la temperatura con la diferenciación sexual de los embriones en el segundo tercio de su desarrollo (Mrosovsky & Yntema, 1980; Spotila *et al.*, 1987; National Marine Fisheries Service & U.S. Fish & Wildlife Service, 1998) Para la tortuga negra que anida en costas de Michoacán, Alvarado & Figueroa (1987) reportan que temperaturas promedio menores a 27 °C durante un mes y dos semanas, resultan en 100% de machos; por otro lado temperaturas mayores a 31 °C producen 100% de hembras; mientras que temperaturas promedio entre 27 y 31 °C producen proporciones variables de sexos.

La temperatura es el parámetro más estudiado con respecto a su influencia durante el periodo de incubación, existe un rango de temperatura pivote que es 28 °C para la cual la proporción de sexos es igual para hembras y machos y, a temperaturas mayores la proporción de hembras aumenta y viceversa, si la temperatura disminuye la proporción de machos se incrementa (Mrosovsky & Yntema, 1980; Spotila *et al.*, 1987; Booth & Freeman, 2006). La humedad también afecta la incubación. La humedad relativa óptima se aproxima a 14%, un mayor o menor porcentaje de ésta incrementaría la mortalidad (Özdemir & Türkozan, 2006; Márquez, 2002).

## **10. Incubación**

Después de la puesta, y dependiendo de las condiciones ambientales, las crías tardan entre 50 y 58 días en desarrollarse dentro del huevo (Kutzari, 2006; SEMARNAT-CONANP, 2008).

En el momento de la ovoposición, los embriones de las tortugas se encuentran en la mitad de la gastrulación o finalizándola (Hewavisenthi *et al.*, 2002). Entre los trabajos que hablan sobre las fases de desarrollo embrionario en la tortuga verde está el de Mukhaini *et al.* (2010), quienes describen 19 estados embrionarios bajo condiciones controladas de humedad y temperatura a lo largo del periodo de incubación. No obstante, el adecuado desarrollo embrionario depende del microclima generado en el interior del nido, esto por

la interacción de diversos parámetros físicos como temperatura, humedad, salinidad e intercambio de gases (Bustard & Greenham, 1968; Booth & Freeman, 2006).

Bajo condiciones controladas para la tortuga verde Bustard & Greenham (1968) concluyen que si se disminuye la temperatura, el tiempo de emergencia de las crías aumenta hasta 80 días y, a una temperatura constante de 32 °C la emergencia de crías se reduce de 49 a 47 días (Bustard & Greenham, 1968; Booth & Freeman, 2006). Asimismo huevos que durante el último tercio de su desarrollo son incubados, durante periodos prolongados, a temperaturas menores de 23°C o superiores a 33°C no se desarrollan (Booth & Freeman, 2006).

Otro parámetro determinante es la humedad procedente del agua marina y de la precipitación, la cual afecta directa o indirectamente el desarrollo embrionario. El principal efecto directo es la desecación o inundación de los nidos. Si ambas se prolongan demasiado conducen a la muerte embrionaria (Chiu-Lin *et al.*, 2010). Uno de los efectos indirectos de la humedad es el intercambio gaseoso, ya que el intercambio de oxígeno ocurre principalmente por la difusión del agua filtrada a través de la arena del nido (Bustard & Greenham, 1968; Ackerman, 1996; Chiu-Lin *et al.*, 2010).

El oxígeno es vital en todas las fases del desarrollo embrionario, durante la primera mitad del desarrollo existe bajo metabolismo, por tanto la demanda de oxígeno es baja. La segunda mitad del desarrollo se caracteriza por la rápida formación de órganos y por tanto existe un incremento en la tasa metabólica y en la demanda de oxígeno (Booth & Freeman, 2006).

Los huevos ubicados en nidos con sustratos muy húmedos se caracterizan por presentar periodos largos de incubación y mayor mortalidad. De igual forma aquellos nidos ubicados en zonas de la playa muy secas disminuye la sobrevivencia por la ausencia de oxígeno (Ackerman, 1996; Booth & Freeman, 2006).

Otro efecto indirecto de la humedad es la salinidad. De acuerdo con Bustard & Greenham (1968), al incrementarse el porcentaje de salinidad en un nido aumenta la mortalidad de los embriones, en porcentajes de 75 % de salinidad la mortalidad es total. Asimismo no se ha observado que la salinidad afecte los periodos de incubación de la tortuga verde (Ackerman, 1996).

## **11. Amenazas**

Las principales amenazas que enfrentan las tortugas marinas son las originadas por la actividad humana (Flores, 2007). No obstante también existen diversos peligros naturales durante las diferentes etapas de su ciclo de vida.

Una vez que la tortuga ha ovipositado y dejado el nido, los huevos pueden ser atacados por microorganismos patógenos, escarabajos, cangrejos, aves, perros, cerdos y mapaches; una vez que emergen, las crías pueden ser depredadas por cangrejos, aves y peces. Los juveniles y adultos son depredados por tiburones (Pérez, 1998; Flores, 2007). En la playa se encuentran expuestas a eventos meteorológicos como huracanes, inundaciones por mareas y tormentas o por la erosión de la playa (Pérez, 1998; Boulon, 2000).

El humano como principal amenaza de las tortugas marinas implica diferentes peligros, directos o indirectos, que incluyen la captura incidental o dirigida a individuos juveniles y adultos (Oravetz, 2000). Los recolectores furtivos de huevos de las comunidades ribereñas y la fauna introducida asociada a la actividad humana (perros, gatos y ganado) que puede depredar o afectar físicamente el nido.

De igual forma, el desarrollo costero posee un amplio impacto ya que conlleva a la degradación o pérdida del hábitat de anidación; los complejos hoteleros y de vivienda, así como la actividad petrolera (Witherington, 2000; Milton & Lutz, 2003) y la contaminación de los mares (Gibson & Smith, 2000) perturban y disminuyen las zonas de anidación.

## 12. Situación actual de la tortuga verde

La sobreexplotación con propósitos de exhibición, comerciales, alimentarios, la captura incidental con diversas artes de pesca y la pérdida de su hábitat de anidación por el desarrollo costero han mermado las poblaciones de tortuga verde (Boulon, 2000).

Debido a los hábitos migratorios de las tortugas que, a lo largo de su ciclo de vida, habitan en diferentes costas de muchos países, las acciones de protección deben ser conjuntas. Es así que se han efectuado esfuerzos internacionales encaminados a su conservación. Uno de ellos es su inclusión bajo la categoría *en peligro* de la Lista Roja de Animales Amenazados de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN) (Groombridge, 1982; Meylan & Meylan, 2000; UICN, 2013).

En 1975, para regular su comercio, la tortuga verde fue incluida, junto con todas las tortugas marinas, en el Apéndice I de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES) (Donnelly, 2011).

En el continente americano la Convención Interamericana para la Protección y Conservación de las Tortugas Marinas (CIT), entró oficialmente en operación en el 2001. CIT tiene el objetivo de promover la protección, conservación y recuperación de las poblaciones de las tortugas marinas y su hábitat, tomando en cuenta las características ambientales, culturales y socioeconómicas de las partes participantes (SEDUE & SEPESCA, 1990; Flores, 2007).

En México anidan 6 de las 7 especies de tortugas marinas (*C. mydas*, *E. imbricata*, *C. caretta*, *D. coriacea*, *L. kempii* y *L. olivacea*), es por ello que en el país se han adoptado medidas internacionales para su conservación y desde de 1927. En el artículo 50 del Departamento de Pesca se prohíbe en todo momento la explotación de los huevos y la destrucción de nidos (Márquez, 2002).

De igual forma en México se creó la Ley General de Vida Silvestre, que nace con el fin de favorecer el desarrollo sustentable en comunidades rurales y buscar la conservación y

aprovechamiento de fauna y flora silvestre. El artículo *60 Bis I* de esta ley señala que cualquier especie de tortuga marina incluyendo sus partes y derivados podrá ser sujeto de aprovechamiento extractivo ya sea de subsistencia o comercial (Diario Oficial de la Federación, 2000).

Asimismo se han implementado normas legales para su cumplimiento, como la NOM-059-SEMARNAT-2010 donde se incluyen a las especies de tortugas marinas en categoría de peligro de extinción y la NOM-162 que establece las especificaciones para la protección, recuperación y manejo de las poblaciones de tortugas marinas en su hábitat de anidación (Diario Oficial de la Federación, 2010; Diario Oficial de la Federación, 2013).

Si bien las medidas legales y su adecuada aplicación representan un gran avance que favorece la protección de las tortugas marinas, el daño hecho a las poblaciones a lo largo de decenas de años ponen en riesgo su sobrevivencia futura. Por tanto, además de establecer el marco legal para su conservación, se han realizado esfuerzos para acelerar el proceso de recuperación de poblaciones con la instalación de campamentos tortugeros en zonas de anidación (Márquez, 2002).

Desde hace más de 40 años en México se han instalado campamentos tortugeros cuyo objetivo es favorecer el nacimiento de crías sanas con mayor probabilidad de sobrevivir, crecer y aumentar así las poblaciones (Márquez, 2002; Kutzari, 2006).

### **13. Técnicas de conservación en los campamentos tortugeros**

El objetivo de los campamentos es la producción y liberación del mayor número de crías sanas para su introducción a las poblaciones naturales. Esto se hace a través del cuidado y vigilancia de las playas de anidación y el manejo de las nidadas, así como con la reducción o eliminación de los depredadores (Bjorndal, 1995; Flores, 2007).

La protección de las playas y nidadas es considerada la forma más extendida en la estrategia de conservación, y es precisamente en los huevos y crías donde existe mayor tasa de mortalidad en el ciclo de vida de las tortugas marinas (Eckert, 2000; Márquez,

2002; García *et al.*, 2003). A continuación se sintetiza la información acerca de las técnicas de manejo de nidadas al momento de localización de nidos (Tabla 1, 2, y Figura 9) (Boulon, 2000; Mortimer, 2000; Guzmán, 2001; Márquez, 2002; Kutzari, 2006).

<b>Tabla 1. Ventajas de cada técnica de incubación</b>			
<i>In situ</i>	<i>Reubicado a Corral</i>	<i>Reubicado a playa</i>	<i>Cajas de unicel</i>
Nidada que permanece en el lugar donde desovó la tortuga.	Estructura temporal en un sitio de la playa en el que se ubican las nidadas.	Nidada que no es posible dejar en sitios de anidación y se reubica en la misma playa.	Tipo de incubación artificial, que se basa en el uso de cajas de unicel, para colocar las nidadas.
Es la manera natural de incubación.	Fácil vigilarlo ya que se concentran en una pequeña área de la playa.	Se reubican las nidadas sin erigir una cerca que las delimite.	Las nidadas están protegidas de parámetros perjudiciales en la playa.
Al no manipular los huevos no sufren daños por movimiento o vibración.	Los huevos se siembran en nidos de forma y tamaño similar al natural.	Los huevos se siembran en nidos de forma y tamaño similar al natural.	Con el apoyo de recursos económicos y capacitación, se logra un buen control de los parámetros que influyen en la incubación.
El porcentaje de eclosión y proporción sexual es el natural para la población.	Requiere de técnicas de manejo sencillas para mejorar la eclosión.	Aplica cuando el corral alcanzó su máxima capacidad o en caso de haber dificultades técnicas para el transporte de las nidadas.	Técnicos capacitados pueden lograr un buen porcentaje de eclosión.
Los esfuerzos pueden concentrarse en vigilar y proteger la playa y el mar.	Se excluye en gran medida a los depredadores y el saqueo de huevos.	Se puede elegir una zona de la playa alejada de áreas inundables, de vegetación, piedras u otros elementos que puedan afectar las nidadas.	Al estar en cajas se minimiza la depredación así como el saqueo de huevos.
No es necesario el gasto en materiales para su construcción.	Puede construirse con materiales de la región.	No es necesario el gasto en materiales para su construcción.	Con un buen manejo es posible reutilizar las cajas durante varias temporadas.

**Tabla 2. Desventajas de cada técnica de incubación**

<i>In situ</i>	<i>Reubicada a Corral</i>	<i>Reubicada a playa</i>	<i>Cajas de unicel</i>
Pérdida de nidadas por saqueo o depredadores.	La muerte de embriones por mala manipulación se incrementa considerablemente.	Requiere un adecuado manejo de los huevos en la colecta, transporte y sembrado.	Se puede producir mayor cantidad de machos por bajas temperaturas de incubación.
Pérdida de nidadas por inundación o erosión.	Peligro de perder crías por depredadores como aves, larvas de moscas y escarabajos; se modifica la proporción sexual.	Puede aplicarse entre 1 y 12 horas a partir de la puesta, siempre y cuando no se cambie el eje natural de los huevos.	Producción de crías inmaduras por deficiente oxigenación.
El paso de vehículos y de ganado compactan la tierra lo que lleva a la pérdida de nidadas.	Precisa de recursos económicos para comprar materiales de construcción.	El paso de vehículos y de ganado compactan la tierra lo que lleva a la pérdida de nidadas.	Requiere de recursos económicos para la instalación del cuarto de incubación, termómetro y cajas.
No se puede brindar un seguimiento adecuado a las nidadas lo que dificulta la evaluación del éxito de incubación.	Comparada con nidadas <i>in situ</i> hay menor cantidad de crías producidas.	No se puede brindar un seguimiento adecuado a las nidadas lo que dificulta la evaluación del éxito de incubación.	Requieren de una manipulación muy cuidadosa de las condiciones de temperatura y humedad.
Las áreas de anidación abarcan varios kilómetros por tanto es muy difícil vigilarlos.	Demanda constante vigilancia limpieza y cuidado.	Las áreas de anidación abarcan varios kilómetros por tanto es muy difícil vigilarlos.	Necesita constante vigilancia, limpieza y cuidado.





**Figura 9. Técnicas de incubación** **A.** Nidada *in situ* (Foto: Salas Jiménez); **B.** Nidada en vivero o corral (Foto: Hernández Torralba); **C.** Limpieza de nidada reubicada (Foto: Hernández Torralba); **D.** Nidada en caja de unicel (Foto: Willa Cleveland disponible *on line* <http://capesanblasblog.com/2013/07/09/turtle-eggs-are-heading-to-the-east-coast/>).

Para determinar el éxito de la incubación los especialistas han propuesto diferentes definiciones y fórmulas para calcularlo (Tabla 3).

**Tabla 3. Fórmulas empleadas en la literatura para determinar el éxito de incubación.**

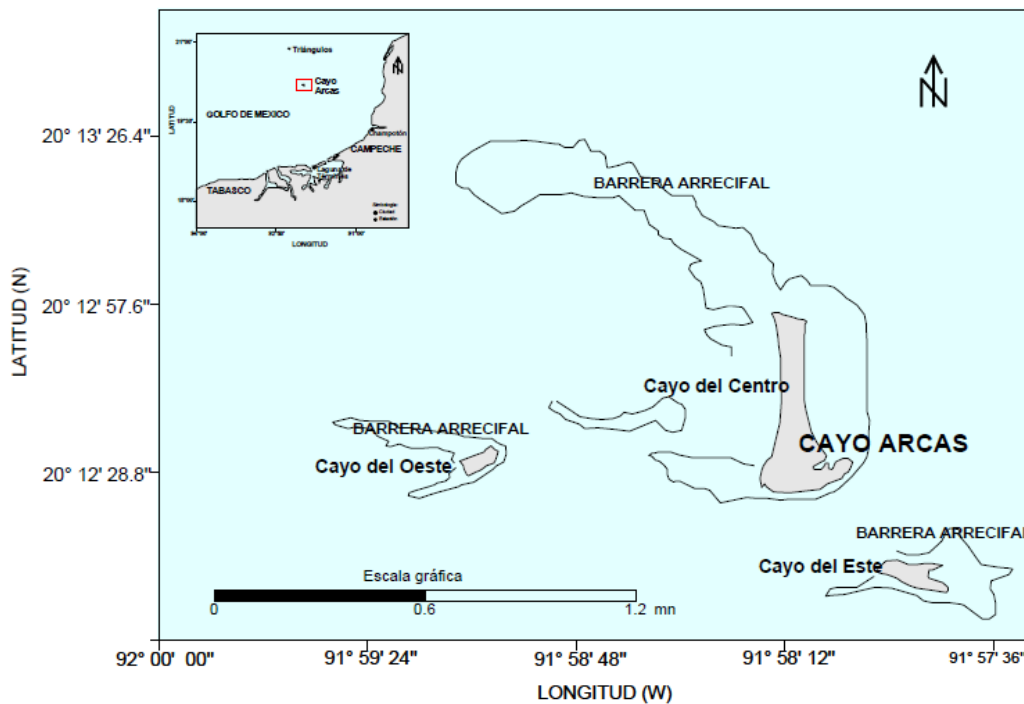
Parámetro	Fórmula	Especie/Zona de trabajo	Referencia
Avivamiento/Eclosión	$(\text{Cascarones}/\text{total de huevos}) * 100$	Dc/Islas Vírgenes, EUA.	Eckert & Eckert, 1990
		Cc/Zakynthos, Grecia	Komaraki et al., 2006
		Dc/playón de Mexiquillo, Michoacán, México.	García, 1998
		Dc/Suriname	Hilberman & Goverse, 2007
		Lo, Ei, Cm, Cc y Dc /Puntarenas, Costa Rica.	Brenes, 2009
	$(\text{CEV} + \text{CEM} + \text{Cascarones}/\text{huevos sembrados}) * 100$	Lo/EI Verde, Sinaloa, México.	Arzola, 2007
	$(\text{Cascarones}/\text{Cascarones} + \text{HSDA} + \text{HNE} + \text{ETNE} + \text{D}) * 100^*$	Determinación del tamaño de la nidada y el éxito de eclosión	Miller, 2000
$(\text{CEV} + \text{CEM}/\text{Total de huevos sembrados}) * 100$	Ei/Chenkan, Área de Protección de Flora y Fauna Laguna de Términos, Campeche, México.	Área de Protección de Flora y Fauna Laguna de Términos, 2010	
Sobrevivencia	$(\text{Cascarones} - \text{CVDN} - \text{CMDN}/\text{Cascarones} + \text{HSDA} + \text{HNE} + \text{ETNE} + \text{D}) * 100$	Determinación del tamaño de la nidada y el éxito de eclosión	Miller, 2000
	$(\text{Crías liberadas}/\text{huevos sembrados}) * 100$	Dc/Playa Querepare, Sucre, Bolivia.	Velázquez et al., 2006
	$(\text{Crías vivas}/\text{Total de huevos}) * 100$	Cm/Pinar del Río, Cuba.	Azanza et al., 2006
	$(\text{Crías emergidas por sí solas}/\text{Total de huevos}) * 100$	Lo, Ei, Cm, Cc y Dc /Puntarenas, Costa Rica.	Brenes, 2009
Mortalidad	$(\text{CEM} + \text{CMDN} + \text{HCDA} + \text{HSDA}/\text{Total de huevos}) * 100$	Dc/Islas Vírgenes, EUA.	(Eckert & Eckert, 1990
		Lo/Chalacatepec, Jalisco, México.	Flores, 2004
Mortalidad embrionaria	$(\text{HCDA}/\text{Total de huevos}) * 100$	Dc/Playón de Mexiquillo, Michoacán, México.	García, 1998
		Cm/Pinar del Río, Cuba.	Azanza et al., 2006
Huevos sin desarrollo aparente	$(\text{HSDA}/\text{Total de huevos}) * 100$	Cm/Pinar del Río, Cuba.	Azanza et al., 2006
	$(\text{Huevos líquidos} + \text{huevos cocidos} + \text{huevos secos}/\text{húm. de huevos}) * 100$	Dc/playón de Mexiquillo, Michoacán, México.	García, 1998

Lo, *Lepidochelys olivacea*. Ei, *Eretmochelys imbricata*. Cm, *Chelonia mydas*. Cc, *Caretta caretta*. Dc, *Dermochelys coriácea*.  
 \* HSDA, Huevos sin desarrollo aparente. HNE, Huevos no eclosionados ETNE, Embriones a término no eclosionados. D, depredados, CEV Crías emergidas vivas, CEM Crías emergidas muertas, CVDN Crías vivas dentro del nido, CMDN Crías muertas dentro del nido, HCDA Huevos con desarrollo aparente.

Sin embargo, según Crouse *et al.* (1987) la incidencia en el tamaño poblacional de la liberación de crías en los campamentos tortugueros, en particular para la tortuga *C. caretta*, es casi nula, ya que los sub-adultos o juveniles son el estado crítico en la dinámica poblacional de esta tortuga, y son en los que se deben enfocar los esfuerzos de conservación evitando la caza premeditada o bien la captura incidental por pescadores. No obstante la utilidad de los campamentos tortugueros va más allá del cuidado de nidos y la liberación de crías, sino que son fuente de divulgación y concientización social acerca de la importancia de conservar las tortugas marinas (Flores, 2007).

### III. ÁREA DE ESTUDIO

El arrecife Cayo Arcas está formado por tres cayos arenosos (Cayo Centro, Cayo Este y Cayo Oeste). Se encuentra sobre una plataforma poco profunda, ubicada en el Banco de Campeche, a 180km al norte de Ciudad del Carmen del Estado de Campeche, México, entre las coordenadas geográficas latitud  $20^{\circ}12.5'16''$  y  $20^{\circ}12' 35.25''$  Norte, y longitud  $91^{\circ} 57' 46''$  y  $91^{\circ} 57' 46.19''$  Oeste (Figura 10) (Aguirre & Morales, 2005).



**Figura 10.** Localización de Cayo Arcas, Campeche (SEMAR, 2009).

La profundidad alrededor de los cayos es de aproximadamente 40 m. Cayo Arcas es hábitat de las aves conocidas comúnmente como rabihorcados (*Fregata magnificens*) y el pájaro bobo (*Sula dactylatra*), y se han observado en las inmediaciones del cayo a juveniles de tortuga Carey y de tortuga verde (Figura 11) (Wells, 1988; SEMAR, 2008). Asimismo presenta una cubierta vegetal extensa representada por algunas especies introducidas como casuarinas, nopaleras y palmas de coco.



**Figura 11. Fauna en Cayo Arcas.** Rabihorcados, pájaro bobo, juvenil de tortuga verde y otras aves (de izquierda a derecha) presentes en Cayo Centro.

El Cayo Centro (Figura 12) es custodiado por la Secretaría de Marina Armada de México (SEMAR) dada su ubicación estratégica y por ser una terminal portuaria importante de la extracción de crudo del país, donde se llevan a cabo actividades de abastecimiento y transporte de productos petrolíferos, para lo cual Petróleos Mexicanos (PEMEX) mantiene un buque-tanque anclado en las inmediaciones del arrecife (Aguirre & Morales, 2005).



**Figura 12.** Cayo Centro donde se aprecian las instalaciones del campamento (Foto: Flores Rodríguez).

Sus tres Cayos suman un área de 22.8 hectáreas. Su clima es seco y muy cálido, con lluvias en verano y escasas todo el año (INEGI, 1981), lo cual corresponde al tipo Bs(h')W''(i) (Wells, 1988; Hernández *et al.*, 2004).

La SEMAR, como parte de las acciones para fomentar la protección y reproducción de especies marinas en peligro de extinción realiza a través del personal de la Estación de Investigación Oceanográfica Carmen (EIOC) (Figura 13), el proyecto “Protección y Conservación de tortugas marinas en Cayo Arcas, Campeche” (SEMAR, 2003; 2004; 2005; 2006; 2007; 2008; 2009; 2010), operando un campamento tortuguero en el *Cayo Centro*.



**Figura 13.** Personal de la Estación de Investigación Oceanográfica Carmen (EIOC).  
Secretaría de Marina Armada de México

El campamento tortuguero de Cayo Arcas fue registrado en el 2003 ante la Dirección General de Vida Silvestre de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), y es así que forma parte del Comité Estatal para la Protección y Conservación de Tortugas Marinas, que incluye actualmente 12 campamentos en el estado de Campeche (Guzmán, 2011).

#### **IV. ANTECEDENTES SOBRE LA INCUBACIÓN DE LAS NIDADAS**

De la evaluación de las diferentes técnicas de manejo de las nidadas ya sea *in situ*, reubicadas en corral o reubicadas en playa, existen numerosos trabajos en múltiples lugares del mundo y México, a continuación se indican algunos de ellos.

Romero (2001) reporta que para la tortuga verde en Isla Aguada e Isla del Carmen, Campeche los nidos trasladados a un corral presentan mayor éxito de sobrevivencia con respecto a nidos *in situ*, debido a que presentan menor depredación y saqueo.

Por el contrario Garduño *et al.*, (1993) concluye que para la playa Las Coloradas en Yucatán, la tortuga verde presenta mayor éxito de avivamiento en los nidos conservados *in situ*.

En Sarawak Turtle Islands, Malasia, de acuerdo con Leh (1994) no existe diferencia significativa entre los nidos de la tortuga verde *in situ* y los nidos reubicados en corral. Cabe destacar que la principal amenaza para los nidos de las tortugas en estas islas son las otras tortugas que llegan a desovar y pueden desenterrar otros nidos, ello además de eventos meteorológicos como huracanes y la temporada de monzón.

En un estudio con *Chelonia mydas*, *Eretmochelys imbricata* y *Lepidochelys olivacea* en playas de Brasil, Santos *et al.* (2000) se analizó el éxito de eclosión de nidos *in situ*, reubicados en corral y reubicados en playa, concluyendo que *in situ* es el método más efectivo. De igual forma al comparar los nidos reubicados en corral y reubicados en playa no encontraron diferencias significativas entre ambos.

García *et al.* (2003) en un estudio de nueve años con *Lepidochelys olivacea* en la Playa Cuixmala, Jalisco, concluye, entre otras cosas que los nidos reubicados en corral tuvieron mayor éxito que aquellos *in situ*, ello debido a la alta depredación y erosión a lo largo de los 3 km de playa.

Para la tortuga laúd (*Dermochelys coriacea*) en el playón de Mexiquillo según García (1998) la técnica *in situ* resulta ser la más favorable para un mayor porcentaje de eclosión de crías.

Eckert & Eckert (1990) concluyen que para la tortuga laúd los nidos *in situ* poseen mayor éxito en comparación con los reubicados en corral.

Por su parte para la Isla Zakynthos, Grecia, Kornaraki *et al.* (2006) se evaluaron las técnicas de manejo de nidadas de tortuga caguama (*Caretta caretta*), *in situ* y en corral, durante un periodo de ocho años; sus resultados indican que para la mayoría de los años es más exitoso el método de reubicar los nidos en corral.

De igual forma Baptistotte *et al.*, (2003) menciona que para la tortuga caguama en las playas de Espírito Santo, Brasil, la técnica *in situ* es la más eficiente en comparación con

la reubicación en corral, ya que el porcentaje de avivamiento de éste último declina significativamente con el número de horas que pasan para su reubicación.

Garduño-Andrade & Cervantes (1996) para la tortuga Carey en la playa de Las Coloradas, Yucatán, concluyen que los nidos *in situ* son la opción óptima para mayor porcentaje de avivamiento.

## V. JUSTIFICACIÓN

La tortuga verde *Chelonia mydas* está catalogada en *peligro de extinción* en la NOM-059-SEMARNAT-2010 (Diario Oficial de la Federación, 2010), *en peligro* A2bd por la Unión Internacional para la Conservación de la naturaleza (IUCN) (Seminoff, 2004) y aparece en el Apéndice I de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES) (CITES, 2013).

Los esfuerzos de conservación para la tortuga verde y en general para todas las tortugas marinas, se enfocan principalmente en la protección de nidadas y la producción de crías mediante campamentos tortugueros. Existe controversia acerca de la utilidad y éxito de las diferentes técnicas de manejo de los nidos en dichos campamentos. La reubicación de los nidos a corrales es una herramienta fundamental en playas donde existen altos niveles de depredación (humana o natural) y erosión, mientras que la conservación *in situ* no requiere manejo de los huevos y mantiene la proporción de sexos (García *et al.*, 2003). En Cayo Arcas se implementan tres de las técnicas de manejo de las nidadas: *in situ*, reubicadas en playa y reubicadas en corral.

La zona de estudio es de particular importancia para el estado de Campeche, ya que a partir del 2006 fue catalogada como playa índice en el XIII Taller Regional sobre Programas de Conservación de Tortugas Marinas en la Península de Yucatán esto por: a) una trayectoria de más de 10 años continuos de trabajo de monitoreo de la zona, y b) con metodologías establecidas tanto en la colecta de datos como en la evaluación de la



información (*com. pers.* Laura Sarti), además Cayo Arcas resulta ser un lugar prístino debido a la ausencia de daños asociados al hombre (SEMAR, 2007; 2008; 2009).

Desde la temporada 2002 que se instauró el campamento tortuguero en Cayo Arcas, no existe una evaluación estadística de los datos generados durante las temporadas de anidación, por tanto es necesario un trabajo a este respecto que pueda ser un referente para la protección de la tortuga verde en Cayo Arcas.

## **VI. OBJETIVOS**

### **1. General**

Comparar las técnicas de incubación de nidadas de tortuga verde utilizadas en Cayo Arcas, Campeche para la liberación del mayor número de crías.

### **2. Particulares**

- A. Organizar la información generada de la incubación en el campamento durante las temporadas de anidación 2005-2011.
- B. Comparar las tres técnicas de incubación, *in situ*, reubicado en playa y reubicado a corral.
- C. Evaluar la preferencia de la zona de la playa para la anidación de las hembras.
- D. Definir la importancia de Cayo Arcas como zona de anidación de la tortuga verde para la producción de crías.

## **VII. HIPÓTESIS**

En zonas con poca depredación la técnica de incubación *in situ* es la más adecuada para la liberación del mayor número de crías de tortugas marinas ya que se evita la alta mortalidad embrionaria que se presenta en técnicas donde se reubican los nidos (Eckert &

Eckert, 1990; Garduño *et al.*, 1993; Leh, 1994; Garduño-Andrade & Cervantes, 1996; García, 1998; Santos *et al.*, 2000; Baptistotte *et al.*, 2003; García *et al.*, 2003; Kornaraki *et al.*, 2006), por tanto se espera que de la comparación de las tres técnicas aplicadas en Cayo Arcas la de mayor éxito sea *in situ*.

## VIII. MÉTODOS

### 1. Trabajo de campo

#### A. Preparación de la playa

El personal de la Estación de Investigación Oceanográfica Carmen ha realizado el trabajo de campo en Cayo Centro del Sistema Arrecifal Cayo Arcas desde la temporada 2002 de anidación de la tortuga verde a la actualidad.

Las actividades del campamento tortuguero inician cada año en el mes de mayo y concluyen en noviembre. Al inicio de la temporada se realiza el montado del balizado en el perímetro del Cayo. Se colocan 19 postes de 2 m de altura aproximadamente, cada uno numerado y ubicado progresivamente a una distancia de 100 m, con el fin de poder referenciar y localizar los nidos de las tortugas anidadoras.

A la par se realiza el saneamiento de los dos corrales, de 98 m<sup>2</sup> y 49 m<sup>2</sup>; removiendo la arena y limpiándolos de piedras, raíces y vegetación, con el fin de evitar que se alteren las condiciones de incubación (temperatura y humedad).

#### B. Localización de nidadas

Una vez iniciada la temporada reproductiva, en el mes de mayo, se realizan recorridos terrestres nocturnos en el área perimetral del Cayo, el recorrido inicia entre 23:00 y las 00:00 hrs., horario en el que se espera el arribo a la playa de las primeras hembras anidadoras, usualmente el recorrido culmina hasta las 05:00 de la mañana, antes del amanecer, cuando ya no se espera el arribo de más tortugas.

Al encontrar a una hembra desovando se procede al doble marcaje del individuo en la tercera escama de ambas aletas delanteras con ayuda de unas pinzas, luego de revisar si

ya existe una cantidad considerable de huevos en el nido, se coloca la marca metálica en el momento en que la hembra inhala y exhala.



**Figura 14.** Actividades realizadas con las hembras anidadoras y las nidadas.

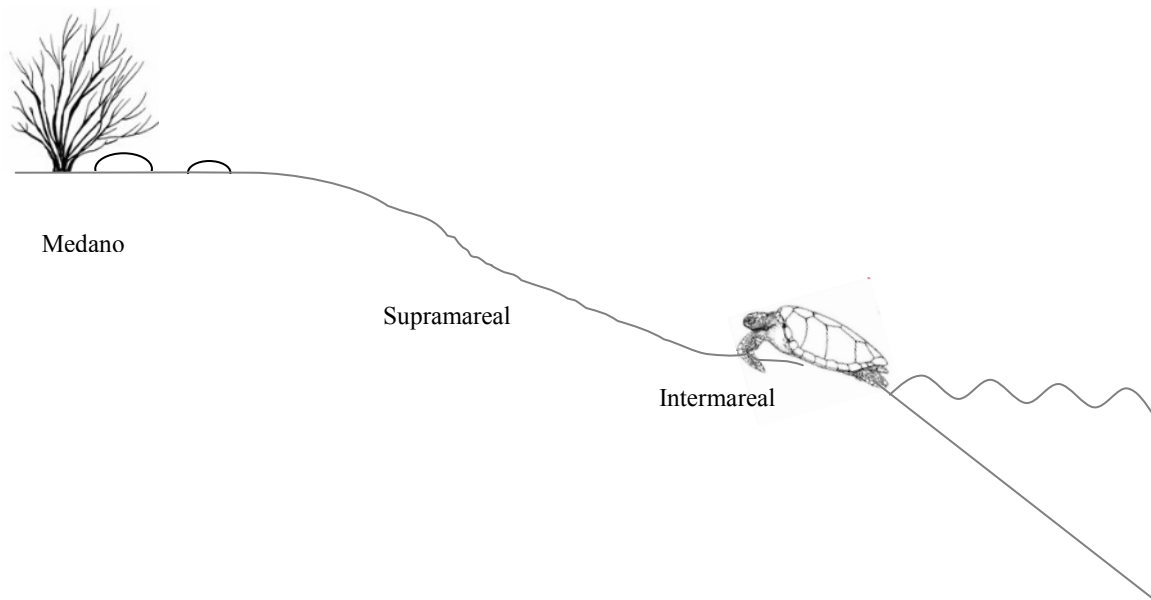
También se toman las medidas morfométricas, se quita la arena que tenga encima del caparazón y con ayuda de una cinta métrica se mide del escudo precentral al potscentral del caparazón, se cuentan y colectan los huevos en una bolsa de plástico por nido (Figura 14) y se procede al llenado de la ficha de campo correspondiente (Anexo 1 y 2).

Cuando se tiene evidencia de anidación (rastros de entrada y salida), y no se encuentra a la hembra desovando, se busca la “cama” que la hembra elaboró, si esta no se ubica en condiciones seguras, es decir cerca de otro nido, en peligro de inundación o en una zona con mucha vegetación y raíces, se procede a picar, con ayuda de un palo de escoba para encontrar la nidada, posteriormente con ayuda de una pala se extrae la arena hasta llegar a los huevos, los cuales son reubicados (Figura 15).



**Figura 15.** Búsqueda del nido de tortuga marina en la playa

Para el registro del sitio de anidación, se divide la playa en tres zonas: *intermareal* (la más próxima a la zona marina que podría ser influenciada por el oleaje o bien por las mareas), *supramareal* (ancho de playa propiamente dicho) y *médanos* (parte posterior de la playa donde se encuentra montículos de la acumulación de la arena) (Figura 16, Anexo 1 y 2).



**Figura 16.** Perfil de playa representando las tres zonas (Aguilar, 2013)

a. Nidos *in situ*

Cuando es localizada una hembra desovando se determina si el sitio de anidación es el óptimo; si la nidada se encuentra en una zona segura de la playa, es decir, si no hay peligro de inundación, erosión, está alejada de otras nidadas, libre de vegetación o rocas, o bien si durante la noche anterior no fue posible realizar el recorrido, se deja *in situ* marcando la posición exacta de la nidada con una estaca con datos de fecha, hora y número de nido.

Cuando no es observada la tortuga desovando es posible definir la localización de los nidos por ciertos rasgos en la playa: el rastro típico de una tortuga que emerge del mar; la ubicación de la “cama” o montículo de arena y el movimiento de arena alrededor de la cama, seguido nuevamente del rastro de retorno al mar.

La colecta, el transporte y la siembra de las nidadas debe realizarse en un plazo no mayor a 4 horas a partir del momento en que los huevos fueron depositados por la hembra (NOM-162 SEMARNAT-2013), debido a que el embrión corre el riesgo de desprenderse de las membranas que recubren al huevo (Márquez, 2002).

#### b. Nidos reubicados en playa

Si la nidada se encuentra en peligro por inundación, erosión, raíces de la vegetación, rocas o de otras nidadas, se procede a ser reubicada en un lugar seguro de la playa

Para determinar si un nido es reubicado se considera si en los alrededores de la anidación hay un espacio libre de vegetación, lejos de la zona inundable y rocosa, y sin anidaciones muy cercanas.

Las nidadas se manejan individualmente, nunca se mezclan o dividen, respetando de esta manera el número de huevos puestos por cada hembra.

Con la ayuda de una pala común, se cava un pozo a 60 cm de profundidad, con una abertura de 25 cm, procurando aproximarse a las medidas elaboradas por la tortuga verde.

Los huevos, previamente contados, son colocados en la cámara que posteriormente se tapa con la arena húmeda extraída al elaborar el hoyo (Figura 17).



**Figura 17.** Sembrado de nido de tortuga marina

En la superficie es colocada una estaca señalando el sitio exacto del nido, la cual lleva escrita la fecha de anidación, el número de huevos, la hora de siembra y un número consecutivo de identificación.

#### c. Nidos reubicados en corral

Cuando no hay zonas adecuadas próximas a un nido en riesgo, se decide reubicarlo al corral más cercano, donde los nidos se disponen en hileras alternadas con un metro aproximadamente de distancia entre cada uno (Kutzari, 2006; NOM-162 SEMARNAT-2013). Las condiciones de fabricación del nido son las mismas especificadas para los nidos reubicados en la playa.

Es de particular importancia el traslado en poco tiempo de los nidos al corral, procurando que no pase de las 4 horas desde la puesta de los huevos hasta su reubicación final (NOM-162 SEMARNAT-2013).

### **C. Liberación de crías**

La liberación de crías se lleva a cabo principalmente entre los meses de agosto a octubre y en algunas ocasiones en los primeros días de noviembre. Esto ocurre aproximadamente entre los días 50-56 del periodo de incubación.

En la ficha de campo correspondiente se tiene el registro de la fecha de siembra, emergencia y la fecha de limpieza, es decir la fecha de siembra es aquella en la que se sembró la nidada, a partir de esta se cuentan 56 días y se obtiene la fecha de emergencia, a la cual se suman seis días más para conocer la fecha de limpieza

Los nidos son monitoreados entre la fecha de emergencia y limpieza, el momento en el que se percibe un hundimiento en la superficie del nido indica que las crías están próximas a emerger, entonces se espera su salida y se vigila su recorrido al mar.

a. Crías *in situ* y reubicadas en playa

Los nidos incubados *in situ* son monitoreados una vez que el periodo incubación teórico de 56 días se cumple, es decir entre la fecha de emergencia y la de limpieza. Si se detecta que en un nido las crías están por salir, se les vigila y posteriormente se realiza el conteo del contenido del nido.

b. Crías de nidos reubicados en corral

Las nidadas en el corral son monitoreadas constantemente durante todo el día. Cuando la fecha de emergencia de las crías está próxima (56 días de la puesta aproximadamente) es colocada una trampa de alambre alrededor de las nidadas en el corral, para llevar el control de las crías nacidas en cada nido (Diario Oficial de la Federación, 2013).

Las crías son trasladadas en un recipiente a un área despejada de la playa y se liberan a unos metros de la línea de marea para que se pueda llevar a cabo el proceso de impronta, es decir que las crías reconozcan la playa y puedan volver a ella en su etapa adulta (Márquez, 2002). Asimismo se procura que la liberación de tortugas se realice en diferentes zonas de la playa para evitar establecer comederos de peces (Figura 18).



**Figura 18.** Crías puestas en un recipiente y su liberación al mar (Foto: Hernández, 2008).

Si las crías se encuentran adormiladas, para cualquiera de las tres técnicas, son retenidas en un lugar fresco y más tarde se llevan a liberar para evitar a los depredadores. También son retenidas en un recipiente, con un poco de arena, aquellas crías que aún tienen expuesto el vitelo, y una vez que lo reabsorben son liberadas.

#### **D. Revisión de nidos**






**Figura 19.** Limpieza de un nido *in situ*





Una vez concluido el periodo de incubación de las crías se lleva a cabo la revisión del contenido de los nidos, a partir de la fecha de emergencia, se considera un máximo de seis días para definir la fecha de limpieza, se determinaron seis días para dar tiempo a que



concluya el periodo teórico de incubación; sin embargo si se contabiliza que la mayoría de las crías en un nido ya emergieron se procede a sustraer el contenido del mismo.

En la fecha de limpieza se exhuma el contenido del nido para conocer, contabilizar y clasificarlo según su condición final de incubación de acuerdo al criterio de García (1988). En la tabla 4 se describen cada una de las condiciones.

<b>Tabla 4. Condiciones finales de un nido luego del periodo de incubación</b>		
<i>Cascarones (CASC)</i>	Número de cascarones vacíos contados ( $\geq 50\%$ de la estructura del cascarón completa)	
<i>Crías emergidas vivas (CEV)</i>	Crías que llegaron hasta la superficie de la playa, sobreviviendo a esta etapa para ser liberadas.	 Foto: Salas Jiménez.
<i>Crías emergidas muertas (CEM)</i>	Crías que llegaron hasta la superficie de la playa pero fallecieron por insolación o depredadores.	

<b>Tabla 4.</b> Continuación		
<i>Crías vivas dentro del nido (CVDN)</i>	Crías que salieron totalmente del cascarón y se encuentran vivas en el interior del nido al momento de la revisión.	
<i>Crías muertas dentro del nido (CMDN)</i>	Crías que salieron totalmente del cascarón y que se encuentran muertas en el interior del nido al momento de la revisión.	
<i>Crías eclosionando vivas (CECV)</i>	Crías que, cuando se revisa el nido, son encontradas vivas dentro del cascarón en proceso de eclosión.	 Foto: Fernández Méndez.
<i>Huevos sin desarrollo aparente (HSDA)</i>	Huevos sin un embrión desarrollado, se identifican por el color violeta a rosa de la calcificación y al tacto puede ser blando.	

## **E. Estancia en el Campamento Cayo Arcas 2012**

Por instrucciones del Jefe de Estado Mayor General de la Armada, la Jefatura de Sección Tercera en su Oficio Número S-3 SSOC.-744/1S.38/12 con fecha 7 de junio del 2012 se autorizó el transporte y el acceso al campamento tortuguero Cayo Arcas, del 1 al 31 de Julio del 2012, con el fin de presenciar el manejo de éste y colaborar con sus actividades.

La coordinación de las actividades en el campamento y la alimentación en este se coordinó con el L. Biol. Jesús Roberto Flores Rodríguez, Jefe de la Estación de Investigación Oceanográfica de Cd. del Carmen, y al Biól. Edwalt Hernández Torralba Jefe del Departamento de Oceanografía y Biología Marina, así como del personal participante y el transporte fue gracias al Capitán Eduardo Galindo Castro y a la plantilla del buque Progreso.

## **2. Trabajo de gabinete**

A fin de consultar los registros de anidación, emergencia y mortalidad de crías de tortugas marinas del campamento tortuguero de Cayo Arcas y la autorización de acceso a las instalaciones de la Estación de Investigación Oceanográfica de Cd. del Carmen, Campeche, se elaboró el Oficio Número 3599 D.O. 279, por parte del Director General Adjunto de Oceanografía, Hidrografía y Meteorología, Francisco Ponce Fernández de Castro, con acuerdo del Director General de Investigación y Desarrollo, Eduardo Redondo Aramburo; este oficio se emitió gracias también al apoyo y mediación del Director de Oceanografía Miguel López Ramírez y en su momento Luis I. Islas Martínez de Pinillos; así como de la Subdirección de Investigación Biológica a cargo de la Bióloga Teodora J. León García y en su momento M. en C. Gildardo Alarcón Daowz y del personal del departamento a cargo de la Secretaría de Marina Armada de México.

## **A. Organización de la información**

La información de las hojas de campo de siete temporadas consecutivas fue proporcionada por la Secretaría de Marina a través de los informes del Programa de Conservación y Protección de Tortugas Marinas en Cayo Arcas; la información está

organizada en una base de datos catalogados a partir de la temporada de anidación, cada nido va acompañado por datos de anidación y el seguimiento de la incubación (Anexo 3).

## B. Análisis de la información

A partir de la clasificación que se hizo del contenido de las nidadas con base en su condición final de la incubación, fueron calculados y evaluados los parámetros demográficos empleando las fórmulas citadas en la literatura con algunas modificaciones (Tabla 5).

<b>Tabla 5. Fórmulas empleadas para la descripción de los datos</b>		
<i>Parámetro</i>	<i>Definición</i>	<i>Fórmula</i>
Porcentaje de avivamiento/eclosión	Se incluyen todas las crías que rompen y salen completamente del cascarón.	$((\text{CEV} + \text{CEM} + \text{CVDN} + \text{CMDN} + \text{CECV} + \text{CECM}) / \text{HVS}) * 100$
Porcentaje de sobrevivencia/emergencia	Sólo se consideran a las crías que llegaron a la superficie.	$((\text{CEV} + \text{CEM}) / \text{HVS}) * 100$
Porcentaje de mortalidad	Se refiere a todas las crías encontradas dentro de la cámara de incubación al momento de la revisión, junto con los embriones muertos.	$((\text{CEM} + \text{CVDN} + \text{CMDN} + \text{CECV} + \text{CEM} + \text{HCDA}) / \text{HVS}) * 100$
Porcentaje de mortalidad embrionaria	Se consideran sólo a los huevos que presentan un embrión evidente.	$(\text{HCDA} / \text{HVS}) * 100$
Porcentaje de huevos sin desarrollo aparente (HSDA)	Se incluyen todos los huevos que no muestran evidencias de desarrollo, es decir un embrión.	$(\text{HSDA} / \text{HVS}) * 100$
CASC: Cascarones; CEV: Crías emergidas vivas; CEM: Crías emergidas muertas; CVDN: Crías vivas dentro del nido; CMDN: Crías muertas dentro del nido; CECV: Crías eclosionando vivas; CECM: Crías eclosionando muertas HCDA: Huevos con desarrollo aparente; HSDA: Huevos sin desarrollo aparente; HVS: Huevos sembrados		

Para ajustar los datos a una distribución normal se transformaron con el arcoseno de la raíz cuadrada. A partir de los datos transformados se realizó una prueba de ANOVA de dos vías con el software *Statistica 6.0*, comparando las variables año (2005, 2006, 2008, 2010, 2011) y técnica de manejo del nido (*in situ*, reubicado en playa y reubicado en corra) con la variable de respuesta, es decir los parámetros demográficos (Avivamiento, Sobrevivencia, Mortalidad, Mortalidad embrionaria y Huevos Sin Desarrollo Aparente) para analizar el efecto conjunto de cada variable así como su interacción. Para este

análisis, se excluyó el año 2007 porque no cuentan con las réplicas mínimas necesarias por técnica de manejo del nido.

Para el análisis de los perfiles de playa y la actividad de anidación se efectuó una  $\chi^2$  (ji-cuadrada) y una prueba de homogeneidad para comparar la preferencia de la tortuga entre la zona del Médano, la zona Intermareal y la zona Supramareal.

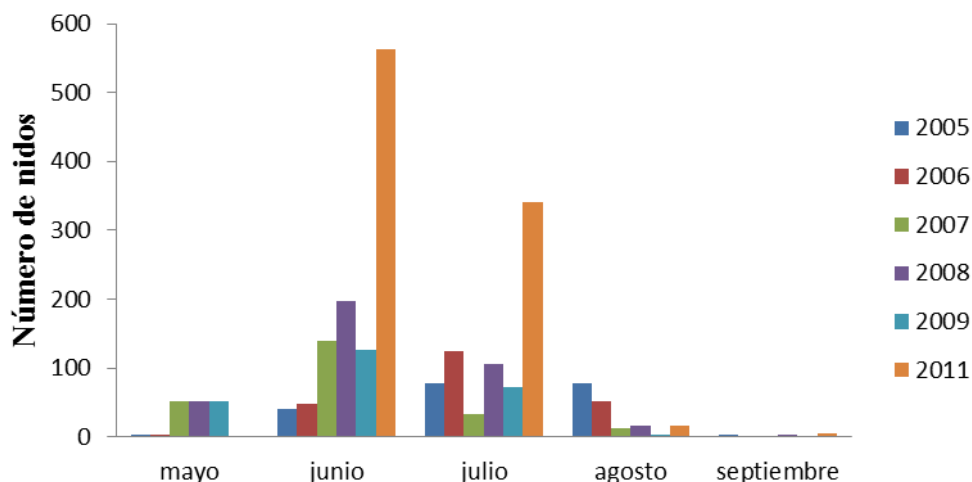
## **IX. RESULTADOS**

### **1. Total de nidos incubados**

Durante las temporadas 2005-2011 el personal de la Estación de Investigación Oceanográfica Carmen (EIOC) contabilizó 1,767 nidos de tortuga verde con 206,632 huevos. Durante estas siete temporadas de anidación se han liberado al mar un total de 141,688 crías de tortuga verde equivalente al 68.57 %.

La superficie emergida de Cayo Centro es 13.7 hectáreas (SEMAR, 2007), de éstas la playa disponible para la anidación de las tortugas es aproximadamente una cuarta parte de esta superficie (*ca.* 34 000 m<sup>2</sup>). A lo largo de las siete temporadas, en promedio se presentó aproximadamente 1 nido de tortuga verde por cada 135 m<sup>2</sup>. La temporada 2011 presenta la mayor densidad de nidos por unidad de área (*ca.* 1 nido por cada 79 m<sup>2</sup>), la temporada 2007 es la de menor densidad con 1 nido por cada 364 m<sup>2</sup> de superficie.

La temporada de anidación ocurre entre los meses de mayo a noviembre, con un máximo de anidación en los meses de junio y julio (Gráfica 1), la temporada 2010 no fue incluida por carecer de información a este respecto.



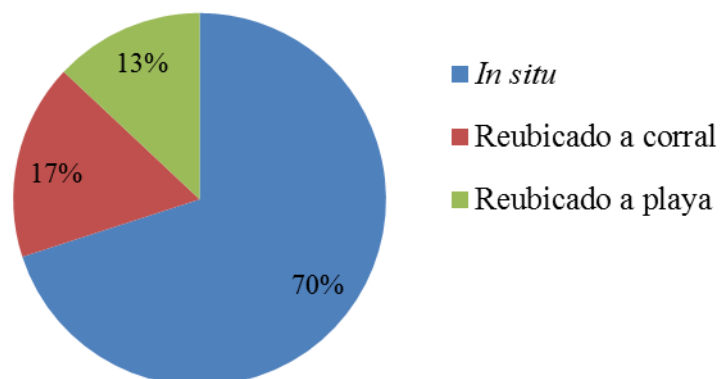
**Gráfica 1.** Número de nidos por mes por temporada para *C. mydas*

Por temporada, en promedio se tienen 252.4 nidos la temporada con mayor número de nidos corresponde a la 2011 con 432 nidos, la de menor número fue la temporada 2007 con 94 nidos. En promedio cada nido tuvo 116.9 huevos. El desglose del número de nidos por técnica de incubación se presenta en la Tabla 6.

**Tabla 6.** Total de nidos por temporada de anidación y técnica de incubación.

Temporada	<i>In situ</i>	Reubicado en playa	Reubicado en corral	Total
<b>2005</b>	93	34	52	<b>179</b>
<b>2006</b>	136	10	72	<b>218</b>
<b>2007</b>	47	0	47	<b>94</b>
<b>2008</b>	231	7	83	<b>321</b>
<b>2009</b>	187	41	3	<b>231</b>
<b>2010</b>	240	47	5	<b>292</b>
<b>2011</b>	306	93	33	<b>432</b>
<b>Total</b>	<b>1240</b>	<b>232</b>	<b>295</b>	<b>1767</b>

Del total de nidos en Cayo Arcas la mayor parte se ha manejado en condiciones *in situ* (70%), le siguen los reubicados a corral (17%) y por último los reubicados a playa (13%) (Gráfica 2).



**Gráfica 2.** Porcentaje de nidos por técnica de incubación

## 2. Resultados de la incubación

### A. Parámetros demográficos generales

En la Tabla 7 se presenta la estadística descriptiva de los parámetros demográficos calculados para los nidos de las temporadas 2005-2011. El avivamiento presenta el promedio máximo ( $59.2 \pm 0.6$ ); mientras que el mínimo ocurre en el parámetro de mortalidad embrionaria ( $14.1\% \pm 0.4$ ).

**Tabla 7.** Estadística descriptiva de los parámetros demográficos de nidos de las temporadas 2005-2011.

Parámetros demográficos	$\bar{X}^* \pm e.e.$	Max (%)	Min (%)
<b>Avivamiento</b>	59.2±0.6	90.00	0
<b>Sobrevivencia</b>	46.5±0.7	90.00	0
<b>Mortalidad</b>	28.3±0.6	90.00	0
<b>Mortalidad embrionaria</b>	14.1±0.4	90.00	0
<b>Huevos sin desarrollo aparente</b>	20.8±0.5	90.00	0

\*Los datos fueron transformados por la raíz del arcoseno.

### B. Parámetros demográficos generales por técnica de manejo

El manejo de los nidos en condiciones *in situ* presentan los valores promedio más altos en el avivamiento ( $62.1 \pm 0.7$ ). Las nidadas reubicadas en corral presenta el promedio de mortalidad más alto ( $32.9 \pm 1.2$ ). El promedio de Huevos Sin Desarrollo Aparente fue

mayor en nidos reubicados en playa (27.1±1.1). El porcentaje de mortalidad embrionaria es mayor en nidadas que fueron reubicadas (en playa 20.1±1.2 y reubicada en corral 22.7±1.1), mientras que *in situ* fue de 12.0±0.5. La estadística descriptiva y los porcentajes promedio de cada parámetro demográfico por técnica de manejo se resumen en la Tabla 8.

**Tabla 8. Estadística descriptiva de los parámetros demográficos por técnica de manejo de las temporadas 2005-2011.**

	<i>In situ</i>			Reubicado a playa			Reubicado a corral		
	$\bar{X}^* \pm e.e$	Max	Min	$\bar{X}^* \pm e.e$	Max	Min	$\bar{X}^* \pm e.e$	Max	Min
<b>A</b>	62.1±0.7	90.0	0	49.2±1.40	90.0	0	54.7±0.9	90.0	0
<b>S</b>	48.5±0.8	90.0	0	42.4±1.4	90.0	0	41.4±1.2	90.0	0
<b>M</b>	27.1±0.7	90.0	0	29.0±1.3	90.0	0	32.9±1.2	90.0	0
<b>Me</b>	12.0±0.5	90.0	0	20.1±1.2	90.0	0	18.2±0.9	55.7	0
<b>HSDA</b>	19.2±0.5	90.0	0	27.1±1.1	90.0	0	22.7±1.1	90.0	0

**A** Avivamiento; **S** Supervivencia; **M** Mortalidad; **Me** Mortalidad embrionaria y **HSDA** Huevos Sin Desarrollo Aparente.

\*Los datos fueron transformados por la raíz del arcoseno.

### C. Comparación de las técnicas de manejo

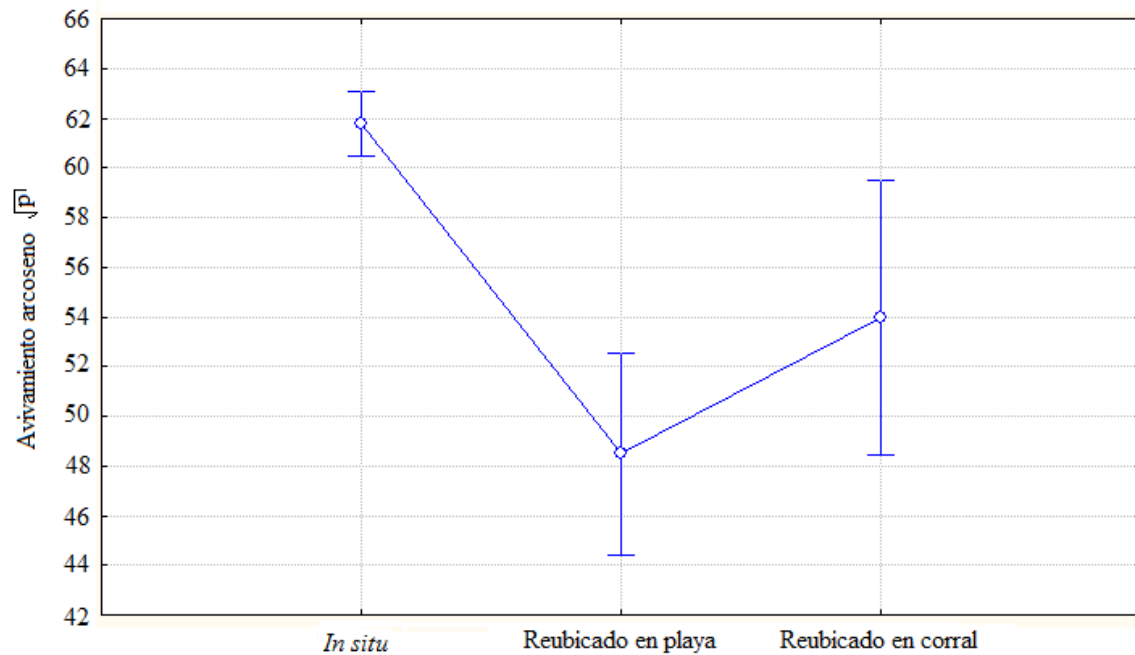
#### a) Avivamiento

Los nidos conservados *in situ* exhiben mayor avivamiento que aquellos reubicados para las temporadas analizadas. Los nidos reubicados en playa o corral no presentan diferencias significativas entre ellos (Tabla 9 y Gráfica 3).

**Tabla 9. Tabla de ANOVA para los valores de Avivamiento**

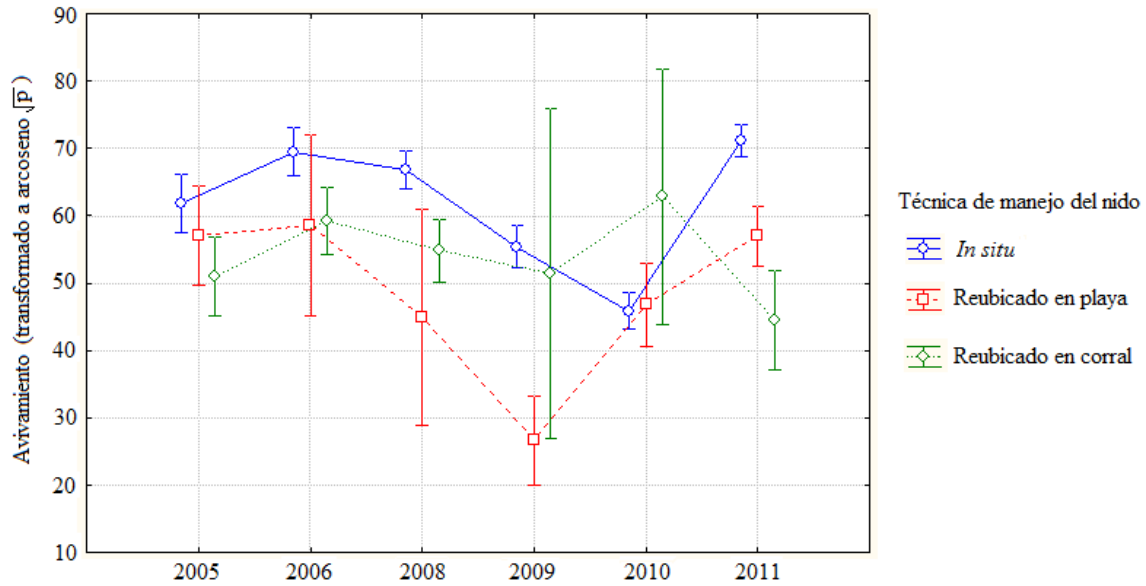
	<b>G.L</b>	<b>F</b>	<b>P</b>
<b>Técnica de manejo del nido</b>	2	21.137	≤0.0001
<b>Año</b>	5	3.104	≤0.009
<b>Técnica*Año</b>	10	6.044	≤0.0001
<b>Error</b>	1655		





**Gráfica 3.** Comparativo entre técnica de manejo para el parámetro demográfico de avivamiento.

En general no existen diferencias significativas para el avivamiento entre las tres técnicas de manejo a lo largo de las temporadas de anidación, salvo para las temporadas 2008 y 2011 donde sí existen diferencias significativas. Las nidadas *in situ* presentan el valor mayor para las seis temporadas, durante el 2010 alcanzó su valor menor (Gráfica 4).



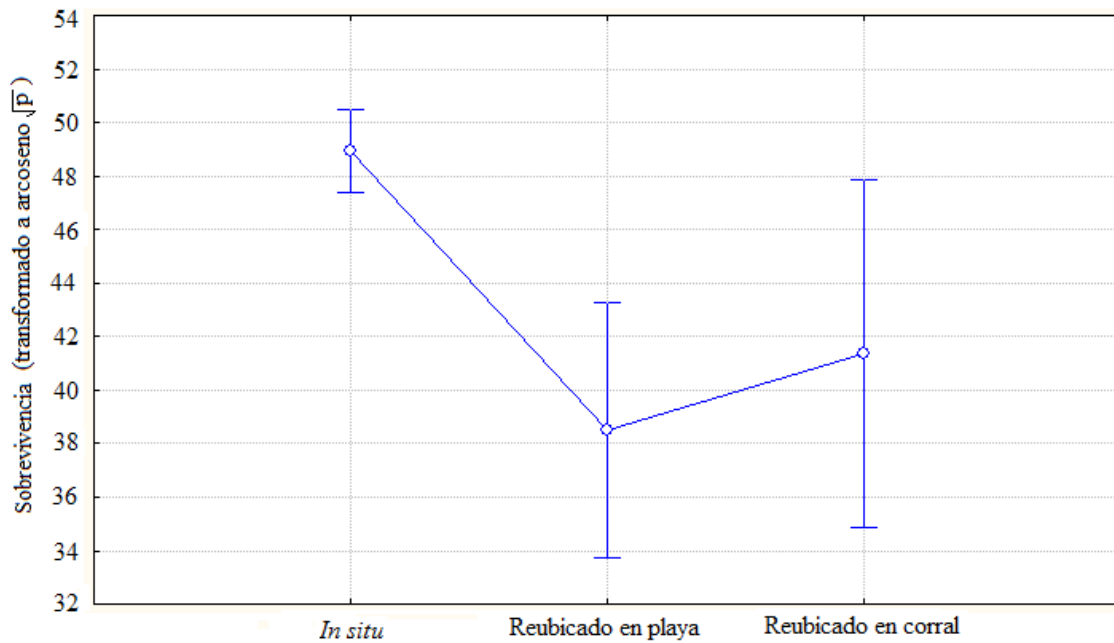
**Gráfica 4.** Comparativo entre temporada por técnica de manejo para el avivamiento.

### b) Supervivencia

Para la supervivencia los nidos conservados *in situ* presentan diferencias significativas con respecto a las nidadas reubicadas en playa. Los nidos reubicados en corral no presentan diferencias significativas con respecto a las nidadas conservadas *in situ* y reubicadas en playa, para las temporadas analizadas (Tabla 10; Gráfica 5).

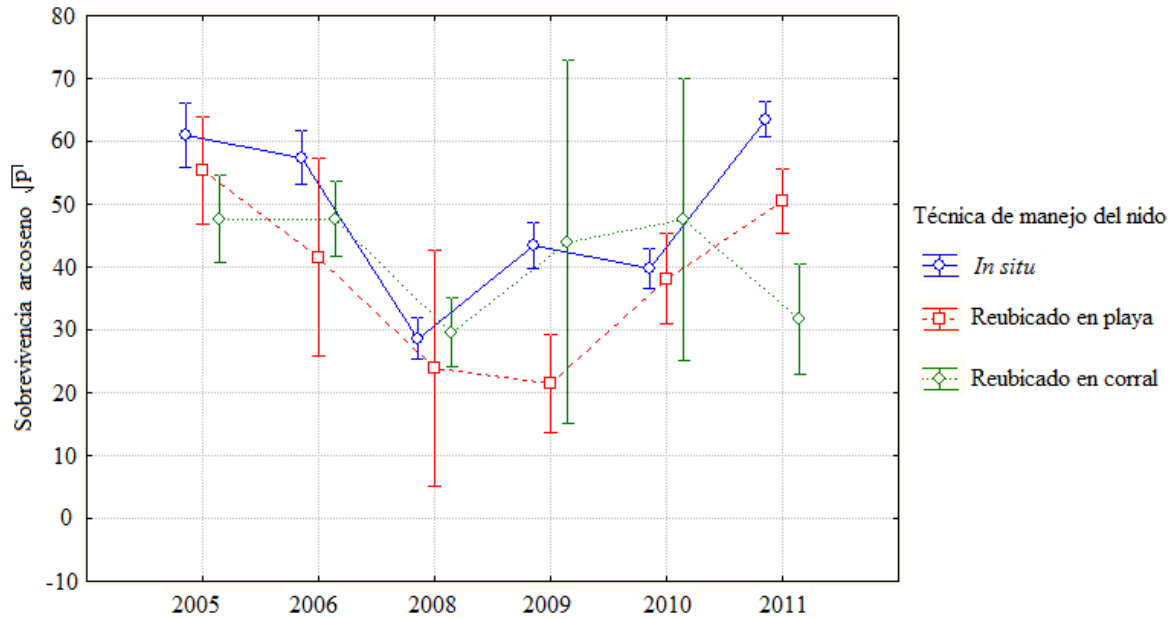
**Tabla 10.** Tabla de ANOVA para los valores de Supervivencia

	<b>G.L</b>	<b>F</b>	<b>P</b>
<b>Técnica de manejo del nido</b>	2	10.148	≤0.0001
<b>Año</b>	5	10.918	≤0.0001
<b>Técnica*Año</b>	10	5.038	≤0.0001
<b>Error</b>	1655		



**Gráfica 5.** Comparativo entre técnica de manejo para el parámetro demográfico de sobrevivencia.

En general no existen diferencias significativas para la sobrevivencia entre las tres técnicas de manejo, únicamente en 2011 existen diferencias significativas en la sobrevivencia entre las tres técnicas, donde las nidadas *in situ* presentan el valor mayor (Gráfica 6).



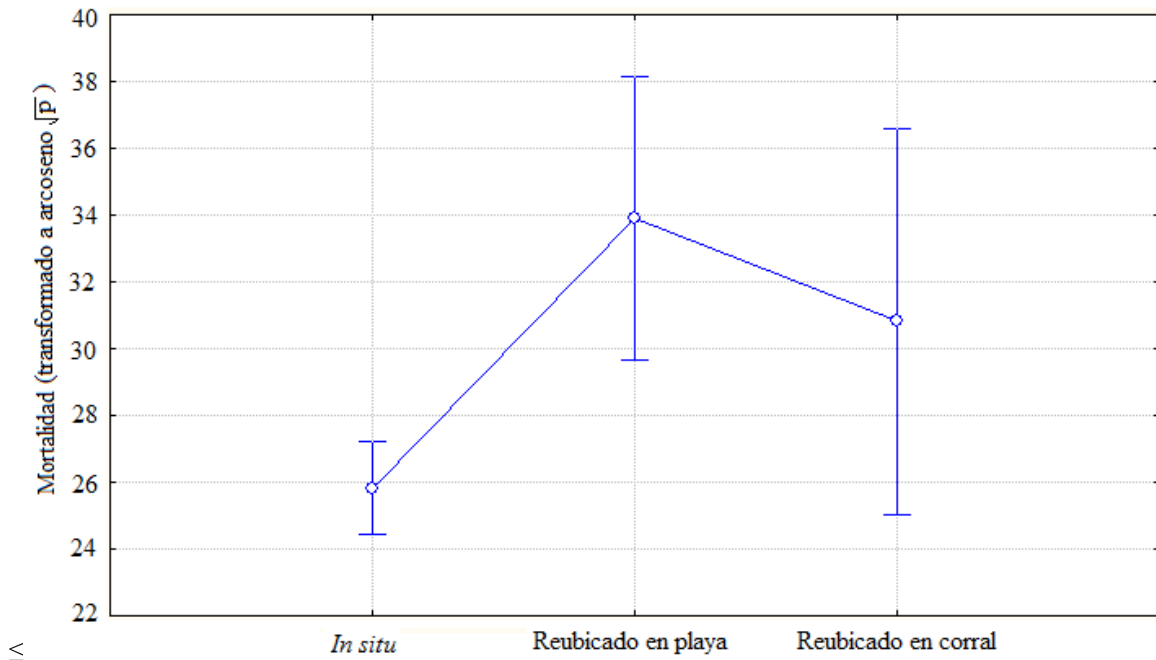
**Gráfica 6.** Comparativo entre temporada por técnica de manejo para la sobrevivencia.

### c) Mortalidad

Para la mortalidad los nidos conservados *in situ* no presentan diferencias significativas con respecto a las nidadas reubicadas en corral para las temporadas analizadas. Los nidos reubicados en corral no presentan diferencias significativas con respecto a las nidadas reubicadas en playa (Tabla 11; Gráfica 7).

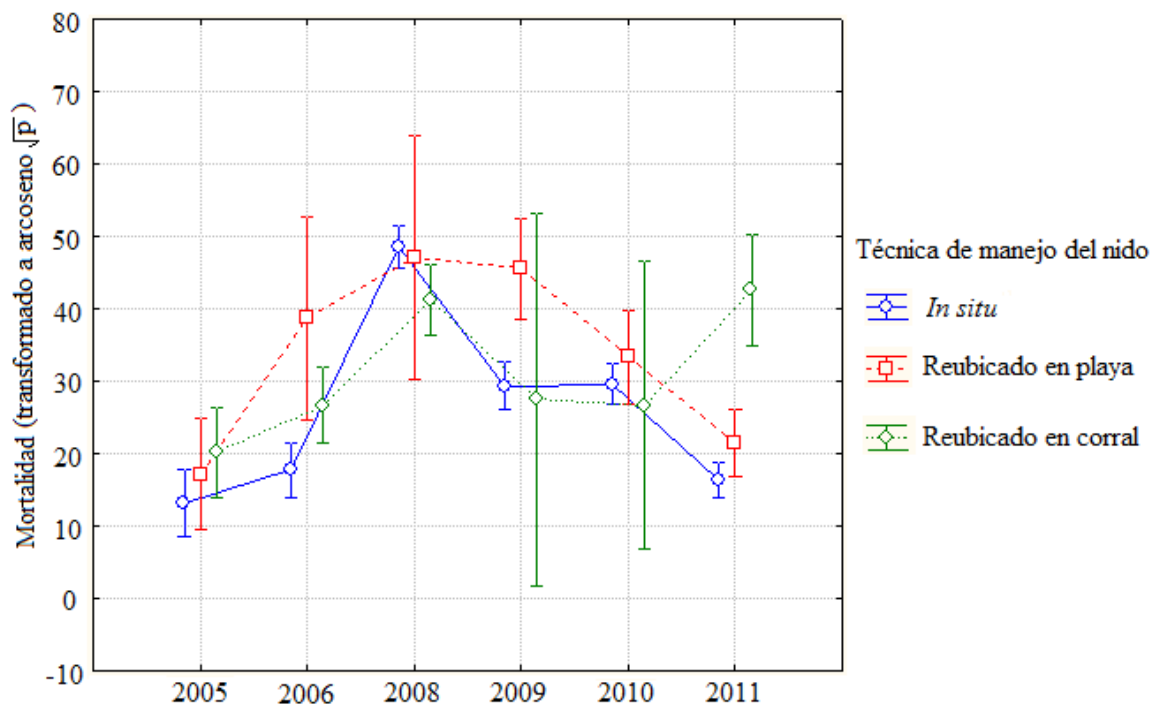
**Tabla 11. Tabla de ANOVA para los valores de Mortalidad.**

	<b>G.L</b>	<b>F</b>	<b>P</b>
<b>Técnica de manejo del nido</b>	2	7.249	≤0.0007
<b>Año</b>	5	14.360	≤0.0001
<b>Técnica*Año</b>	10	5.939	≤0.0001
<b>Error</b>	1655		



**Gráfica 7.** Comparativo entre técnica de manejo para el parámetro demográfico de mortalidad.

En la Gráfica 8, se muestra el comparativo entre temporada por técnica de manejo para la mortalidad donde la mayoría no presentan diferencias significativas, entre las tres técnicas de manejo, únicamente en 2006 existen diferencias significativas en la mortalidad entre las nidadas *in situ*, que poseen el menor valor, y las nidadas reubicadas en playa o en corral. De igual forma en el 2011, donde las nidadas reubicadas en corral poseen el mayor porcentaje de mortalidad.



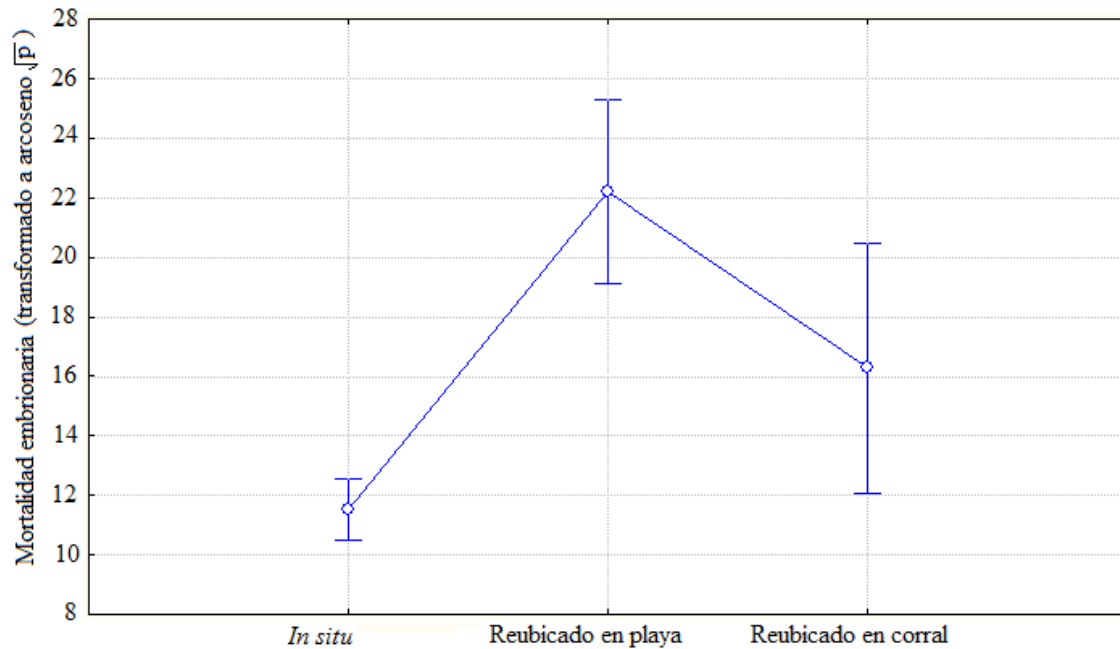
**Gráfica 8.** Comparativo entre temporada por técnica de manejo para la mortalidad.

#### d) Mortalidad embrionaria

Para la mortalidad embrionaria durante las temporadas analizadas, los nidos conservados *in situ* no presentan diferencias significativas con respecto a las nidadas reubicadas en corral. Los nidos reubicados en corral no presentan diferencias significativas con respecto a las nidadas reubicadas en playa (Tabla 12; Gráfica 9).

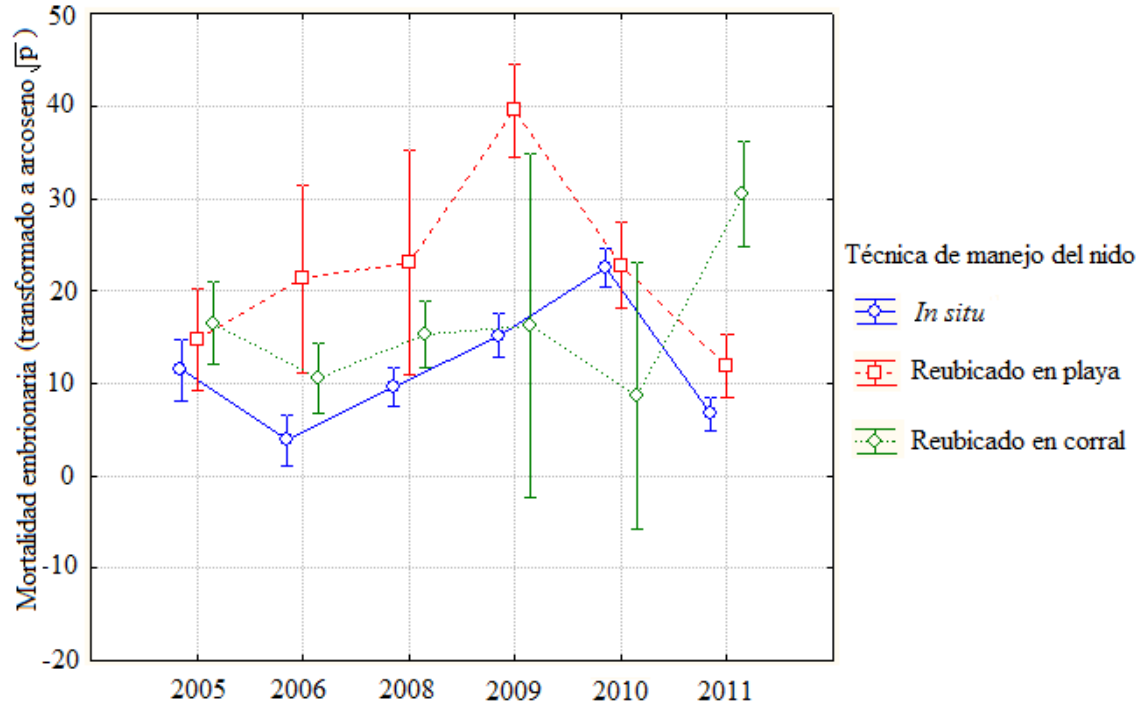
**Tabla 12.** Tabla de ANOVA para los valores de mortalidad embrionaria

	<b>G.L</b>	<b>F</b>	<b>P</b>
<b>Técnica de manejo del nido</b>	2	22.201	≤0.0001
<b>Año</b>	5	2.398	≤0.0353
<b>Técnica* Año</b>	10	9.139	≤0.0001
<b>Error</b>	1655		



**Gráfica 9.** Comparativo entre técnica de manejo para el parámetro demográfico de mortalidad embrionaria.

De las seis temporadas analizadas para la mortalidad embrionaria únicamente las temporadas 2006 y 2011 muestran diferencias significativas donde las nidadas *in situ* presentan el menor valor con respecto a las nidadas reubicadas en playa o en corral; además de la temporada 2011 que presenta diferencias significativas entre las tres técnicas de manejo (Gráfica 10).



**Gráfica 10.** Comparativo entre temporada por técnica de manejo para la mortalidad embrionaria.

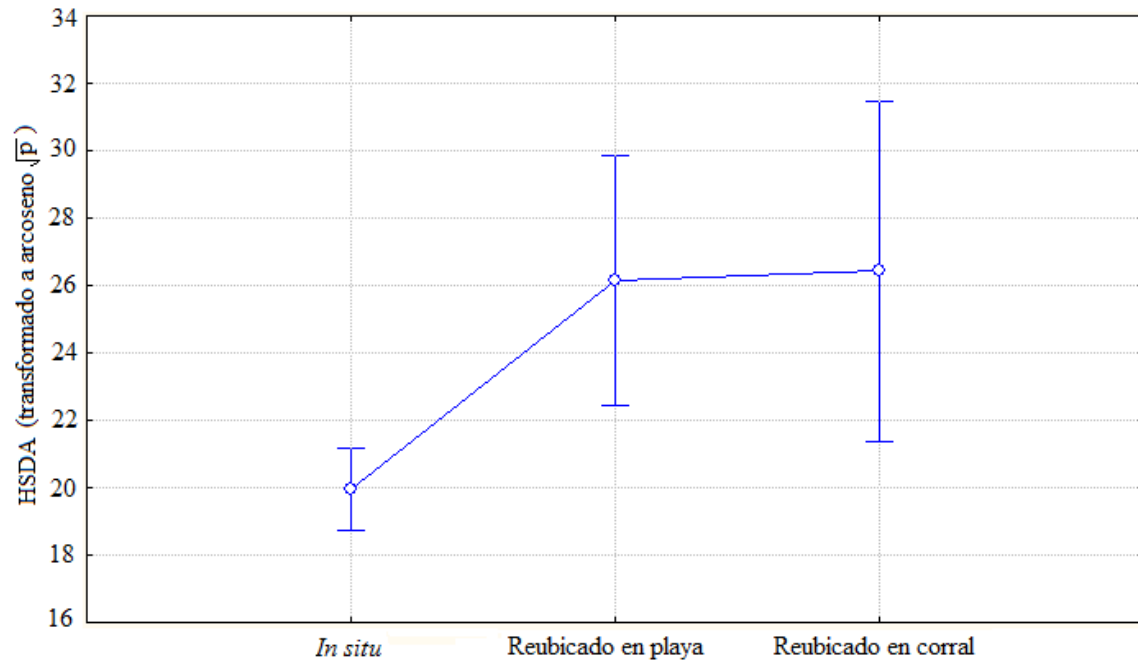
**e) Huevos sin desarrollo aparente**

Para los huevos sin desarrollo aparente los nidos conservados *in situ* exhiben el menor valor y presentan diferencias significativas con respecto a las nidadas reubicadas en corral para las temporadas analizadas. Los nidos reubicados en corral no presentan diferencias significativas con respecto a las nidadas reubicadas en playa (Tabla 13; Gráfica 11).

**Tabla 13. Tabla de ANOVA para los valores de huevos sin desarrollo aparente.**

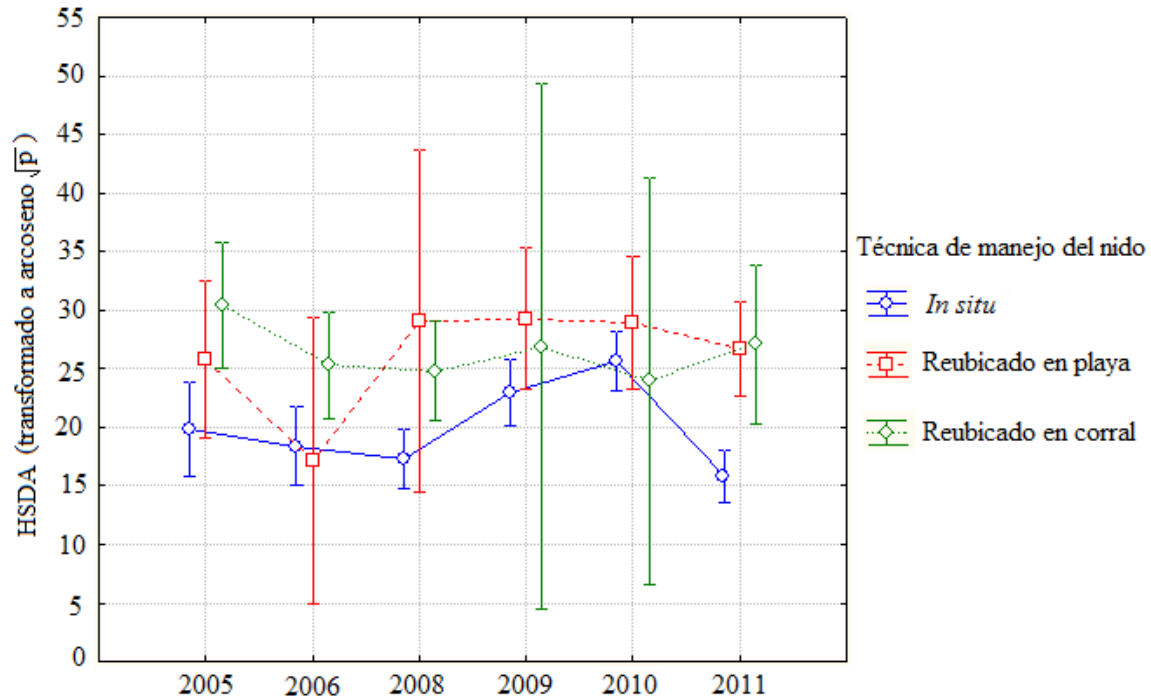
	<b>G.L</b>	<b>F</b>	<b>P</b>
<b>Técnica de manejo del nido</b>	2	7.316	$\leq 0.0007$
<b>Año</b>	5	0.894	$\geq 0.4836$
<b>Técnica*Año</b>	10	0.873	$\geq 0.5573$
<b>Error</b>	1655		





**Gráfica 11.** Comparativo entre técnica de manejo para el parámetro demográfico de huevos sin desarrollo aparente.

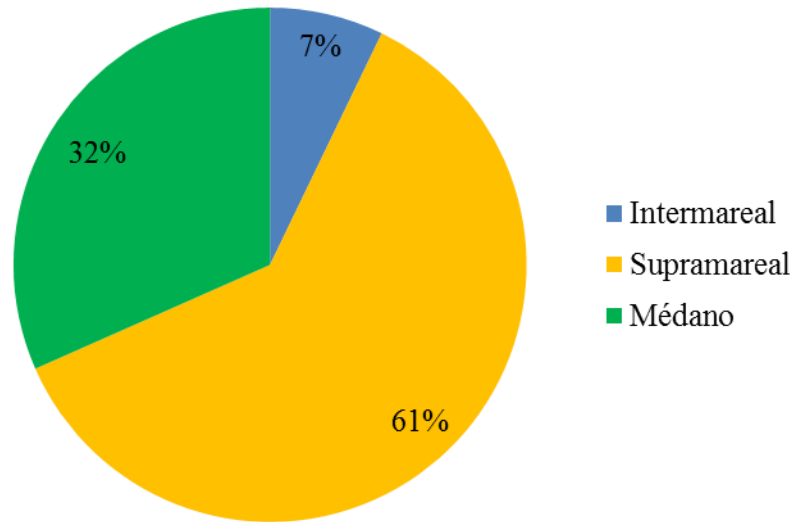
En cuanto a las temporadas analizadas en general no existen diferencias significativas entre las tres técnicas de manejo para los huevos sin desarrollo aparente, solamente para la temporadas 2011 las nidadas *in situ* presentan el menor valor con respecto a las nidadas reubicadas en playa o corral (Gráfica 12).



**Gráfica 12.** Comparativo entre temporada por técnica de manejo para los huevos sin desarrollo aparente.

#### D. Selección del sitio de anidación de acuerdo al perfil de playa

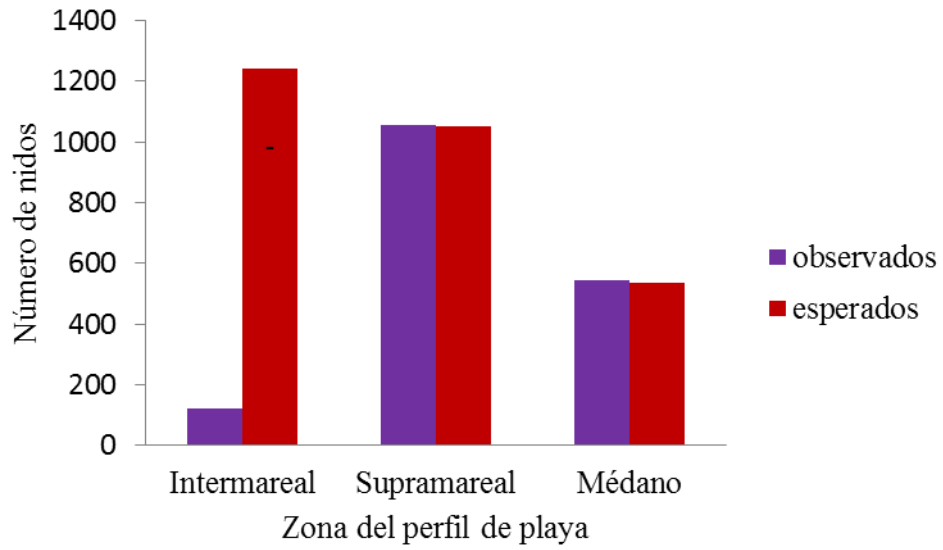
Se tiene el registro del lugar del perfil de playa del 97 % del total de nidos protegidos de *C. mydas* durante las temporadas 2005-2011. Los resultados indican que de un total de 1727 nidos, 124 se encuentran en la zona intermareal (7 %), 1057 en la zona supramareal (61 %) y 546 en la zona del médano (32 %) (Gráfica 9).



**Gráfica 13.** Porcentaje de nidos por perfil de playa durante temporadas 2005-2011

Los resultados de la prueba  $\chi^2$ , por homogeneidad, revelan un efecto significativo del número de nidos en relación al perfil de playa ( $\chi^2=1007.5$   $gl=2$   $P<0.0001$ ), lo que indica que la tortuga verde no elige de manera azarosa el sitio para hacer su nido.

Las tortugas verdes prefieren anidar en zonas supramareales o incluso en el médano, según reseña la prueba de residuos estandarizados, la cual determina que la frecuencia observada para el perfil intermareal (-31.7) es significativamente menor a la frecuencia esperada; para el caso del perfil supramareal y médano no son significativas (0.1 y 0.4 respectivamente) (Gráfica 10).



**Gráfica 14.** Preferencias de anidación para *Chelonia mydas* en Cayo Arcas. Temporadas 2005-2011

## **X. DISCUSIÓN**

Actualmente para lograr el éxito en la conservación de las tortugas marinas se requiere una participación activa entre autoridades, científicos y sociedad. Una de las acciones encaminadas a cumplir este objetivo es la implementación de programas de protección que incluyan no sólo la conservación del hábitat sino que se enfoquen en producir crías que tengan mayor posibilidad de sobrevivir, crecer y aumentar las poblaciones silvestres.

En Campeche, la Estación de Investigación Oceanográfica Carmen (EIOC.) a cargo de la Secretaría de Marina Armada de México, ha manejado durante más de 10 años el programa de conservación de tortuga verde en Cayo Arcas.

### **1. Estacionalidad**

Durante las temporadas 2005-2011 se destaca la estacionalidad de la anidación, que va de los meses de mayo a noviembre, alcanzando un máximo en junio y julio. Ésta marcada estacionalidad en el comportamiento de anidación, principalmente durante el verano, es consecuencia de la actividad reproductiva de las hembras, que coincide con las condiciones óptimas ambientales en esos meses para asegurar el mayor éxito reproductivo (Cheng *et al.*, 2009).

Comparando con otras zonas, la temporada de anidación de tortuga verde en Cayo Arcas concuerda con otros campamentos, para Isla Contoy (Durán, 1991) y X'cacel, Quintana Roo; Lechuguillas, Veracruz; Las Coloradas y El Cuyo, Yucatán (INE & SEMARNAP, 1999; Cuevas *et al.*, 2010; Mejía, 2012).

Durante las siete temporadas de anidación se obtuvo un promedio de 252 nidos por temporada. La temporada 2007 exhibe el menor número de nidos (94), esto puede explicarse por el paso del huracán *Dean* durante el mes de agosto que afectó considerablemente la temporada de anidación en toda la región. Se ha reportado que los fenómenos naturales como huracanes y tormentas tropicales perturban en gran medida las rutas de migración y por tanto la anidación (Pike & Stiner, 2007).

El año 2011 muestra el mayor número de nidos con 432, número muy superior a las demás temporadas. Para el mismo el año en otros campamentos cercanos a Cayo Arcas se reportan diversos números, Moreno (2011) reporta para las islas de Arrecife Alacranes durante la temporada 2011, 353 nidos para Playa Desterrada, 320 para playa Muertos, lo cual puede ser indicativo de que fue un año propicio para la anidación.

En cuanto al número de huevos por nidada, el tamaño máximo de la nidada está limitado por la capacidad de la cavidad corporal de la hembra (Broderick *et al.*, 2003), la cual puede ser muy variable en *C. mydas*, como lo describen numerosos trabajos que reportan diferencias entre el número promedio de huevos por nidada por año (Bjorndal *et al.*, 1999; Godley *et al.*, 2001; Solow *et al.*, 2002; Balazs & Chaloupka, 2004; Tröeng & Rankin, 2005; Antworth *et al.*, 2006). En Cayo Arcas el tamaño promedio de la nidada es de 116.9 huevos, se tiene el registro de una nidada con 251 huevos durante la temporada 2010, numerosos trabajos reportan el número de huevos por nidada entre 33 y 164 (Niethammer *et al.*, 1997; Venkatesan *et al.*, 2004; Cheng *et al.*, 2009), ninguno alcanzando la cifra máxima obtenida en Cayo Arcas.

## **2. Importancia de Cayo Arcas como sitio aislado de anidación**

Las zonas de anidación de tortugas marinas en islas con poco impacto humano, en general tienen la ventaja de que se encuentran libres de depredadores y saqueo (Gratiot *et al.*, 2006). Para *C. mydas* una zona, con estas características, bien estudiada es Isla Ascension, ubicada en medio del océano Atlántico entre América y África, es considerada como la primer reserva oficial para la conservación de tortuga verde y la localidad tipo de la misma, en ella se presentan condiciones de poca depredación y es un lugar aislado óptimo para su reproducción (Mortimer & Carr, 1987).

Otro lugar relativamente aislado es Isla de Aves, Venezuela, segundo sitio en el mundo con mayor proporción de hembras anidadoras de *C. mydas*, donde se exhiben las mismas bondades de un sitio poco perturbado (Vera & Buitrago, 2011).

No obstante los beneficios del estudio de tortugas marinas en lugares aislados, estos implican temporadas de muestreo muchas veces trucas y en ocasiones poco óptimas, ya

sea por las restricciones económicas o por las logísticas (Gratiot *et al.*, 2006). En México, caso particular es Cayo Arcas, donde la temporada se restringe a los meses de mayo a octubre y el personal está limitado por la cantidad de víveres y espacio de residencia en la isla.

Por otro lado, para la región del Golfo de México, Millán (2009) identificó a la población de *C. mydas* en Cayo Arcas como una “unidad de manejo”, es decir, se trata de una población que muestra entre sí una divergencia significativa en la frecuencia de sus alelos, importante para estudios de conservación. Esta colonia insular (junto con isla Alacranes en Yucatán) se encuentra diferenciada con respecto de las colonias continentales de la región, particularmente por presentar una alta diversidad genética y tener un haplotipo proveniente del linaje del Atlántico Sur único en las poblaciones de *C. mydas* en México. Millán (2009) concluye que Cayo Arcas presenta, junto con isla Alacranes, el mayor índice de endemismo haplotípico de todas las poblaciones de *C. mydas* en México, resaltando así la importancia de su conservación.

Otro aspecto a resaltar es la representatividad de Cayo Arcas con respecto a Campeche. Para el total del estado se registran en 7 campamentos donde anida *C. mydas* en la temporada 2012 un total de 5,016 nidadas (Guzmán & García, 2013). Para Cayo Arcas se registraron 596 nidadas, lo cual significa que alrededor del 12 % de las nidadas del estado de Campeche se concentraron en Cayo Arcas ese año.

### **3. Comparativo entre técnicas**

Si bien la técnica de protección de nidadas en condiciones *in situ* es la forma natural de incubación de los huevos, existen amenazas a las que se exponen las nidadas, tal como erosión de la playa, inundaciones por ciclones y tormentas tropicales, depredadores nativos, los recolectores furtivos de huevos provenientes de las comunidades ribereñas, los depredadores introducidos, el ganado y el desarrollo costero (Boulon, 2000). A fin de reducir estos efectos, en los campamentos tortugueros se pueden manejar las nidadas bajo dos tratamientos: reubicado a playa y reubicado a corral.

En Cayo Arcas no existen amenazas relacionadas con el impacto humano, no obstante por protocolo se reubican las nidadas, ya sea en playa o a corral, cuando la ubicación de un nido es riesgosa. El principal problema con la reubicación es que, aun cuando se procure mantener rigurosamente la forma y dimensiones de la cámara de incubación, el reubicar los nidos no solamente conlleva un cambio espacial sino que hay nuevas condiciones de incubación y efectos de manejo (García, 1998), lo cual puede llegar a reducir los porcentajes de avivamiento de un 90% al 50% en áreas donde solamente se perderían por causas naturales el 25% de las nidadas (Pritchard, 1980 en García 1998) por lo cual se tiene que evaluar críticamente la pertinencia de la reubicación.

La técnica más empleada en los campamentos tortugeros es *in situ*, ya que de esta manera no se afecta y se mantiene la incubación natural de los huevos, además de que es posible monitorear su desarrollo embrionario de forma natural (Guzmán & García, 2013). De igual forma es la técnica prioritaria de manejo en Cayo Arcas con aproximadamente 7 de cada 10 nidos tratados bajo la técnica *in situ*.

Sin embargo dado la existencia de amenazas naturales como inundación, erosión, raíces de la vegetación, rocas o de otras nidadas, las nidadas se reubican en playa o se reubican en corral. A partir de un nido *in situ*, en riesgo, se decide reubicarlo en playa si existe otra zona cercana y disponible para incubarlo, de lo contrario se reubica al corral. La recolección y el trasplante de huevos debe ser siempre la última elección (Boulon, 2000)

El manejo de nidadas *in situ*, es la técnica más empleada en muchos otros campamentos tortugeros como en el Área de Protección de Flora y Fauna Laguna de Términos donde los nidos *in situ* representaron el 87% durante la temporada 2012 (Guzmán & García, 2013); en la playa El Cuyo en Yucatán, Durán (2012) reporta el 87% de nidos conservados *in situ* durante la temporada 1994; en la playa Desterrada e Isla Muertos en Yucatán, durante el 2010 el 100% de los nidos permaneció *in situ* (SEMARNAT-CONANP, 2008).



Si bien lo óptimo es conservar los nidos *in situ*, se presentan ciertas circunstancias para preferir reubicar los nidos a corral, caso particular de la playa Las Coloradas en Yucatán (Garduño-Andrade & Cervantes, 1996), donde el 71% de las nidadas se protegen en corral, debido al saqueo y depredación.

En general, el manejo *in situ* es el preferido ya que reporta el mayor éxito de avivamiento (Eckert & Eckert, 1990; Durán, 1991; Garduño *et al.*, 1993; Leh, 1994; Chen & Cheng, 1995; Garduño-Andrade & Cervantes, 1996; García, 1998; Santos *et al.*, 2000; Baptistotte *et al.*, 2003; García *et al.*, 2003; Kornaraki *et al.*, 2006; Cheng *et al.*, 2009; Durán, 2012), resultados que coinciden con lo encontrado para Cayo Arcas en el presente trabajo.

El avivamiento, es decir el porcentaje de huevos en la nidada que produjo una cría y rompió el cascarón, no fue constante a lo largo de las temporadas. En el presente trabajo se obtuvo un valor promedio de avivamiento de 59.2 para los nidos conservados *in situ*, cifra en varios casos superior a lo reportado en trabajos similares con tortugas marinas. Por ejemplo, para *C. mydas*, Fowler (1979) reportó 47% de avivamiento en el Tortuguero, Costa Rica; para la misma zona Leslie *et al.*, (1996) mencionan un avivamiento promedio de 51.6% para *Caretta caretta*; Eckert & Eckert (1990), reportan en St. Croix, Islas Vírgenes, un porcentaje promedio de 49.4%; Turkozan *et al.*, (2011) menciona un éxito de 57% para las tortugas *C. mydas* y *C. caretta* en playa Akyatan, Turquía; Alexander *et al.*, (2002) reportan en St. Croix, Islas Vírgenes un 57.5% de avivamiento promedio para los nidos conservados *in situ*; Chacón & Hancock (2004) obtienen of 54.9% de avivamiento; para *Dermochelys coriacea* en Espíritu Santo, Brasil; Thomé *et al.* (2007) reportan el 53.3% de avivamiento; para la playa Gandoca, Costa Rica, Furler (2005) obtuvo 49.6%; Rondón-Médicci *et al.*, (2010) reporta para las playas Cipara y Querepare, Venezuela, el 62.9% y 55.97% de avivamiento para nidos *in situ*, respectivamente. Sin embargo para el Arrecife Alacranes, Yucatán, un complejo de islotes similares a Cayo Arcas, Moreno (2011) reporta porcentaje de avivamiento de 78% y Rondón-Médicci *et al.*, (2010) reporta para la playa Cipara, Venezuela, el 62.9% ambos resultados superiores a lo aquí encontrado.

La principal amenaza para los nidos de tortugas marinas mantenidos *in situ* es el saqueo y la pérdida o degradación de las zonas de reproducción y alimentación (Spotila *et al.*, 2000). En Cayo Arcas, salvo por el personal del campamento, la presencia humana es nula y por tanto los depredadores asociados a ella, tales como perros, gatos, ganado y mamíferos pequeños también lo es.

En los estudios realizados en islas con condiciones similares, y en ausencia de depredadores, se reporta que los nidos *in situ* muestran los mayores resultados de avivamiento tal como lo obtenido aquí. Para nidos de *C. mydas* conservados *in situ*, Durán (1991) en la Isla Contoy, Quintana Roo, obtuvo 74.7% de avivamiento promedio; mientras que para la Isla Wan-An, Taiwan, Chen & Cheng (1995) reportan 70% de avivamiento promedio; en las islas Tromelin, en el Océano Índico, Jacob (2009) reporta un 80%; mismo valor que obtuvieron Cheng *et al.*, (2009) en la Isla Lanyu, Taiwan; en la Península de Pinar del Río, en Cuba, Azanza *et al.*, (2006) obtuvieron 75% de éxito de emergencia; Moreno (2011) reporta para las islas del Arrecife Alacranes, en Yucatán, un porcentaje de avivamiento de 78%. Estos resultados indican que en gran medida se deben controlar parámetros externos, principalmente asociados al humano, para incrementar el éxito reproductivo.

El promedio de avivamiento varió dependiendo de la técnica de incubación utilizada y del año. Cabe señalar que para el año 2010 las nidadas *in situ* exhiben una disminución considerable en sus valores de avivamiento con respecto a los años anteriores, para este mismo año las nidadas reubicadas a corral muestran el valor mayor de avivamiento, esto se explica por el impacto del huracán Karl en la zona (Hernández *et al.*, 2010), que afectó de forma considerable las nidadas cercanas a la playa en septiembre.

Las diferencias entre el avivamiento de los nidos conservados *in situ* y los reubicados puede deberse a la manipulación de los huevos o bien a las condiciones del nuevo nido. A pesar de que se intentan imitar las proporciones del nido nunca se llega a igualar al elaborado por la tortuga, las diferencias del porcentaje de avivamiento pueden deberse a la técnica de sembrado, ya que en Cayo Arcas la arena en la playa se encuentra muy

suelta. Por esto se emplea una pala de punta cuadrada, por lo tanto al excavar y el movimiento de arena es mucho mayor al que se realiza con una pala tipo “cava-hoyos”. En estas condiciones el nido no guarda las proporciones adecuadas y la arena queda muy suelta alrededor de este, perdiendo las condiciones para mantener la temperatura y humedad.

Para las nidadas reubicadas sólo en el año 2011 se observaron diferencias significativas en el avivamiento entre las reubicadas en corral y en playa, temporada en la que las nidadas reubicadas en playa obtuvieron mayores valores de avivamiento. Si bien estadísticamente no hay diferencia significativa, en términos generales las nidadas reubicadas en corral presentan valores mayores de avivamiento que aquellas reubicadas en playa, situación similar ha sido reportada en la literatura: para la temporada 2009 en Playa Tortuga, Puntarenas Costa Rica, donde el porcentaje de avivamiento de nidos reubicados en corral fue mayor que aquellos reubicados en playa (83% y 65%, respectivamente) (Brenes, 2009), así como en El Cuyo, Yucatán, donde los nidos en corral muestran el 83.78% y aquellos reubicados en playa el 72.19% de avivamiento (Durán, 2012).

En general, se considera que los bajos porcentajes de avivamiento en contraste con altos porcentajes de mortalidad embrionaria pueden estar relacionados con varios parámetros: (a) ambientales como temperatura, humedad, salinidad, intercambio gaseoso, tipo de grano de la arena, contenido orgánico e infecciones bacterianas (Ackerman, 1996); (b) parámetros maternos, tales como estado nutricional de las hembras o efectos hormonales (Ackerman, 1996; Romano, 2010); (c) y el manejo de los nidos en las zonas de reubicación (corral o playa) (García, 1998). Estos parámetros pueden variar sustancialmente de un año a otro, provocando en parte las diferencias observadas entre los promedios del presente trabajo.

Desafortunadamente no se tienen datos de temperatura y humedad de los nidos en Cayo Arcas para cada temporada analizada, por lo que es recomendable la toma de esta

información para el seguimiento del trabajo de protección durante la temporada y determinar la influencia de estos parámetros.

Una diferencia importante en el manejo de las nidadas es la producción de crías. En nidos incubados *in situ* la mayoría emergen simultáneamente, siendo pocas las que no alcanzan la superficie. En cambio, en el corral, la emergencia ocurre en intervalos que van de pocas horas hasta días.

Para disminuir la mortalidad de crías en Cayo Arcas se trata de impedir que las crías permanezcan largos periodos de tiempo dentro de la cámara del nido. Se recomienda recuperar las crías después de la emergencia de al menos la mitad de las crías producidas con respecto al total de huevos incubados. En Cayo Arcas la referencia que se utiliza es la fecha de emergencia, donde el nido es revisado transcurridos 6 días desde la primera fecha estimada de emergencia o 56 días después de la fecha de desove.

De acuerdo a la NOM-162 que establece las especificaciones para la protección recuperación y manejo de las poblaciones de las tortugas marinas en su hábitat de anidación las crías no pueden ser retenidas, deben ser liberadas inmediatamente después de su salida a la superficie. La importancia de no retener crías de tortuga es para evitar problemas fisiológicos y alterar su conducta natural, ya que si no se liberan inmediatamente y se retienen por periodos largos, de 24 a 48 horas en la arena seca, la concentración de niveles de glucosa en la sangre aumenta debido al estrés generado (Zenteno *et. al.*, 2012).

La emergencia de una cría de tortuga marina hasta la superficie del nido depende en gran medida de parámetros físicos tales como la compactación de la arena y la forma de la cámara, aunque también intervienen parámetros biológicos como el metabolismo de la cría (Dial, 1987). Lo anterior explica los mayores porcentajes de mortalidad en los nidos reubicados a corral y a playa no obstante no se hayan encontrado diferencias significativas entre las técnicas, ya que al formar un pozo utilizando una pala de punta cuadrada las dimensiones de la cámara y el túnel de salida podrían no ser las adecuadas

para una buena oxigenación durante la incubación. Asimismo la compactación de la arena no es la óptima para el recorrido de las crías a la superficie (García, 1998).

Una discusión importante sobre las nidadas reubicadas es que pueden resultar negativas, es decir, que los porcentajes de sobrevivencia son menores a aquellos que se obtendrían si se dejaran *in situ* ya que se puede llegar a reducir los porcentajes de avivamiento de un 90% al 50% (Pritchard, 1980 en García, 1998).

Para el porcentaje de mortalidad no hay diferencia estadísticamente significativa entre los nidos conservados *in situ* y los nidos reubicados en playa o corral para las temporadas 2005, 2008 y 2010; en general esto indica que el traslado de las nidadas es adecuado, ya que la mayor mortalidad en nidos reubicados puede deberse a la manipulación de los huevos para su traslado a otra zona de la playa.

El porcentaje de mortalidad involucra tres fases del desarrollo en la incubación de los huevos y emergencia de las crías: a) la mortalidad temprana (HSDA), b) la mortalidad de embriones en sus diferentes estadios y c) la mortalidad de crías desde la eclosión del cascarón hasta su llegada a la superficie. Cada fase varía de acuerdo a la especie de tortuga, y consecuentemente al manejo y al ambiente de incubación.

El valor promedio de mortalidad embrionaria en Cayo Arcas fue de 12.0 en nidos *in situ*, 20.1 en reubicado a playa y 18.2 en reubicado a corral. En trabajos similares el porcentaje de mortalidad embrionaria es muy variable; por ejemplo, Garduño & Cervantes (1996) para Las Coloradas en Yucatán reportan el 4.8% en nidos reubicados en corral y el 2.8% para nidos *in situ*; en la playa El Verde, Sinaloa, Arzola (2007) encontró para nidos *in situ* el 13% y para nidos reubicados a corral el 22%; para el Cuyo, Yucatán, Durán (2012) reporta el 1.5% para nidos *in situ*, 2.2% para nidos reubicados en playa y 0% para aquellos reubicados en corral, esto se debe principalmente a las diferencias en las condiciones de incubación.

Cabe señalar que durante la revisión de los huevos al final de la incubación es difícil detectar los embriones que han muerto dentro del oviducto materno o durante los primeros días dentro del nido. Para identificarlos es necesario observar una mancha blanca y la coloración del cascarón al final del periodo de incubación (Chan *et al.*, 1985 en García, 1998). Por tanto existe la posibilidad que la mortalidad embrionaria esté subestimada, ya que los embriones menores a 3 semanas de desarrollo pudieron descomponerse durante el tiempo que el nido tardó en ser revisado y por tanto son catalogados como huevos sin desarrollo aparente (HSDA).

La mortalidad embrionaria puede estar influenciada por el manejo de los huevos, ya que, en los huevos de tortugas marinas, una vez polarizado el disco germinal, el embrión se fija al cascarón, por lo que los movimientos causan el desprendimiento de las membranas, provocando a su vez que no haya desarrollo; un cambio de inclinación afectará su desarrollo posterior ya que los embriones mal colocados pueden quedar bajo su misma yema aumentando la mortalidad (Garduño & Cervantes, 1996).

El valor promedio de HSDA fue de 19.2 para nidos *in situ*, 27.1 en nidos reubicados en playa y el 22.7 para nidos reubicados en corral. En numerosos trabajos aquellos nidos reubicados también presentan valores mayores de HSDA, tal es el caso en Las Coloradas, Yucatán donde Garduño & Cervantes (1996) reportan el 19.1% en nidos reubicados en corral y el 11.2% en nidos *in situ*. Sin embargo Durán (2012) reporta el 3.82% para nidos *in situ*, 10.1% en nidos reubicados en playa y 2.52% en nidos reubicados en corral, así también Arzola (2007) reporta para el Verde, Sinaloa el 18% en nidos *in situ* y el 8% en nidos en corral.

Si un huevo sufre de un traslado inadecuado, se afectan sus membranas y por tanto detiene su desarrollo y entra en la categoría de HSDA. Sin embargo, la manipulación no es el único parámetro determinante en el aumento de la HSDA en los nidos reubicados, los parámetros físicos tienen un rol importante en el incremento de la mortalidad (temperatura, humedad, compactación de la arena y manufactura del nido), por lo que hay

que poner especial cuidado tanto en las condiciones del nuevo nido como en el manejo de los huevos durante su reubicación.

#### **4. Perfil de playa**

La elección de la ubicación de la nidada es relevante para el éxito subsecuente de la misma, ya que esta elección conlleva a variaciones del microclima del nido, pudiendo llegar hasta valores fuera de los límites de tolerancia del embrión y, por tanto, al aumento de la mortalidad durante el período de incubación, o bien a la muerte del total de los nidos en caso de inundación o derrumbe (Miller, 1997; Chen & Cheng, 1995).

La zona preferente para la anidación de *C. mydas* en Cayo Arcas fue la supramareal (61%) y médano o zona con vegetación (32%), no exhibiendo diferencias significativas entre ambas; mientras que son pocas las tortugas que anidan en la zona intermareal (7%).

La zona supramareal es la zona más amplia de la playa, posee poca pendiente, se encuentra libre de vegetación y alejada de zonas inundables. Esta zona presenta el mayor porcentaje de nidadas en Cayo Arcas. La zona de médano se caracteriza por presentar vegetación compuesta principalmente por hierbas rastreras y algunos arbustos, asimismo posee una pendiente muy pronunciada. La zona intermareal es la zona inundable más próxima a la región de oleaje, presenta poca pendiente.

Los resultados de la preferencia de anidamiento en Cayo Arcas son similares a lo reportado por numerosos autores, donde la zona alejada del área inundable es la que presenta mayor cantidad de hembras anidadoras y la elección se centra en la zona supramareal y el médano, siendo este último el más empleada por las tortugas (Chen & Cheng, 1995; Wang & Cheng, 1999; Butler, 2001; Ferrer *et al.*, 2007).

De acuerdo con Miller (1997) la preferencia por la zona con vegetación responde al riesgo de derrumbe que puede ocurrir en la cámara de incubación, sobre todo cuando la arena está muy seca ya que la vegetación compacta la arena y evita derrumbes (Chen & Cheng, 1995).

Asimismo en las zonas con vegetación no existe riesgo de inundaciones, no así en la zona de intermareal donde el riesgo de inundación es constante y la supramareal, donde, si bien es mucho menor, eventualmente puede existir este riesgo.

La mayor preferencia de la zona supramareal en Cayo Arcas puede obedecer a otros parámetros, de las observaciones en campo se determina que la pendiente de la zona de vegetación es muy pronunciada, lo cual dificulta el traslado de la tortuga hasta esa zona y la preferencia por anidar en zonas con pendiente menor como la supramareal.

### **5. Sugerencias de manejo**

Las nidadas reubicadas a corral o a otras zonas de la playa muestran mayor número de HSDA, esto se explica en parte porque la manipulación de los huevos en el fondo del nido, para su traslado y reubicación, pudo afectarlos (Chan *et al.*, 1985). Una forma de evitar esto es la recolección de huevos con una bolsa plástica directamente de la cloaca, aunado a un rápido transporte y siembra, minimizando así la manipulación de las nidadas (Kutzari, 2006; Velázquez *et al.*, 2006).

El manejo del corral es de suma importancia para maximizar el éxito reproductivo, factores como la localización del mismo, profundidad del nido y compactación de la capa de arena de la nidada, afectan de manera directa la temperatura y humedad del nido, factores determinantes para soportar la embriogénesis, duración de la incubación y la sobrevivencia embrionaria (García y Sarti, 1999; Miller, 2000; Wood & Bjorndal, 2000).

De acuerdo a la normatividad vigente (NOM-162 SEMARNAT-2013), el corral debe ubicarse alejado de zonas inundables, garantizando que no se modifiquen las propiedades físico-químicas del agua y suelo que puedan ocasionar la pérdida de nidadas. Estar libre de vegetación, troncos, rocas u otras barreras naturales así como de desechos sólidos y efluentes líquidos y situarse por lo menos a la cota de 1 m sobre el nivel de la pleamar máxima registrada (Diario Oficial de la Federación, 2013), circunstancias adecuadamente implementadas en Cayo Arcas.



Asimismo, la NOM-162 SEMARNAT-2013 estipula que el tamaño del corral debe guardar relación directa a la cantidad de nidadas que se estima serán depositadas durante la temporada de anidación, tomando en cuenta las anidaciones que se han presentado durante temporadas previas al establecimiento del corral.

A este respecto en los nidos reubicados a corral en el campamento de Cayo Arcas se observa un mayor porcentaje de mortalidad y HSDA, comparado con las otras dos técnicas. Esto último puede deberse a la ya citada manipulación; sin embargo también se tienen que considerar las condiciones del nuevo nido, para ello existen ciertas sugerencias necesarias a implementar en el Campamento, como el uso de un “cava-hoyos” para imitar la profundidad de la cámara y diámetro de la boca de un nido natural, procurando además de dar la forma de “cantarito”, es decir un acabado redondeando la unión entre la cámara de incubación y el cuello del nido (Kutzari, 2006).

Uno de los puntos a destacar es que las nidadas reubicadas a corral presentan mayor avivamiento que aquellas reubicadas en la playa, esto en parte se debe a la incorrecta elección de los sitios para reubicarlos, como zonas de vegetación con raíces y piedras y zonas inundables.

La falta de espacio disponible en la isla y la cantidad de tortugas que arriban a Cayo Arcas son los parámetros limitantes en la elección de los sitios de reubicación, los cuales a menudo no son óptimos, por tanto se sugiere una elección más crítica o bien ampliar la zona de corral y trasladarlos ahí. Asimismo se recomienda, antes de iniciar la temporada de anidación, hacer una prospección inicial y determinar sitios potenciales para la reubicación de las nidadas en la playa.

Dadas las condiciones de Cayo Arcas, donde no existe espacio suficiente que soporte el arribo de hembras anidadoras, los pocos sitios adecuados para reubicar nidadas en playa y con base en los resultados del análisis de avivamiento y mortalidad, una de las sugerencias radica en emplear únicamente las técnicas *in situ* y reubicado a corral, excluyendo los nidos reubicados a playa en Cayo Arcas.

Una recomendación básica del manejo de las nidadas es evitar en gran medida el uso de la pala de punta cuadrada, tanto para buscar un nido como para revisarlo y sacar su contenido, ya que puede provocar daños mecánicos; lo recomendable es remover la arena seca manualmente, hacer una especie de “cama” hasta llegar a la arena húmeda y entonces empezar a cavar tanto para extraer los nidos para su reubicación como los nidos para su revisión.

Las especificaciones del tamaño del nido para *C. mydas* de acuerdo a la NOM-162 SEMARNAT-2013 (Diario Oficial de la Federación, 2013) son: 20-25 cm de ancho de boca y cuello, 20 a 25 cm de largo del cuello, 25 a 30-35 cm de profundidad de la cámara y 45 a 50-60 cm de profundidad total incluyendo cama, medidas que se aproximan empleando el cava-hoyos.

De acuerdo a la NOM-162 SEMARNAT-2013 una sugerencia fundamental es referente a la liberación de crías, las cuales deben liberarse inmediatamente después de que han salido a la superficie y estén activas, con un mínimo manejo, lo que les lleva en promedio 1 hora, depositándolas en un recipiente seco y trasladándolas a la zona húmeda de la playa, es decir, la zona que cubre y descubre en ese momento el oleaje, sin importar que sea de día o de noche. Si al recoger las crías, éstas se encuentran dormidas deben colocarse en un contenedor con un poco de arena húmeda, en un lugar fresco, hasta que estén activas, nunca deben ser colocadas en recipientes con agua ni ser retenidas por más de 24 horas (Kutzari, 2006).

Para el monitoreo y la elección de políticas adecuadas de conservación de *C. mydas*, es necesario estimar el tamaño total de la población (Gerrodette & Taylor, 2000), para esto es importante el registro de las actividades de las tortugas en la playa con y sin desove, por tanto se sugiere, como parte de las actividades en el campamento tortuguero, reportar la actividad observada de las tortugas en una hoja de datos, contemplando las siguientes actividades y nomenclatura:

<b>Actividad observada</b>	<b>Clave</b>	<b>Significado</b>
<b>No tortuga</b>	NT	No se observó el individuo, solo rastros o nido
<b>Emergiendo</b>	EM	Si se encuentra saliendo del mar, dirigiéndose a la playa
<b>Buscando</b>	SR	Una vez alcanzada la playa se observa, recorriendo la playa en diferentes direcciones en busca de un sitio para anidar.
<b>Limpiando cama</b>	CB	Se observa tirando vigorosamente arena hacia atrás con sus aletas delanteras.
<b>Excavando cámara</b>	DC	Si utiliza sus aletas traseras, saca y tira arena hacia atrás, da forma y profundidad al nido.
<b>Desovando</b>	LE	Si reposa en silencio, mueve lentamente sus aletas traseras y deposita los huevos. En esta etapa se observara hacia donde está orientada la tortuga tomando como referencia su cabeza, se registrara si desovo en dirección a la vegetación, si estaba de costado o hacia el mar.
<b>Cubriendo cama</b>	CC	Si con las aletas traseras cubre los huevos con arena, compacta la arena sobre la nidada.
<b>Disfrazando cama</b>	DB	Arroja arena con sus aletas delanteras, para cubrir y camuflar el nido.
<b>Retornando</b>	RO	La tortuga se ubica en la pendiente de la playa y se dirige hacia las olas

Debido a la rotación del personal que la Armada realiza durante la temporada de anidación de la tortuga verde en Cayo Arcas, se recomienda la capacitación constante del personal que trabaja en Cayo Arcas, que ayude a mejorar los trabajos de protección y minimizar los efectos de manejo debido al cambio de personal implementando las acotaciones de la NOM-162 SEMARNAT-2013 (Diario Oficial de la Federación, 2013) para la protección, recuperación y manejo de las poblaciones de las tortugas marinas en su hábitat de anidación.

## XI. CONCLUSIONES

- Los parámetros demográficos como avivamiento, sobrevivencia, mortalidad, mortalidad embrionaria y HSDA constituyen indicadores para evaluar el éxito reproductivo de *C. mydas* en Cayo Arcas.
- En Cayo Arcas el porcentaje de avivamiento es alto, y el porcentaje de mortalidad es bajo, por lo tanto se considera que hay mayores posibilidades de mantener una tasa de reclutamiento alta dando continuidad a los trabajos de conservación y con ello la permanencia de esta población en la zona.
- De las técnicas de manejo aplicadas en Cayo Arcas, se observa que existe diferencia significativa entre los nidos mantenidos *in situ* y aquellos reubicados (ya sea a playa o a corral) para algunas temporadas.
- En general el avivamiento promedio es mayor en los nidos conservados *in situ*.
- El promedio de mortalidad embrionaria y HSDA son menores en los nidos conservados *in situ* para algunas temporadas.
- Si bien, Cayo Arcas, por su situación geográfica a 180 km de la costa, es una zona libre de saqueo humano y por tanto las nidadas de tortuga están seguras, las diferencias en los porcentajes de sobrevivencia y mortalidad pueden atribuirse al manejo.
- Por el espacio limitado en Cayo Arcas y el evidente aumento de las actividades de anidación, no es posible mantener el 100% de los nidos *in situ*, se recomienda el uso del corral bajo condiciones de manejo y traslado adecuadas.
- Cayo Arcas es un sitio importante para la anidación de *C. mydas* ya que proporciona cada temporada un número considerable de crías a la población silvestre, alterando lo menos posible la conducta y la biología de la especie.

## XII. BIBLIOGRAFÍA

- Ackerman, R. A. 1996. The nest environment and the embryonic development of sea turtles. En: P.L. Lutz, J. Musick and J. Wyneken (editors), *The Biology of Sea Turtles, volume II*. CRC Press, Boca Raton, FL 83-106.
- Aguirre Gómez, R. & L. M. Morales M. 2005. Análisis espectral del arrecife coralino de Cayos Arcas, Campeche, México. *Investigaciones Geográficas* 57:7-20.
- Alexander, J., K. Deishley, K. Garrett, W. Coles & D. Dutton. 2002. Tagging and nesting research on leatherback sea turtles (*Dermochelys coriacea*) on Sandy Point, St. Croix, U.S. Virgin Islands, 2002. Annual Report to US Fish and Wildlife Service
- Alvarado, J. & A. Figueroa. 1987. The ecological recovery of sea turtles of Michoacan, Mexico: special attention, the black turtle (*Chelonia agassizi*): final report. World Wildlife Fund (U.S.) y U.S. Fish and Wildlife Service.
- Antworth R. L, Pike D. A & Stiner J. C. 2006 Nesting ecology, current status, and conservation of sea turtles on an uninhabited beach in Florida, USA. *Biol Conserv* 130:10–15
- Área de Protección de Flora y Fauna Laguna de Términos. 2010. Conservación de Tortugas Marinas, con énfasis en *Eretmochelys imbricata*, Campamento Tortuguero Chenkan, Área de Protección de Flora y Fauna Laguna de Términos. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. Disponible en internet desde: <http://www.conanp.gob.mx/acciones/fichas/carey/info/info.pdf> (Fecha de consulta: 17-October de 2012).
- Argueta, V. T. 1994. Importancia del archipiélago Revillagigedo, Colima, como zona de alimentación, crecimiento y anidación de tortugas marinas. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias. UNAM. 71 pp
- Arzola González J. F. 2007 Humedad y temperatura en nidos naturales y artificiales de tortuga golfina *Lepidochelys olivacea* (Eschsholtz 1829) *Revista de Biología Marina y Oceanografía* 42(3): 377 – 383
- Azanza Ricardo J., Ruisánchez Carrasco Y., Ibarra M.E., Ruiz Urquiola A., Castellanos L., Ríos Tamayo D., y Colectivo de estudiantes de la Facultad de Biología 2006

- Indicadores del éxito reproductivo de la tortuga verde (*Chelonia mydas*) en tres playas de la península de Guanahacabibes, Pinar del Río, Cuba. *Rev. Invest. Mar.* 27(1):69-78.
- Balazs G. H, Chaloupka M. 2004. Thirty-year recovery trend in the once depleted Hawaiian green sea turtle stock. *Biol Conserv* 117:491–498
- Baptistotte, C., J. C. A. Thomé y K. A. Bjorndal. 2003. Reproductive biology and conservation status of loggerhead sea turtle (*Caretta caretta*) in Espírito Santo State, Brazil. *Chelonian Conservation and Biology* 4(3): 1-7.
- Bjorndal K. A, Wetherall J. A, Bolten A. B, Mortimer JA. 1999. Twentysix years of green turtle nesting at Tortuguero, Costa Rica: an encouraging trend. *Conserv Biol* 13:126–134.
- Bjorndal, K., 1995. *Biology and Conservation of Sea Turtles*, revised ed. Smithsonian Institution Press, Washington, DC.
- Bjorndal, K., 1985. Nutritional Ecology of Sea Turtles. *Copeia* 2:736-751.
- Boulon, R. H. 2000. Reducción de las amenazas a los huevos y las crías: protección *in situ*. En: Eckert, K. L., K. A. Bjorndal, F. A. Abreu-Grobois y M. Donnelly (Eds.). *Técnicas de Investigación y Manejo para la Conservación de las Tortugas Marinas*. Grupo Especialista en Tortugas Marinas UICN/CSE Publicación 4:192-198.
- Bolten, A. B. 2003. Variation in sea turtle life history patterns: neritic vs. oceanic developmental stages. En: P.L. Lutz, J. Musick and J. Wyneken (Eds.), *The Biology of Sea Turtles, volume II*. CRC Press, Boca Raton, FL. 243-257
- Booth, D. T. & C. Freeman. 2006. Sand and nest temperatures and an estimate of hatchling sex ratio from the Heron Island green turtle (*Chelonia mydas*) rookery, Southern Great Barrier Reef. *Coral Reefs* 25 (4):629-633.
- Brenes Arias O. 2009 Proyecto de Conservación de Tortugas Marinas, Playa Tortuga, Ojochal de Osa, Puntarenas Costa Rica, Temporada 2009. 59 p.
- Bustard, H. R. & P. Greenham. 1968. Physical and Chemical Parámetros Affecting Hatching in the Green Sea Turtle, *Chelonia mydas* (L.). *Ecology* 49 (2): 269-276.

- Butler, J. A. 2001. Nesting biology of the sea turtles of St. Kitts, West Indies. *Chelonian Conservation & Biology*. 4: 191-196.
- Carr, A. & L. Ogren. 1960. The ecology and migrations of sea turtles. The green turtle in the Caribbean sea. *Bulletin of the American Museum of Natural History*. 121: 1-48.
- Carr, A. & A. B. Meylan. 1980. Evidence of Passive Migration of Green Turtle Hatchlings in Sargassum. *Copeia* 2:366-368.
- Carr, A., M. H. Carr & 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: 1-46.
- Chacón, D.; Sánchez, J.; Calvo, J. & J. Ash. 2007. Manual para el manejo y la conservación de las tortugas marinas de Costa Rica; con énfasis en la operación de proyectos en playa y viveros. Sistema Nacional de Áreas de Conservación (SINAC), Ministerio de Ambiente y Energía (MINAE), Gobierno de Costa Rica. San José. 103pp.
- Chacón, D. & J. M. Hancock. 2003. Informe de la anidación de la Tortuga Baula (*Dermochelys coriacea*) en Playa Gandoca, Talamanca, Costa Rica. Asociación ANAI. 75 pp.
- Chan, E.; H. Sale, H. & C. Lie. 1985. Effects of handling on hatchability of egg of the leatherback turtle, *Dermochelys coriacea* (L). *Pertanica* 8 (2): 265-271.
- Chen, T. H. & I. J. Cheng. 1995. Breeding biology of the green turtle, *Chelonia mydas*, (Reptilia: Cheloniidae) on Wan-an Island, Peng-Hu Archipelago, Taiwan. I. Nesting ecology. *Mar. Biol.* 124: 9-15.
- Cheng, I. J., C. T. Huang, P. Y. Hung, B. Z. Ke, C. W. Kuo & C. L. Fong. 2009. Ten years of monitoring the nesting ecology of the green turtle, *Chelonia mydas*, on Lanyu (Orchid Island), Taiwan. *Zool Stud* 48:83-94.
- Chiu-Lin, C., W. Chun-Chun & I-Jiunn C. 2010. Effects of biotic and abiotic parámetros on the oxygen content of green sea turtle nests during embryogenesis. *Journal of Comparative Physiology B: Biochemical, Systemic and Environmental Physiology* 180:1045-1055

- Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP). 2011. Ficha de identificación de la Tortuga *Chelonia mydas*. Disponible en línea en: [http://procer.conanp.gob.mx/tortugas/sitio/pdf/fichas\\_tortugas/tortuga\\_verde\\_prieta\\_2011.pdf](http://procer.conanp.gob.mx/tortugas/sitio/pdf/fichas_tortugas/tortuga_verde_prieta_2011.pdf) (Fecha de consulta: 11 de Febrero del 2012)
- Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES) Apéndices I, II y III. 2013. Disponible en línea en: <http://www.cites.org/esp/app/appendices.php> (Fecha de consulta: 31 de Enero del 2014).
- Crouse D.T., L.B. Crowder & H. Caswell. 1987. A stage-based population model for loggerhead sea turtles and implications for conservation. *Ecology*. 68(5):1412-1423.
- Cuevas E., Liceaga-Correa M. A., Mariño-Tapia I. 2010 Influence of Beach Slope and Width on Hawksbill (*Eretmochelys imbricata*) and Green Turtle (*Chelonia mydas*) Nesting Activity in El Cuyo, Yucatán, Mexico. *Chelonian Conservation and Biology* 9:2, 262.
- Dial, B. E. 1987. Energetics and performance during nest emergence and the hatching frenzy in loggerhead sea turtles (*Caretta caretta*). *Herpetologica*. 43 (3):307-315.
- Diario Oficial de la Federación 2000. Ley General de Vida Silvestre. Diario Oficial de la Federación 03/07/2000.
- Diario Oficial de la Federación 2010. NOM-059-SEMARNAT-2010. Protección ambiental de especies nativas de México de flora y fauna silvestres. Categorías de riesgo y especificaciones para la inclusión, exclusión o cambio de listas de especies en riesgo. D. O. F. 30/12/2010.
- Diario Oficial de la Federación 2013. NOM-162-SEMARNAT-2013. Que establece las especificaciones para la protección, recuperación y manejo de las poblaciones de las tortugas marinas en su hábitat de anidación. D. O. F. 1/02/2013.
- Diez, C. E. & J. A. Ottenwalder. 2000. Estudios de hábitat. En: Eckert, K. L., K. A. Bjorndal, F. A. Abreu-Grobois y M. Donnelly (Eds.). *Técnicas de Investigación y Manejo para la Conservación de las Tortugas Marinas*. Grupo Especialista en Tortugas Marinas UICN/CSE Publicación 4:45-50.



- Donnelly, M. 2011. Sea turtles and CITES. En *SWOT The state of the World's Sea Turtles* 6: 42-44.
- Duran Nájera, J. J. 1991. Nesting *Chelonia mydas* (Linnaeus 1758) (Testudines: Cheloniidae) at Isla Contoy, Mexico. *Revista de Biología Tropical* 39(1):149-152.
- Durán Mejía, B. 2012. Anidación de *Eretmochelys imbricata* y *Chelonia mydas* en la playa el Cuyo, Yucatán, Reserva de la Biosfera de Río Lagartos (temporada abril-octubre 1994). Tesis Licenciatura en Biología UNAM, Facultad de Estudios Superiores Iztacala. 56 pp.
- Eckert, K. L. & S. A. Eckert. 1990. Embryo mortality and hatch success in *In situ* and traslocated leatherback sea turtle *Dermochelys coriacea* eggs. *Biological Conservation* 53(1): 37-46.
- Eckert, K. L. 1993. The biology and population status of marine turtles in the North Pacific Ocean. U. S. Department of Commerce, National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), National Marine Fisheries Service (NMFS), Southwest Fisheries Science Center (SWFSC). p. 52.
- Eckert, K. L. 2000. Diseño de un programa de conservación. En: Eckert, K. L., K. A. Bjorndal, F. A. Abreu-Grobois y M. Donnelly (Eds.). *Técnicas de Investigación y Manejo para la Conservación de las Tortugas Marinas*. Grupo Especialista en Tortugas Marinas UICN/CSE Publicación 4:6-8.
- Ferrer Sánchez, Y., R. Díaz-Fernández & R. Díaz Fernández. 2007. Características de la anidación de la tortuga verde *Chelonia mydas* (Testudinata, Cheloniidae) en la playa Caleta de los Piojos, Cuba, a partir de marcaciones externas. *Animal Biodiversity and Conservation* 30 (2): 211-218.
- Fitz Simmons, N. N., C. Moritz & S. S. Moore 1995. Conservation and dynamics of Microsatellite loci over 300 million years of marine turtle evolución. *Mol. Biol. Evol.* 12(3): 432-440.
- Flores Monter, Y. M. 2004 Natalidad y mortalidad de la tortuga golfina (*Lepidochelys olivacea*) durante la temporada 2003 en el campamento tortuguero Chalacatepec, Jalisco. Tesis de Licenciatura en Biología. Universidad Autónoma Metropolitana.

- Flores Baca, B. 2007. Las tortugas marinas: las leyes como su protección y el ecoturismo como su conservación. Tesis de Licenciatura en Biología. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México. 72 pp.
- Florida Fish & Wildlife Conservation Commission. 2002. Sea Turtle Conservation Guidelines, April, 2002 Revision. Florida Fish and Wildlife Conservation Commission, Tallahassee, Florida. 61 pp
- Fowler, L. E. 1979. Hatching Success and Nest Predation in the Green Sea Turtle, *Chelonia mydas*, at Tortuguero, Costa Rica. *Ecology* 60:946–955.
- Frazier, J. G. 2000. Conservación basada en la comunidad. En: Eckert, K. L., K. A. Bjorndal, F. A. Abreu-Grobois y M. Donnelly (Eds.). *Técnicas de Investigación y Manejo para la Conservación de las Tortugas Marinas*. Grupo Especialista en Tortugas Marinas UICN/CSE Publicación 4:16-22.
- Furler, S. 2005. Hatching Success of the Leatherback Sea Turtle, *Dermochelys coriacea*, in Natural and Relocated Nests on Gandoca Beach, Costa Rica. M.Sc. Thesis, University of Basel, Basel, Switzerland.
- García, A., G. Ceballos & R. Adaya. 2003. Intensive beach management as an improved sea turtle conservation strategy in Mexico. *Biological Conservation*. 111:253-261.
- García Téllez, N. 1998. Evaluación del traslado de nidos de tortuga marina *Dermochelys coriacea* como técnica de conservación en el playón de Mexiquillo, Michoacán. Tesis de Licenciatura en Biología. Facultad de Ciencias. UNAM 63 pp.
- García, N. & L. Sarti. 1999. Management of nest in *Dermochelys coriacea*. Proceedings of the XIX Annual Symposium on sea turtle biology and conservation. NOAA Technical memorandum NMSF-SEFSC-443. South Padre Island, Texas, USA 86 pp
- Garduño-Andrade, M. & E. Cervantes Hernández. 1996. Influencia de la temperatura y la humedad en la sobrevivencia en nidos *in situ* y en corral de tortuga carey (*Eretmochelys imbricata*) en Las Coloradas, Yucatán., México. Instituto Nacional de la Pesca y Secretaría de Recursos Naturales y Pesca. *Ciencia Pesquera* 12: 90-98.

- Garduño A. M., R. Márquez, S. Andrade, A. Moreno, J. Vasconcelos y R. Lope. 1993. Comparación del avivamiento en nidos *in situ* y trasplantado de tortuga blanca, *Chelonia mydas*, en el campamento de Las Coloradas, Yucatán, 1990. En: *Memorias del IV taller regional sobre programas de conservación de tortugas marinas en la Península de Yucatán*. Universidad Autónoma de Yucatán. p. 125-129.
- Garduño A. M. & E. Cervantes H. 1996. Influencia de la temperatura y la humedad en la sobrevivencia en nidos *in situ* y en corral de tortuga carey (*Eretmochelys imbricata*) en Las Coloradas, Yuc., México. INP.SEMARNAP. *Ciencia Pesquera* No. 12.
- Gerrodette T. & B. L. Taylor. 2000. Estimación del Tamaño de la Población En: Eckert, K. L., K. A. Bjorndal, F. A. Abreu-Grobois y M. Donnelly (Eds.). *Técnicas de Investigación y Manejo para la Conservación de las Tortugas Marinas*. Grupo Especialista en Tortugas Marinas UICN/CSE Publicación 4:72-82.
- Gibson, J. & G. Smith. 2000. Reducción de las amenazas a los hábitats de alimentación. En: Eckert, K. L., K. A. Bjorndal, F. A. Abreu-Grobois y M. Donnelly (Eds.). *Técnicas de Investigación y Manejo para la Conservación de las Tortugas Marinas*. Grupo Especialista en Tortugas Marinas UICN/CSE Publicación 4:211-216.
- Godley B. J, Broderick A. C, Hays G. C. 2001. Nesting of green turtles (*Chelonia mydas*) at Ascension Island, South Atlantic. *Biol Conserv* 97:151–158.
- Gratiot, N., J. Gratiot, L. Kelle & B. De Thoisy. 2006. Estimation of the nesting season of marine turtles from incomplete data: statistical adjustment of a sinusoidal function. *Ani. Cons.* 9: 95-102.
- Groombridge, B. 1982. *The IUCN Amphibia-Reptilia Red Data Book, Part 1: Testudines, Crocodylia, Rhynchocephalia*. Gland, Suiza. 236 pp.
- Guzmán Hernández, V. 2001. *Evaluación de las poblaciones de tortugas marinas de Campeche. Sinopsis de la protección e investigación 1977-2001, con reporte de investigación 2001/INE/DGVS/TM-007-CAMP*. Instituto Nacional de la Pesca, Dirección General de Investigación en Evaluación y Manejo de Recursos Pesqueros del Atlántico y Programa Nacional de Tortugas Marinas. 33 pp.

- Guzmán Hernández, V. & P. A. García A. 2013. Informe Técnico 2012 del programa de Conservación de Tortugas Marinas en Laguna de Términos, Campeche, México. Contiene información de: 1. CPCTM Xicalango-Victoria, 2. CPCTM Chacahito, 3. CPCTM Isla Aguada y 4. Reseña estatal regional. APFFLT/RPCyGM/CONANP. 86pp.
- Hernández Torralba, E., L. A. Valdepeña Álvarez & A. T. Hernández Hernández. 2004. *Caracterización del arrecife Cayo Arcas durante la época de secas (primavera)*. Secretaría de Marina Armada de México. Dirección de Investigación y Desarrollo, Dirección General Adjunta de Oceanografía, Hidrografía y Meteorología y Estación de Investigación Oceanográfica Carmen. 68 pp
- Hernández Unzón, A., C. Bravo L. y J. Díaz. 2010. Crónica de “Karl”: el huracán más intenso de la temporada sobre México en la temporada 2010. Coordinación General del Servicio Meteorológico Nacional. Disponible en línea en: <http://smn.cna.gob.mx/ciclones/tempo2010/atlantico/Karl2010a.pdf>
- Hewavisenthi, S., Parmenter, C.J., 2002. Egg components and utilization of yolk lipids during development of the flatback turtle. *J. Herpetol.* 36, 43–50.
- Hilterman, M. L. & E. Goverse. 2007. Nesting and Nest Success of the Leatherback Turtle (*Dermochelys coriacea*) in Suriname, 1999–2005. *Chelonian Conservation and Biology* 6(1):87-100.
- Hirth H. F. & D. A. Samson 1987. Nesting behavior of green turtles (*Chelonia mydas*) at tortuguero, Costa Rica. *Carib. J. Sci.* 23(3-4): 374-379.
- Instituto Nacional de Estadística & Geografía (INEGI) 1981. Carta de climas de México.
- Jacob, T. 2009. Tromelin Island: Influences on *Chelonia mydas* Incubation Temperature and Reproductive Traits in Light of Climate Change. Thesis Dominante Ressources et Ecosystèmes Aquatiques. 67 pp.
- Kornaraki, E., D.A. Matossian, A.D. Mazaris, Y.G Matsinos & D. Margaritoulis. 2006. Effectiveness of different conservation measures for loggerhead sea turtle (*Caretta caretta*) nests at Zakynthos Island, Greece. *Biological Conservation* 130: 324-330.
- Kutzari, Asociación para el Estudio & Conservación de las Tortugas Marinas, A.C. 2006. Manual de técnicas de protección de tortugas marinas. Kutzari, Fondo

- Internacional para la protección de los Animales y su Hábitat (IFAW), World Wild Foundation (WWF). 14 pp.
- Leh, C. M. U. 1994. Hatch rates of green turtle eggs in Sarawak. *Hydrobiologia* 285:171-175.
- Leslie, A., D. Penick, J. Spotila & F. Paladino. 1996. Leatherback Turtle, *Dermochelys coriacea*, Nesting and Nest Success at Tortuguero, Costa Rica, in 1990-1991. *Chelonian Cons. Biol.* 2: 159-168.
- Lohmann, K. J., B. E. Witherington, C. M. F. Lohmann & M. Salmon. 1996. Orientation, navigation, and natal Beach homing in sea turtles. En: Lutz, P. L. y J. Musick (Eds.). *The Biology of Sea Turtles*. CRC Press, Boca Raton, Florida. 1:107-136.
- Márquez, R. 1990. *FAO Species Catalogue. Sea turtles of the World. An annotated and illustrated catalogue of sea turtles species known to date*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) Fisheries Synopsis 11:13-29.
- Márquez, R. 2002. *Las tortugas marinas y nuestro tiempo*. La Ciencia para Todos N° 144. Fondo de Cultura Económica (FCE), Secretaría de Educación Pública (SEP) y Consejo Nacional para la Ciencia y la Tecnología (CONACYT). 200 pp.
- Meylan, A. B. & P. A. Meylan. 2000. Introducción a la evolución, historias de vida y biología de las tortugas marinas. En: Eckert, K. L., K. A. Bjorndal, F. A. Abreu-Grobois y M. Donnelly (Eds.). *Técnicas de Investigación y Manejo para la Conservación de las Tortugas Marinas*. Grupo Especialista en Tortugas Marinas UICN/CSE Publicación 4:3-5.
- Millán Aguilar, O. G. 2009. Estructura genética poblacional de la tortuga verde, *Chelonia mydas*, en el Golfo de México determinada por análisis de secuencias del ADN mitocondrial. Tesis de Maestría, Biología Marina. Posgrado en Ciencias del Mar y Limnología Unidad Académica Mazatlán Universidad Nacional Autónoma de México.
- Miller, J. D. 2000 Determinación del tamaño de la nidada y el éxito de eclosión En: Eckert, K. L., K. A. Bjorndal, F. A. Abreu-Grobois y M. Donnelly (Eds.).

- Técnicas de Investigación y Manejo para la Conservación de las Tortugas Marinas*. Grupo Especialista en Tortugas Marinas UICN/CSE Publicación 4:3-5.
- Miller, J. D. 1997. Reproduction in sea turtles. En: Lutz, P. L. y J. Musick (Eds.) *The biology of sea turtles*. CRC Press, Boca Raton, Florida. 1:51-81.
- Milton, S. & Lutz P. 2003. Chapter 1 Sea Turtle Taxonomy and Distribution. En: Shigenaka, G. (Eds.). *Oil and Sea Turtles Biology, planning, and response*. U.S. Department of Commerce National Oceanic and Atmospheric Administration NOAA Ocean Service. 112 pp.
- Moreno Enríquez A. 2011. Temporada 2011 Reporte Final. Centro para la Protección y Conservación de Tortugas Marinas Arrecife Alacranes, Yucatán. Parque Nacional Arrecife Alacranes Regional Península de Yucatán y Caribe Mexicano Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas.
- Mortimer, J. A. 2000. Reducción de las amenazas a los huevos y a las crías: los viveros. En: Eckert, K. L., K. A. Bjorndal, F. A. Abreu-Grobois y M. Donnelly (Eds.). *Técnicas de Investigación y Manejo para la Conservación de las Tortugas Marinas*. Grupo Especialista en Tortugas Marinas UICN/CSE Publicación 4:199-203.
- Moncada F, F. A. Abreu-Grobois, A. Muhlia-Melo, C. B., S. Tröeng, K. A. Bjorndal, A. B. Bolten, A. B. Meylan, J. Zurita, G. Espinosa, G. Nodarse, R. Márquez-Millán, A. Foley & L. Ehrhart. 2006. Movement Patterns of Green Turtles (*Chelonia mydas*) in Cuba and Adjacent Caribbean Waters Inferred from Flipper Tag Recaptures *Journal of Herpetology* 40(1):22-34.
- Monzón-Arguello, C., T. J. Naro-Maciel, E., Marco, A. 2011. Tortuga verde – *Chelonia mydas*. En: *Enciclopedia Virtual de los Vertebrados Españoles*. Salvador, A., Marco, A. (Eds.). Museo Nacional de Ciencias Naturales, Madrid.
- Mortimer J. A. & A. Carr 1987 Reproduction and Migrations of the Ascension Island Green Turtle (*Chelonia mydas*), *Copeia*, 1:103-113.
- Mrosovsky, N. & C. L. Yntema. 1980. Temperature dependence of sexual differentiation in sea turtles: implications for conservation practices. *Biological conservation* 18:271-280.

- Mukhaini, N. A., T. A. Ba-Omar, I. Y. Mahmoud y S. Al-Barwani. 2010. Embryonic staging of the Green Turtle, *Chelonia mydas*. *Zoology in the Middle East* 51: 39–50.
- Musick, J. A. & C. J. Limpus. 1997. Generalidades de la Historia de vida de las tortugas marinas. En: Frazier G. John 1999. *Memorias de la reunión “Conservación de Tortugas Marinas en la Región del Gran Caribe-Un diálogo para el manejo regional efectivo” IUCN-Marine Turtle Special Group*, Santo Domingo, República Dominicana. 16-18 noviembre 1999.
- Musick, J. A. y C. J. Limpus. 1996. Habitat utilization and migration in juvenile sea turtles. En: Lutz, P. L. y J. Musick (Eds.). *The biology of sea turtles*. CRC Press, Boca Raton, Florida. 1:137-164.
- National Marine Fisheries Service and U.S. Fish and Wildlife Service. 1998. *Recovery Plan for U.S. Pacific Populations of the Green Turtle (Chelonia mydas)*. National Marine Fisheries Service, Silver Spring, MD. 6-8 pp.
- National Geographic Society. 2009. Green Sea Turtle. Disponible en Internet desde: <http://animals.nationalgeographic.com/animals/reptiles/green-turtle.html> (Fecha de consulta: Mayo de 2012).
- Niethammer, K. R., G. H. Balasz, J. S. Hatfield, G. L. Nakai & J. L. Megyesi. 1997. Reproductive Biology of the Green Turtle (*Chelonia mydas*) at Tern Island, French Frigate Shoals, Hawai'i. *Pacific Science* 51(1): 36-47.
- Oravetz, C. A. 2000. Reducción de la captura incidental en pesquerías. En: Eckert, K. L., K. A. Bjorndal, F. A. Abreu-Grobois y M. Donnelly (Eds.). *Técnicas de Investigación y Manejo para la Conservación de las Tortugas Marinas*. Grupo Especialista en Tortugas Marinas UICN/CSE Publicación 4:217-224.
- Özdemir, B. & O. Türkozan, 2006. Hatching Success of Original and Hatchery Nests of the Green Turtle, *Chelonia mydas*, in Northern Cyprus. *Turkish Journal Zoology* 30:377-381.
- Pérez Pérez, A. R. 1998. *Análisis del porcentaje de avivamiento y la depredación de nidos de la tortuga golfina Lepidochelys olivacea (Eschscholtz, 1829), durante la temporada de anidación de 1988, en la playa Morro de Ayuta, Oaxaca*. Tesis

- Licenciatura en Biología. Facultad de Estudios Superiores Zaragoza. Universidad Nacional Autónoma de México. 70 pp
- Pike D. A & John C. Stiner. 2007. Sea turtle species vary in their susceptibility to tropical ciclones, *Oecologia* 153:471–478.
- Pritchard P. C. H. & J. A. Mortimer. 2000. Taxonomía, morfología externa e identificación de las especies. En: Eckert, K. L., K. A. Bjorndal, F. A. Abreu-Grobois y M. Donnelly (Eds.). *Técnicas de Investigación y Manejo para la Conservación de las Tortugas Marinas*. Grupo Especialista en Tortugas Marinas UICN/CSE Publicación 4:23-44.
- Pritchard, P. C. H. 1980. The Conservation of Sea Turtle: Practices and Problems. *Amer. Zool.*, 20:609-617.
- Pritchard, P. C. H. 1996. Evolution, phylogeny, and current status. En: Lutz, P. L. y J. Musick (Eds.). *The biology of sea turtles*. CRC Press, Boca Raton, Florida. 1:1-28.
- Raj, U. 1976. Incubation and hatching success in artificially incubated eggs of the hawksbill turtle, *Eretmochelys imbricata* (L). *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 22:91-99.
- Rentería Valencia, R. F. 2007. *Seris. Pueblos Indígenas del México Contemporáneo*. Comisión Nacional para el Desarrollo de los Pueblos (CDI). 56 pp.
- Romano García, M. 2010. Tamaño de nidada, éxito de eclosión y sus fuentes de variación en la tortuga marina laúd (*Dermochelys coriacea*) en el playón Mexiquillo, Michoacán. Tesis de Maestría en Ciencias Biológicas, Facultad de Ciencias, UNAM, 107 pp.
- Romero Balderas, K. G. 2001. *Desarrollo embrionario y sobrevivencia en crías de tortugas marinas de dos campamentos del sur del estado de Campeche durante las temporadas 1991-2000*. Tesis Licenciatura en Biología. Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Iztapalapa. 20 pp.
- Rondón-Médici, M., J. Buitrago & H. J. Guada 2010. Biología reproductiva de la tortuga cardón (*Dermochelys coriacea*) en playas de la Península de Paria, Venezuela, durante las temporadas de anidación 2000-2006. *Interciencia* 35: 263-270.
- Ross J. P. 2000. La crianza y reproducción en cautiverio de tortugas marinas: una evaluación de su uso como estrategia de conservación. . En: Eckert, K. L., K. A.



- Bjorndal, F. A. Abreu-Grobois y M. Donnelly (Eds.). *Técnicas de Investigación y Manejo para la Conservación de las Tortugas Marinas*. Grupo Especialista en Tortugas Marinas UICN/CSE Publicación 4:225-231.
- Santos, A. S., M. A. Marcovaldi & M. H. Godfrey. 2000. Actualización sobre la población anidadora de tortugas en Praia do Forte, Bahia, Brasil. *Noticiero de Tortugas Marinas* 89:8-11.
- Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología (SEDUE) y Secretaría de Pesca (SEPESCA). 1990, *Manual de técnicas de manejo y conservación para la operación de campamentos tortugueros*. 104 pp.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) y Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP). 2008. *Conservación y protección de la Tortuga verde (Chelonia mydas) en el Parque Nacional Arrecife Alacranes, Yucatán temporada 2008*. Dirección de evaluación y seguimiento. Disponible en línea en: [http://www.conanp.gob.mx/acciones/fichas/tortuverde/tortu\\_verde.pdf](http://www.conanp.gob.mx/acciones/fichas/tortuverde/tortu_verde.pdf) (Fecha de consulta: 15 de marzo 2012).
- Secretaría de Marina (SEMAR). 2003. *Protección y Conservación de Tortugas Marinas en Cayo Arcas, Camp. Temporada 2002*. Tte. Corb. Smam. L. Biol. O. L. Anguiano Hernández. Estación de Investigación Oceanográfica Carmen. 30 pp.
- Secretaría de Marina (SEMAR). 2004. *Protección y Conservación de Tortugas Marinas en Cayo Arcas, Camp. Temporada 2003*. Reporte Técnico elaborado por Tte. Corb. Smam. L. Biol. O. L. Anguiano Hernández. Estación de Investigación Oceanográfica Carmen. 27 pp.
- Secretaría de Marina (SEMAR). 2005. *Protección y Conservación de Tortugas Marinas en Cayo Arcas, Camp. Temporada 2004*. Reporte Técnico elaborado por O. L. Anguiano Hernández. Estación de Investigación Oceanográfica Carmen. 27 pp.
- Secretaría de Marina (SEMAR). 2006. *Protección y Conservación de Tortugas Marinas en Cayo Arcas, Camp. Temporada 2005*. Reporte Técnico elaborado por Tte. Corb. Smam. L. Biol. O. L. Anguiano Hernández. Estación de Investigación Oceanográfica Carmen. 44 pp.

- Secretaría de Marina (SEMAR). 2007. *Protección y Conservación de Tortugas Marinas en Cayo Arcas, Camp. Temporada 2006*. Reporte Técnico elaborado por Tte. Corb. Smam. L. Biol. Cárdenas Verdugo H., Hernández Torralba E., Anguiano Hernández O. L., Hernández Hernández A. T. Estación de Investigación Oceanográfica Carmen. 28 pp.
- Secretaría de Marina (SEMAR). 2008. *Protección y Conservación de Tortugas Marinas en Cayo Arcas, Camp. Temporada 2007*. Reporte Técnico elaborado por Tte. Corb. Smam. L. Biol. E. Hernández Torralba. Estación de Investigación Oceanográfica Carmen. 35 pp.
- Secretaría de Marina (SEMAR). 2009. *Protección y Conservación de Tortugas Marinas en Cayo Arcas, Camp. Temporada 2008*. Reporte Técnico elaborado por Tte. Corb. Smam. L. Biol. Hernández Torralba E., Hernández Hernández A. T. Estación de Investigación Oceanográfica Carmen. 35 pp.
- Secretaría de Marina (SEMAR). 2010. *Protección y Conservación de Tortugas Marinas en Cayo Arcas, Camp. Temporada 2009*. Reporte Técnico elaborado por Tte. Corb. Smam. L. Biol. E. Hernández Torralba. Estación de Investigación Oceanográfica Carmen. 35 pp.
- Seminoff, J.A. 2004. *Chelonia mydas*. In: IUCN 2011. IUCN Red List of Threatened Species. Version 2011.2. [www.iucnredlist.org](http://www.iucnredlist.org) (Fecha de consulta: 10 Abril 2012).
- Solow A. R, Bjorndal K. A, Bolten A. B 2002. Annual variation in nesting numbers of marine turtles: the effect of sea surface temperature on re-migration intervals. *Ecol Lett* 5:742–746
- Spotila, J. R., E. A. Standora, S. J. Morreale y G. J. Ruiz. 1987. Temperature Dependent Sex Determination in the Green Turtle (*Chelonia mydas*): Effects on the Sex Ratio on a Natural Nesting Beach. *Herpetologica* 43(1): 74-81.
- Spotila, J., R. Reina, C. Steyermark, P. Plotkin & F. Paladino. 2000. Pacific leatherback turtle face extinction. *Nature* 405: 529-530.
- Thome, J. A., C. Baptistotte, L. M. P. Moreira, J. T. Scalfoni, A. P. Almeida, D. B. Rieth & P. C. R. Barata. 2007. Nesting biology and conservation of the leatherback sea

- turtle (*Dermochelys coriacea*) in the state of Espirito Santo, Brazil, 1988-1989 to 2003-2004. *Chelonian Conservation & Biology* 6: 15-27.
- Troeng S, Rankin E. 2005. Long-term conservation efforts contribute to positive green turtle *Chelonia mydas* nesting trend at Tortuguero, Costa Rica. *Biol Conserv* 121:111–116.
- Turkozan, O., K. Yamamoto & C. Yılmaz. 2011. Nest Site Preference and Hatching Success of Green (*Chelonia mydas*) and Loggerhead (*Caretta caretta*) Sea Turtles at Akyatan Beach, Turkey *Chelonian Conservation and Biology* 10 (2):270-275.
- IUCN 2013. IUCN Red List of Threatened Species. Version 2013.2. Disponible en línea en: [www.iucnredlist.org](http://www.iucnredlist.org). Fecha de consulta 11 de Diciembre del 2013.
- Velazquez F., Antulio P., Hedelvy G., González L., Rondón M. 2006. Algunos aspectos de la biología reproductiva de la tortuga caracol *Dermochelys coriacea* (Vandelli, 1761) (Reptilia: Dermochelyidae) en playa Querepare, península de Paria, Estado Sucre, Universidad de Oriente, Venezuela Publicación Vol.18. Nº 2: 123-132.
- Venkatesan, S., P. Kannan, M. Rajagopalan & E. Vivekanandan. 2004. Nesting ecology of the green sea turtle *Chelonia mydas* along the Saurashtra coast. *J. mar. biol. Ass. India*, 46 (2):169-177
- Vera V & J. Buitrago 2012. Actividad reproductiva de *Chelonia mydas* (Testudines: Cheloniidae) en Isla de Aves, Venezuela (2001-2008). *Rev. Biol. Trop.*, 60 (2):745-758.
- Wang, H. C. & I. J. Cheng. 1999. Breeding biology of the green turtle *Chelonia mydas* (Reptilia: Cheloniidae), on Wan-An Island, PengHu archipelago. II. Nest site selection. *Mar. Biol.* 133: 603-609.
- Wells, S. M. 1988. *Coral reefs of the World. Volume I. Atlantic and Eastern Pacific*. The IUCN Conservation Monitoring Centre, Cambridge, U. K. y The United Nations Environment Programme. 212-213 pp.
- Witherington, B. E. 2000. Reducción de las amenazas al hábitat de anidación. En: Eckert, K. L., K. A. Bjorndal, F. A. Abreu-Grobois y M. Donnelly (Eds.). *Técnicas de*


*Investigación y Manejo para la Conservación de las Tortugas Marinas*. Grupo Especialista en Tortugas Marinas UICN/CSE Publicación 4:204-210.

Wood, D. W. & K. A. Bjorndal. 2000. Relation of temperature, moisture, salinity, and slope to nest site selection in loggerhead sea turtles. *Copeia* 2000: 119-128.

Wyneken, J. & M. Salmon. 1992. Frenzy and post frenzy swimming activity in Loggerhead, Green, and Leatherback hatchling sea turtles. *Copeia* 2:478-484.

Zar J. H. 2010. *Biostatistical Analysis*. Prentice-Hall/Pearson 291pp.

## ANEXO 1. Ficha de campo de nidadas

		Campamento/playa: <u>CAYO ARCAS.</u>	
		Temporada: <u>2008</u>	
No. de ficha/registro:			
Fecha del evento:			
Hora de registro:			
<b>Especie:</b>			
Desovó:			
Uso o destino:			
<b>No. de Nido:</b>			
Hora de extracción:			
<b>No. de huevos:</b>			
Huevos rotos:			
Huevos no viables:			
Nido perdido:			
Causa/razón:			
No. de estación/km:			
No. de baliza:			
Perfil de playa:			
Hora de siembra:			
<b>No. de marca nueva:</b>			
<b>No. de marca vieja:</b>			
Marca doble:			
Long. L. stan. Curvo:			
Long. Max. Curvo (cm):			
Ancho L. stan. Curvo:			
<b>Observaciones:</b>			
(multisección, tumor, deforme, epibionte)			
<b>Fecha d emergencia:</b>			
Fecha de limpieza:			
PROFUNDIDAD (CM):			
<b>Crias Vivas Emerg:</b>			
<b>Crias Muertas E.:</b>			
<b>C.V. dentro de nido:</b>			
<b>C.M. dentro de nido:</b>			
<b>CECV</b>			
<b>CEM</b>			
H.C.D.E.A.			
H.S.D.E.A.			
<b>DESARR. EMB. FASE I</b>			
<b>DESARR. EMB. FASE II</b>			
<b>DESARR. EMB. FASE III</b>			
<b>Observaciones:</b>			
(depredado, robado, homigas, n.l., otro)			
<b>GRADO Y NOMBRE DEL ANOTADOR</b>			

## ANEXO 2. Ficha de campo de hembras anidadoras

ESTACIÓN DE INVESTIGACIÓN OCEANOGRÁFICA CARMEN. CAMPAMENTO TORTUGUERO "CAYO ARCAS". TEMPORADA 2009.		
No. DE FICHA. _____	No. DE NIDO _____	
T. BLANCA _____	T. CAREY _____	
FECHA _____	BALIZA _____	ZONA: A _____ B _____ C _____
HR. LOCALIZACIÓN NIDO _____	HR. EXTRACCIÓN NIDO _____	
TÉCNICA DE MANEJO: <i>IN SITU</i> _____ REUBICADO _____ CORRAL _____		
SEMBRADO: HORA _____	N° DE HUEVOS _____	
MARCA NUEVA: ALETA IZQUIERDA _____	ALETA DERECHA _____	
RECAPTURA: ALETA IZQUIERDA _____	ALETA DERECHA _____	
LARGO DE CAPARAZÓN _____ CM.		
OBSERVACIONES _____		

### ANEXO 3. Ejemplo de la base de datos trabajados en una hoja de Excel 2010

Campamento tortuguero Cayo Arcas															
Especie protegida <i>Chelonia mydas</i> , coordenadas 20°12'15" Latitud Norte y 91°57'44" Longitud Oeste															
Registro	Temporada	Numero de nido en la temporada	Baliza	Perfil de playa	Técnica	Número de Huevos	Crias Emergidas		Crias Dentro del Nido		Crias Eclosionando		Huevos con Desarrollo Aparente	Huevos sin Desarrollo Aparente	
							Vivas	Muertas	Vivas	Muertas	Vivas	Muertas			
1	2005	2	4 y 5	Supramareal	In situ	106	90	0	0	0	0	0	6	10	
2	2005	3	14-15	Médano	In situ	102	92	0	0	0	0	0	0	10	
3	2005	4	16	Médano	Reubicado	68	6	0	0	0	0	0	7	55	
4	2005	5	4	Supramareal	Reubicado	88	30	0	0	0	0	1	19	38	
5	2005	6	14	Supramareal	Reubicado	107	75	0	0	2	0	0	20	10	
6	2005	7	14-15	Supramareal	Reubicado	118	67	0	0	1	0	10	30	10	
7	2005	8	4 Y 5	Médano	Reubicado	103	59	0	0	1	0	0	35	8	
8	2005	9	14-15	Médano	In situ	35	10	0	0	0	0	0	15	10	
9	2005	12	2-3	Médano	In situ	109	99	0	0	0	0	0	0	10	
10	2005	13	14-15	Supramareal	corral	130	97	0	0	0	0	0	0	33	
11	2005	14	14-15	Intermareal	corral	114	77	0	0	0	0	0	0	37	
12	2005	15	12-13	Intermareal	corral	97	37	0	0	0	0	0	0	60	
13	2005	16	13 Y 14	Supramareal	corral	160	90	0	0	0	0	0	0	70	
14	2005	17	13-14	Supramareal	corral	108	75	0	0	0	0	1	28	4	
15	2005	18	13-14	Intermareal	corral	128	123	0	0	0	0	0	0	5	
16	2005	19	15-16	Intermareal	corral	118	71	0	0	0	0	0	30	17	
17	2005	20	4-5	Supramareal	corral	93	31	0	0	0	0	0	60	2	
18	2005	21	15-16	Supramareal	corral	122	80	0	0	0	0	0	40	2	
19	2005	22	15-16	Intermareal	corral	125	80	0	0	0	0	0	25	20	
20	2005	23	15-16	Supramareal	corral	97	78	0	0	0	0	0	6	13	
21	2005	24	12-13	Intermareal	corral	49	30	0	0	0	0	0	3	16	