



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO



FACULTAD DE CIENCIAS

BIBLIOTECA  
INSTITUTO DE ECOLOGIA  
UNAM

DESCRIPCION DE LA ZONA DE ANIDACION Y ALGUNAS  
CARACTERISTICAS DE LA HISTORIA DE VIDA DE DOS ESPECIES DE  
TORTUGAS MARINAS (Chelonia mydas y Caretta caretta) EN LA  
PORCION CENTRAL DE LA RESERVA DE LA BIOSFERA DE  
SIAN KA'AN, QUINTANA ROO, MEXICO.

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE :

B I O L O G O

P R E S E N T A

JORDAN KYRIL GOLUBOV FIGUEROA

000209404



MEXICO, D. F.

1994



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.

CIUDAD UNIVERSITARIA



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AVENIDA DE  
MEXICO

FACULTAD DE CIENCIAS  
División de Estudios  
Profesionales  
Exp. Núm. 55

M. EN C. VIRGINIA ABRIN BATULE  
Jefe de la División de Estudios Profesionales  
Universidad Nacional Autónoma de México.  
P r e s e n t e .

Por medio de la presente, nos permitimos informar a Usted, que habiendo  
revisado el trabajo de tesis que realizo EL pasante JORDAN KYRIL  
GOLUBOV FIGUEROA

con número de cuenta 8955267-4 con el título: DESCRIPCION DE LA ZONA  
DE ANIDACION Y ALGUNAS CARACTERISTICAS DE LA HISTORIA DE VIDA DE DOS ESPECIES DE  
TORTUGAS MARINAS (Chelonia mydas y Caretta caretta) EN LA PORCION CENTRAL DE LA  
RESERVA DE LA BIOSFERA DE SIAN KA'AN, QUINTANA ROO, MEXICO.

Consideramos que reúne     los méritos necesarios para que pueda conti-  
nuar el trámite de su Examen Profesional para obtener el título de      
BIOLOGO .

GRADO NOMBRE Y APELLIDOS COMPLETOS

FIRMA

BIOL. ADRIANA LAURA SARTI MARTINEZ

Director de Tesis

BIOL. CARLOS LOPEZ SANTOS

M. en C. GUILLERMO ALFONSO PEREZ SALDAÑA

DR. DAVID AURIOLES GAMBOA

Suplente

BIOL. ANA REBECA BARRAGAN ROCHA

Suplente

Ciudad Universitaria, D.F., a 9 de mayo de 1994

**DESCRIPCION DE LA ZONA DE ANIDACION Y ALGUNAS  
CARACTERISTICAS DE LA HISTORIA DE VIDA DE DOS  
ESPECIES DE TORTUGAS MARINAS (*Chelonia mydas* y *Caretta  
caretta*) EN LA PORCION CENTRAL DE LA RESERVA DE LA  
BIOSFERA DE SIAN KA'AN, QUINTANA ROO, MEXICO.**

Jordan Golubov F.

## AGRADECIMIENTOS

Quisiera agradecer a las siguientes personas por su ayuda:

Dimitar Golubov		Sara Figueroa
Anna Ludlow	Nattie Golubov	Antonio Sánchez
Ninel García Tellez	Laura Sarti	Carlos López

Justo Casillas.

Luis Eguiarte Fruns y Valeria Souza Saldivar

Dorotea López, Leticia Serrano, Leopoldo Rigoletti, Ivan Silberman, Pablo Morales, Charles Darwin, Doña Lucia Figueroa, Aida González, Ricardo Ludlow, Erika Aguirre, Elleli Huerta, Carlos García Saez de Nanclares, Lourdes Zedillo, El Farito, Hugo, Pancho y Madonna.

Trabajo de Campo:

Enrique Ucan

Hotel Casablanca

Asociación Amigos de Sian Ka'an

Laboratorio de Tortugas Marinas, UNAM

El Farito

Realmente de forma muy especial quiero agradecer a Ninel García que sin su ayuda, su buen humor y sus conocimientos esta investigación jamás se hubiera completado.

Quisiera agradecer a mi directora Laura Sarti que ayudó a mi formación con tortugas marinas en Michoacán y Sian Ka'an, además de su incansable devoción a estos organismos.

## INDICE

<b>1.- Resumen</b>	4
<b>2.- Lista de Figuras y Tablas</b>	5
<b>3.- Introducción</b>	
Tortugas Marinas	6
Historias de Vida	12
<b>4.- Objetivos</b>	16
<b>5.- Area de Estudio</b>	17
<b>6.- Metodología</b>	20
<b>7.- Resultados</b>	
<i>Caretta caretta</i>	24
<i>Chelonia mydas</i>	39
<b>8.- Discusión</b>	
Anidación	44
Eclosión	53
Depredación	59
<b>9.- Conclusiones</b>	60
<b>10.- Bibliografía</b>	62
<b>11.- Anexos</b>	69

## RESUMEN

La Reserva de la Biósfera de Sian Ka'an tiene en su parte central 14 Km de playas arenosas adecuadas para la anidación de tortugas marinas. Se hizo un análisis de la zona de mayo a septiembre de 1992, recorriendo las playas de Punta Pájaros a Tupac, haciendo censos nocturnos y diurnos. Se registraron un total de 238 rastros de *Caretta caretta* y 74 de *Chelonia mydas*. La distribución de las actividades varía por playas, posiblemente por las características de éstas. Se obtuvieron datos de eclosión para ambas especies. *Caretta caretta* tiene un promedio de 103 huevos por hembra con porcentajes de eclosión del 77.8%. Se depositaron 7348 huevos de los cuales se produjeron 5718 crías. *Chelonia mydas* depositó un promedio de 122 huevos por hembra con un porcentaje de eclosión del 79%. Se depositaron 3291 huevos y se produjeron 2600 crías. Sian Ka'an al parecer es una zona de transición en la anidación de tortugas marinas. Las diferencias con otras zonas del estado son pocas. El aislamiento de las playas en esta zona reduce las pérdidas de nidos por depredadores.

## **Lista de Tablas, Figuras y Anexos.**

**Tabla 1.** Cambios en ancho y pendiente total de las playas seleccionadas por mes.

**Tabla 2.** Conteo de rastros totales de la temporada para *Caretta caretta* y *Chelonia mydas*.

**Tabla 3.** Densidad de rastros por kilómetro, *Caretta caretta* y *Chelonia mydas*.

**Tabla 4.** Resultados de las correlaciones y varianzas de las actividades de *C. mydas* en relación a las características de las playas.

**Tabla 5.** Sitios de anidación, extensión (Km) y número de nidos por especie en Quintana Roo.

**Figura 1.** Area de estudio.

**Figura 2-7.** Perfiles de las playas seleccionadas.

**Figura 8.** Frecuencia de actividades a lo largo de la temporada para *C. caretta*.

**Figura 9.** Variación de los tiempos de incubación de 20 nidos monitoreados de *C. caretta*.

**Figura 10.** Relación entre número de cascarones y número de huevos depositados para *C. caretta*.

**Figura 11.** Relación entre número de cascarones y número de huevos depositados para *C. mydas*.

**Anexo 1.** Clasificación de especies de tortugas marinas.

**Anexo 2.** Categorización de la temporada por semana.

**Anexo 3.** Relación de las marcas colocadas.

## INTRODUCCION

### Tortugas Marinas

Las tortugas marinas actuales, están integradas en dos familias. Se componen de 8 especies, aunque muchos autores consideran divisiones de subespecies basándose en características morfológicas (Márquez, 1990, Bowen *et. al.*, 1993) (Anexo 1). La separación de las 2 familias es bastante antigua, sin embargo la división de los géneros ha sido reciente (Chen *et al*, 1980; Zangerl, 1980; Frair, 1982; Bowen *et. al.*, 1991).

Con excepción de una especie (*Natator depressus*), todas anidan en costas mexicanas, y cuatro de éstas anidan en las costas caribeñas de México. De acuerdo con Hildebrand (1987) y Zurita *et. al.* (1993), solo el 32% de las costas continentales del Caribe Mexicano (aproximadamente 135 Km) son adecuadas para la anidación de tortugas marinas. Aparte de las zonas continentales, las islas como Cozumel, Holbox, Contoy e Isla Mujeres también funcionan como áreas de anidación de tortugas marinas.

Las especies predominantes en el Estado de Quintana Roo son 4: tortuga Caguama (*Caretta caretta*), tortuga Verde o Blanca (*Chelonia mydas*), tortuga Carey (*Eretmochelys imbricata*) y tortuga Laúd (*Dermochelys coriacea*). De éstas, *Chelonia mydas*, *Caretta caretta* y *Eretmochelys imbricata* son las más importantes para el estado y tienen áreas de alta densidad de anidación en la zona caribeña de México mientras que *Dermochelys coriacea* solo anida ocasionalmente (Zurita *et al*, 1993).

*Chelonia mydas* anida a lo largo de la costa oeste del Atlántico, desde Brasil hasta el noreste de los Estados Unidos pero es más abundante en aguas tropicales (Márquez, 1990). *C. mydas*, al igual que *Eretmochelys imbricata*, son las más tropicales de las tortugas marinas y su distribución se limita a los bordes norte y sur de la isoterma de los 20°C., siguiendo los cambios latitudinales de estos límites. Entre las playas más importantes de anidación de *C. mydas* se encuentran las de Surinam, Costa Rica y Venezuela, sin embargo su distribución es mundial. Las costas Mexicanas del Caribe son de importancia, ya que llegan a tener una densidad de anidación de 200-350 organismos en 130 km de playa (datos

de 1987-1989) (Zurita *et al.*,1989). En esta zona se capturaron hasta 2000 individuos en 1980 por pesca local (Hopkins y Richardson, 1984). Aunque no alcanzan las altas concentraciones de anidación, de hasta 6000 individuos, como en las playas de Tortuguero en Costa Rica (Hirth, 1971), se tienen zonas de alta densidad de anidación, en playas cortas y casi a todo lo largo de la costa del estado.

La distribución de *Caretta caretta* se centra en los mares cálidos-templados y subtropicales (de 16-20°C) cerca de las playas de anidación, y en regiones cálidas costeras que proporcionen áreas de alimentación apropiadas. Las temperaturas altas pueden limitar la distribución de la anidación, y las corrientes cálidas posiblemente permiten que las crías se dispersen lejos de las zonas de anidación (Dodd, 1988). Esta especie también se puede encontrar en aguas más templadas como en los bordes de corrientes cálidas y se sospecha que realizan grandes migraciones siguiendo corrientes como la del Golfo (Márquez, 1990; Lohmann, 1992). En la porción central del Atlántico, han sido observadas juveniles y crías siguiendo las líneas de *Sargassum* sp. en las costas de Bermuda y Bahamas (Dodd, 1988) y en tapetes de *Physalia* sp. en Sudáfrica. Después de circular en corrientes por varios años, dejan el ambiente pelágico para llegar a zonas de desarrollo de subadultos.

La selección del sitio de anidación es un factor importante para muchas especies. Esta característica conductual puede ser afectada por factores físicos y/o químicos, visuales, etc. Según Dodd (1988), las anidaciones más densas de *Caretta caretta* están asociadas a playas con pendientes altas y un cambio gradual en la profundidad del mar. Esto puede ser un factor, entre muchos, de decisión por parte de las hembras anidadoras al escoger un lugar apropiado para dejar descendencia.

Al parecer las playas de anidación de las tortugas marinas no son seleccionadas al azar. Los programas de marcaje que se aplican en las playas de anidación han demostrado que las hembras maduras regresan a la misma zona en años sucesivos (filopatría). Esto ha dado origen a una controversia acerca de la filopatría por parte de las hembras a las playas de anidación (Meylan, 1990; Bowen, 1992). Se han propuesto varias hipótesis para explicar

ésta filopatría. Hendrickson en 1958 (Bowen, 1992) propone la existencia de una "facilitación social" en donde las hembras anidadoras neófitas siguen a las hembras experimentadas de las zonas de alimentación a las zonas de reproducción. Carr en 1967 (Bowen, 1992) propone la alternativa de una fijación conductual en las crías que es reflejada en los estadíos adultos como un reconocimiento de las zonas de nacimiento ("impronta"). Estas dos conductas afectarían no solo las áreas de reproducción sino también las áreas de alimentación que en muchos casos son compartidas por varias poblaciones de la misma especie. Sin embargo, las poblaciones se diferencian genéticamente de forma muy clara de las zonas de reproducción, teniendo patrones genéticos parecidos por población por playa (Meylan, 1990; Bowen, 1992). Estas zonas de reproducción y alimentación no son permanentes. Se ha demostrado que a lo largo del tiempo geológico, las zonas de anidación y las temperaturas del agua han cambiado, por lo que las playas de anidación posiblemente cambien en tiempo ecológico, creando una filopatría un tanto 'difusa', que implica una colonización de nuevas áreas de anidación por hembras "perdidas" que producen una variabilidad en la distribución claramente adaptativa (Krebs, 1985; Begon *et. al.*, 1990; Bowen, 1992).

Al parecer, la distribución geográfica basada de el DNA mitocondrial (mtDNA) de las tortugas marinas es consistente con las expectativas de la hipótesis de impronta, aunque la facilitación social no se puede descartar totalmente. Si las zonas de reproducción de las poblaciones están genéticamente aisladas, es muy probable que sean demográficamente independientes. La protección o manejo que se le da a alguna colonia no debería de tener ningún impacto inmediato sobre las demás poblaciones, y por lo tanto los planes de manejo deben de ser implementados a niveles locales (Meylan *et. al.*, 1990).

Muchos organismos del reino animal y vegetal presentan ciclos reproductivos, entre ellos las tortugas marinas. Algunos autores han postulado que los ciclos reproductivos pueden ser aplicados a poblaciones enteras, formando una base sólida para calcular el tamaño de la población reproductiva (Begon *et al.*, 1990).

En algunos lugares, *Caretta caretta* y *Chelonia mydas* exhiben ciclos de anidación regulares, pero esta conducta solamente se aplica a una parte pequeña de la población. Por ejemplo, *Chelonia mydas* tiene remigraciones que muestran una periodicidad de 2-2 ó 3-3 años y de hasta 5 años en Australia (Limpus, 1994). Sin embargo, también existe una proporción igualmente grande de la población que tiene una conducta remigratoria y una frecuencia de anidación irregular dentro de una misma temporada. La tasa de esta última, varía entre especies. Para *Chelonia mydas* se encuentran de 2-7 remigraciones por temporada con un intervalo de anidación (tiempo en días entre nidadas sucesivas) de 12-14 días en Tortuguero (Carr y Carr, 1972). *Caretta caretta* tiene de 2-5 remigraciones por temporada con un intervalo de anidación de 12-14 días (Talbert, *et. al.*, 1980). Estas remigraciones dentro de la misma temporada son mucho más regulares y más generales para todas las especies que las remigraciones entre temporadas. Las remigraciones en una misma temporada se han atribuido a ciclos lunares (en donde hay picos de actividad de anidación), sin embargo aún no es concluyente (Talbert *et. al.*, 1980; Frazer, 1983). Seguramente existe un ciclo interno para las actividades de anidación, regulado por la historia de vida particular de cada individuo pero que genera patrones a nivel de población.

En general, parece ser que casi todas las poblaciones de tortugas marinas tienen cierto grado de ciclicidad en sus historias de vida. Hay 3 posibles causas por las cuales es difícil estimar la ciclicidad en las poblaciones de tortugas marinas: 1) los censos nocturnos son insuficientes, 2) las pérdidas de marcas son muy altas y 3) la mortalidad es muy alta. Existe posibilidad de que las hembras aniden solamente una vez durante su vida y las tortugas que remigran son excepciones que abarcan hasta un 20% de la población total. Por un lado, las tasas de remigración pueden ser mucho más largas (en tiempo) de lo que se espera (Hughes, 1981) y por otro, la gran plasticidad en las actividades de anidación en una temporada, pueden ambos tener efectos en la regularidad de los ciclos de vida.

En las playas de Costa Rica, la tasa de remigración para temporadas consecutivas es de aproximadamente 16.4% de la población total marcada. Como ésta información proviene

básicamente de datos compilados de los programas de marcaje intensivos en las playas de anidación, con hembras anidadoras, los datos obtenidos pueden ser limitados, especialmente con las altas tasas de pérdida de marcas (Richardson *et. al.*, 1978; Pritchard, 1980; Balazs, 1989; Eckert y Eckert, 1989). El problema principal es el establecimiento de la regularidad de estos ciclos y la proporción de la población que tiene esta actividad. Como generalmente no se marca el 100% de la población, el reclutamiento y la dinámica poblacional altera la cantidad de recapturas obtenidas. No hay ninguna sugerencia de la existencia de ciclos reproductivos ya sean regulares o irregulares, aunque Carr y Carr (1972) sugieren que los cambios de los ciclos reproductivos en las tortugas verdes de 2 a 3 años son regulados por características ecológicas, tales como el cambio en las corrientes y la ecología de la alimentación, que pueden variar año con año. El problema es saber si esto ocurre en la mayor parte de la población o sólo con partes pequeñas de la misma, y cómo afecta la conducta dentro de una misma temporada.

El método más eficiente de tener datos de actividades de anidación de tortugas marinas en una área grande son los recorridos aéreos (Hopkins-Murphy y Murphy, 1982). En áreas locales, los recorridos diurnos y nocturnos sobre la playa, proveen información específica de la actividad de anidación incluso de días anteriores. Aprovechando la diferencia de rastros dejados por las diferentes especies de tortugas marinas, estos recorridos suelen tener resultados confiables si se trata de recorridos diurnos y se pueden obtener estimaciones confiables de densidad, especies, éxito de anidación, etc. Por ejemplo, *Caretta caretta* dibuja un rastro asimétrico al avanzar sobre la playa con alternancia de sus aletas anteriores, mientras que *Chelonia mydas* deja un rastro simétrico, más ancho, y una cama profunda. El método más confiable son los recorridos nocturnos sobre la playa en donde hay una observación directa, pero la eficiencia de estos recorridos varía con la experiencia del observador, y en áreas muy extensas es prácticamente imposible.

El ciclo de vida conocido empieza con la salida de las hembras anidadoras a las playas, para ovipositar dentro de una cámara de incubación excavada con las aletas

posteriores. El gasto energético de la conducta de anidación hace que evolutivamente se haya favorecido una conducta nocturna (Spotila y Standora, 1985). Esta conducta se presenta en todas las especies excepto en *Lepidochelys kempii* que anida durante el día y para *Lepidochelys olivacea* en arribadas, que pueden realizar salidas diurnas por su tamaño, bajo ciertas condiciones ambientales. Sin embargo no todas las salidas tienen éxito. Las conductas de anidación de las tortugas marinas han sido estudiadas ampliamente (Talbert *et al.*, 1980; Mortimer, 1982). El éxito de la salida a la playa por parte de la hembra depende de factores químicos, ambientales y físicos (Hendrickson, 1982; Dodd, 1988). Esto se ve claramente en *Caretta caretta* en donde el porcentaje de salidas sin éxito pueden llegar a ser de hasta 50% (Dodd, 1988). *Chelonia mydas* tiene porcentajes de fracaso más bajas (Hirth, 1971).

La hembra al acabar de ovipositar cubre el nido y los huevos empiezan su desarrollo en la arena. La textura del cascarón de los testudíneos refleja la composición de su capa calcárea y mineralizada así como las capas internas fibrosas. Estos huevos son clasificados como flexibles. Los huevos con estas características tienden a tener un desarrollo embrionario más rápido bajo condiciones favorables, y por lo tanto periodos de incubación más cortos que los demás huevos de tortugas terrestres que no tienen esta flexibilidad (Ewert, 1985). La incubación de los huevos es terrestre (una reminiscencia de sus ancestros terrestres) y este ambiente de incubación depende de las características físicas y químicas de la arena. Estas características influyen durante el desarrollo embrionario en la determinación del sexo, malformaciones y porcentaje de crías producidas, entre otros. El agua juega un papel importante en los huevos de reptiles ya que como presentan un cascarón permeable, permite el intercambio gaseoso del líquido, y por lo tanto, influye en las actividades metabólicas del embrión implicando que cualquier cambio en el ambiente hídrico y de temperatura puede alterar el éxito del nido (McGehee, 1979). Algunos factores externos como la dinámica de la playa, estación de lluvias y régimen de mareas, están relacionados

con la selección del sitio de anidación por parte de las hembras adultas, que finalmente determinará la conducta de anidación, las condiciones de incubación y el éxito del nido.

Las crías emergen del nido durante la noche y entran al mar. Ayudadas por las corrientes y utilizando vegetación flotante, pasan sus primeros años de desarrollo hasta encontrar las zonas de alimentación y crecimiento. La información es escasa a partir de que la cría entra al mar (Lohman,1992). Sin embargo, los trabajos recientes empiezan a dar respuestas a aspectos conductuales de orientación de crías recién emergidas, y posibles rutas migratorias. La importancia de los estadíos juveniles ha sido reconocida recientemente para la conservación y los programas de manejo (Crouse *et. al.*, 1987), pero en general el conocimiento de ésta etapa es aún escasa.

### **Historias de Vida**

La historia de vida teórica de cualquier organismo es su patrón de crecimiento, diferenciación, almacenaje de energía y especialmente la reproducción durante toda su vida. La evolución de las historias de vida es simplemente el hecho de que el fenotipo consiste de características demográficas interrelacionados por "trade-offs" o trueques (Stearns, 1992). Diferentes organismos invierten cantidades variables de energía en el crecimiento y en la reproducción. Los componentes de una historia de vida son el tamaño, las tasas de crecimiento, la reproducción, los usos del soma y la distribución de las características intrínsecas de los individuos (energía, tiempo, conducta, etc), que determinan la estrategia óptima de los organismos. Como los recursos necesarios para los individuos son limitados, debe haber compromisos entre los diferentes componentes de la historia de vida como son la reproducción actual y la sobrevivencia, número, tamaño y sexo de la progenie y reproducción actual y reproducción futura. (Stearns, 1992). La historia de vida de un organismo no es inmutable, sino que se adapta a las circunstancias ecológicas que lo rodean, por lo tanto es una información genotípica con plasticidad y un reflejo fenotípico. Las características de un ciclo de vida se encuentran limitadas por varios factores ecológicos

(Begon *et. al.*, 1990) e interactúan para determinar la adecuación individual (Stearns, 1992).

La complejidad de las historias de vida y la gran escala espacial y temporal que existe en los ciclos biológicos de las tortugas marinas, hacen que su estudio sea difícil. Las crías y juveniles se mueven entre varios hábitats durante su desarrollo, y los adultos migran de zonas de anidación a zonas de alimentación que están a cientos de kilómetros de distancia y son difíciles de rastrear en el ambiente marino (Carr, 1980 en Bowen, 1992). Como sólo las hembras ascienden a las playas de anidación, mucho de lo que se conoce de las historias de vida de las tortugas marinas se deriva de experimentos de marcaje en las hembras anidadoras. Las historias reproductivas han sido estudiadas por laparoscopia (Wood *et. al.*, 1983); las conductas migratorias generales han sido deducidas por patrones de crecimiento (Frazer y Ladner, 1985), programas de marcaje, seguimiento por telemetría (Byles, 1989) y composición de epibiota en los caparazones de las tortugas (Eckert y Eckert, 1987); y las tasas de crecimiento han sido analizadas por osteología e histología (Rhodin, 1985). Otro método reciente es el ensayo de marcadores genéticos moleculares que deducen datos filogeográficos y distinciones entre las poblaciones de tortugas marinas mundiales (Bowen, 1992).

La semelparidad y la iteroparidad son aspectos fundamentales de una historia de vida (Begon *et. al.*, 1990). Las tortugas marinas son organismos iteróparos, esto es, pueden reproducirse en una serie de eventos separados por lo que quedan en una condición que favorece la sobrevivencia para reproducirse subsecuentemente. Entre organismos iteróparos, el número de crías puede variar. Claramente la fecundidad va a incrementar conforme aumenta el número de nidadas. En un organismo iteróparo perenne como las tortugas marinas, teóricamente la estrategia a seguir es no destinar todos los recursos para la reproducción en una sola nidada, sino distribuirlos en varias nidadas ya que al no ovipositar en alguna temporada pueden invertir esa energía en crecimiento y obtener mejores resultados en futuras anidaciones que incrementen su valor reproductivo global (Kozlowski,

1992). En realidad, la estrategia que siguen es justamente separar su esfuerzo reproductivo en varias anidaciones separadas dentro de la misma temporada y en temporadas diferentes que incrementarían su esfuerzo reproductivo total, reduciendo riesgos energéticos y riesgos que son producto de los ambientes heterogéneos.

*Chelonia mydas* es una especie muy estudiada en todo el mundo, siendo herbívora, y habitante de pastizales marinos tropicales y subtropicales en todos los océanos. Durante una temporada, una hembra oviposita aproximadamente 500 huevos en las zonas de anidación, antes de regresar a las zonas de alimentación. Las crías emergen después de un periodo de incubación de ocho semanas y entran al hábitat oceánico donde se quedan por varios años con una dieta posiblemente carnívora, lo cual explica las altas tasas de crecimiento (Carr, 1987, en Bowen 1992). Los juveniles eventualmente son reclutados a hábitats nerfíticos de forrajeo y cambian a una dieta herbívora típica de los estadíos adultos (Pritchard, 1976, en Bowen 1992). En *Chelonia mydas* el tamaño de la cría es de aproximadamente 49.7 mm de largo curvo y los patrones de crecimiento no varían en comparación con otros animales, sin embargo las tasas de crecimiento tienen incrementos de 138-430 gramos por mes, que más o menos corresponden a 17 cm de largo del caparazón por año, hasta que se estabiliza a 0.25cm por año al alcanzar la madurez sexual (85 cm) (Crouse *et. al.*, 1987). Los tamaños de las hembras varían entre 69 a 112 cm (Hirth, 1980) y se depositan alrededor de 110 huevos por nido, con un periodo de incubación de 55.6 días, un intervalo de anidación de 12.5 días con porcentajes de eclosión de 79% en condiciones de vivero y diferencias de sexo teniendo un sesgo hacia las hembras que puede llegar a ser hasta del 92%. Se propone una longevidad de aproximadamente 20 años. Las conductas y morfologías de *Chelonia mydas* varían geográficamente. Con respecto a la conducta, las temporadas de anidación varían tanto en tiempo como en duración en zonas de anidación en la misma área (Pritchard, 1980).

Los individuos de *Caretta caretta* tienen una conducta diferente. Al parecer no presentan un ciclo de migración constante. Dejando una media de 110 huevos por nidada con éxitos de eclosión promedio de 80% en nidos naturales y 63.8 % en nidos artificiales.

Los tamaños de las crías son de aproximadamente 45.5 mm de largo y 34 mm de ancho con gran variabilidad para las diferentes poblaciones. Crecen a unas tasas de 0.625-1.375 cm/año, aunque esto varía conforme crece, hasta llegar a tamaños de adultos de 87-100 cm. *Caretta caretta* madura de los 6-17 años pero varía entre poblaciones y llegan a vivir de 47-62 años (Dodd, 1988).

Se ha descrito que la depredación ha sido una causa de mortalidad natural afectando las poblaciones de tortugas marinas durante toda su evolución. Muchos aspectos de la conducta y las historias de vida de las tortugas marinas (como una conducta elaborada de esconder el nido, una emergencia nocturna de las crías, producción de grandes cantidades de crías), pueden ser vistas como adaptaciones a la depredación (Stancyk, 1981), cuyas pérdidas pueden ser de hasta 11.8% del total de huevos en Surinam (Hopkins *et. al.*, 1981; Whitmore y Dutton, 1985). Los adultos son objeto de depredación con un costo energético alto durante su época reproductiva (Bjorndal, 1982), lo cual afecta la conducta y aspectos de la historia de vida como es el crecimiento. Por ejemplo, *Chelonia mydas* puede llegar a perder hasta una quinta parte de su peso corporal en una temporada de anidación (Carr y Carr, 1972), lo cual significa una posible reducción en su posibilidad de evasión de depredadores o un sacrificio en términos de crecimiento. Los juveniles son atacados por diferentes especies de peces (Witzell, 1981). Las altas tasas de depredación sobre todas las etapas del ciclo de vida de las totugas marinas modificaron su historia de vida a lo largo del tiempo.

El presente trabajo se enfoca a características de la historia de vida de las hembras anidadoras, su relación con factores físicos de las playas de anidación y las relaciones entre las características del nido para las dos especies de tortugas marinas: *Caretta caretta* y *Chelonia mydas* que anidan en la zona central de la Reserva de la Biósfera de Sian Ka'an. Quintana Roo, México.

## OBJETIVOS

1.- a) Describir y analizar la variación y comportamiento de las actividades de anidación (con éxito/sin éxito) a lo largo de la temporada.

b) Describir el comportamiento de las actividades de anidación en las diferentes playas estudiadas.

c) Relacionar las características de la playa (largo y pendiente) con la densidad de rastros (exitosos y sin éxito).

d) Analizar el tamaño de la hembra con el tamaño de nidada.

e) Establecer los periodos de remigración por temporada.

2.- a) Determinar la eclosión y el periodo de incubación.

b) Relacionar la eclosión con el tamaño de la nidada.

c) Determinar los parámetros de fertilidad de los nidos.

3.- Investigar el número de nidos perdidos por factores abióticos y bióticos para ambas especies.

## AREA DE ESTUDIO

El estado de Quintana Roo se localiza en la parte Noreste de la península de Yucatán entre los paralelos 17°49' y 21°35' de latitud Norte y los meridianos 86°42' y 89° 25' longitud oeste (Ver fig. 1). Tiene aproximadamente 900 Km de litoral marino, de los cuales aproximadamente 300 Km corresponden al Mar Caribe y los restantes al canal de Yucatán (Jordan, 1979).

Esta península está formada por carbonato autogénico de anhidritas, cuyo origen en la parte norte corresponde al Mioceno y al Plioceno. La plataforma continental en esta área es muy extensa frente a las costas septentrional y occidental mientras que en el margen Caribeño es estrecha y prácticamente desaparece al Norte de las dos bahías (Espíritu Santo y Ascensión). La composición del subsuelo corresponde a la llamada losa de Yucatán que constituye una masa compacta uniforme, con persistentes formaciones calizas, y rocas sedimentarias cretácicas sobre las que destacan formaciones terciarias (INEGI, 1986).

En el estado, la precipitación pluvial se presenta en los meses de mayo a octubre siendo los más lluviosos de junio a septiembre. Los vientos dominantes son los alisios soplando principalmente en verano, con una dirección E-W y/o E-SW sin embargo, entre octubre y mayo es común la presencia de vientos provenientes del norte o "Nortes" (García, 1972). De acuerdo con el sistema de clasificación de Köppen modificado por García (1972), el clima es cálido subhúmedo entre Aw1 y Aw2, con precipitación máxima en verano. El escurrimiento es mínimo por la ausencia de ríos y los únicos aportes de agua dulce continental es a través de cenotes que predominan en el área del Sur del estado. Los cuerpos de agua con que cuenta la zona son lagunas, bahías y cenotes, formados por la filtración del líquido de las lluvias y constituyen un sistema de aguas subterráneas.

Se han establecido dos reservas naturales en esta entidad. Al norte la Isla Contoy que fué decretada desde 1961 como Reserva Ecológica de Flora y Fauna y Márquez en 1976 propuso a la isla como Reserva Natural para la Protección de las Tortugas Marinas y hasta

1986 se decretó con ese fin (Zurita *et. al.*, 1993). La segunda, en la franja central de la costa, la Reserva de la Biósfera de Sian Ka'an que por su extensión abarca una amplia variedad de ambientes tanto marinos como terrestres. Incluye dos de las tres bahías principales del estado, Ascención y Espíritu Santo. Los cordones litorales y perilagunares en ésta zona son pocos y angostos y en su mayoría se presentan en ambas bahías, ejemplo de esto es el límite de éstas bahías, en donde encontramos una franja arenosa que se angosta a partir de la ranchería la Victoria hacia el Norte, en la Punta Hualoxtoc. A diferencia de la fisonomía general de las playas dentro de las bahías, esta área está constituida por una serie de caletas arenosas. En 1991 fueron establecidas doce zonas limitadas entre sí por rasgos físicos, constituyendo un total de 13.567 Km. (García *et. al.*, 1991) (ver Fig. 1).

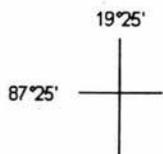
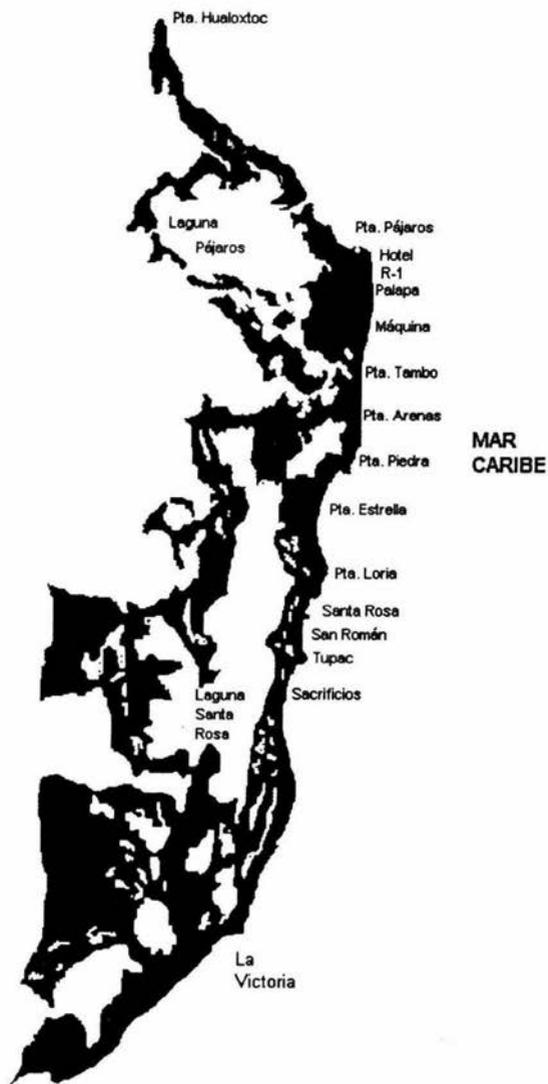
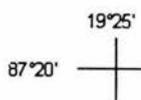
La gran barrera arrecifal que inicia en Cancún y llega hasta Belice, aísla a las bahías del sistema de oleaje manteniendo un sistema lagunar a sotavento. El nivel medio del mar en esta zona es afectado por los diferentes fenómenos climatológicos que afectan la región como nortes, ciclones y lluvias, así como cambios de presión atmosféricos y el efecto combinado de la presión del viento (Jordan, 1979).

La capa edafológica es reciente y no hay suelos bien estructurados. La vegetación de la región se halla constituida exclusivamente por asociaciones vegetales de clima cálido.

En la mayor parte de su extensión, la parte inferior de las playas de anidación de tortugas marinas son abiertas con arenas finas. Por arriba de esta extensión, crecen varias plantas resistentes a la sal, herbáceas, bajas, como *Coccolobis uvifera*, *Ipomea pes-caprae*, *Sesuvium portulacastrum*, *Sporobolus virginicus* y *Chrysobalanus icaco* (Fowler, 1979; Aviña, 1984).



Bahía Ascención



Area de Estudio

Bahía Espíritu Santo

Figura 1

## METODOLOGIA

### 1.-Morfología y Dinámica de la Playa

La dinámica de la playa juega un papel importante en el éxito del nido, porque la incubación de los huevos se realiza en esta zona. Esta dinámica fué evaluada a partir de perfiles realizados en las playas de anidación de tortugas marinas, consideradas en la temporada 1991. Estas playas fueron las siguientes: R1, Máquina, Punta Tambo, Punta Piedra, Santa Rosa y Tupac (Ver Fig. 1)

Mensualmente fueron realizados transectos perpendiculares al frente de las olas, trazando una línea imaginaria de la zona de vegetación hasta la última rompiente. La nivelación fué visual utilizando el horizonte. Se utilizó un cordón de algodón marcado cada metro y una cinta métrica plástica para establecer la longitud de cada cresta, la inclinación y la presencia o ausencia de vegetación. La pendiente es la tangente  $^{-1}$  de la altura total entre la distancia lineal total. El ancho es una distancia lineal total. Las pendientes y tamaños de la playa fueron correlacionados para las dos especies de tortugas marinas del área.

### 2.- Anidación

Las playas fueron recorridas durante la noche (22:00-02:00) del 1 de junio al 15 de julio de 1992, abarcando los primeros 5 Km. de Punta Pájaros a Punta Piedra, ya que en la temporada 1991 la densidad de anidación fué mayor en estas playas.

Sin embargo, como las actividades de anidación pueden realizarse en menos de una hora en *Caretta caretta*, también se recorrieron las playas durante el día para localizar rastros no registrados durante la noche anterior en la primera zona (Punta Pájaros a Punta Piedra). Los nidos de las noches anteriores fueron marcados con un bandera numerada consecutivamente, con fecha de anidación o una aproximación si era de algún día anterior. Para el restante del área de estudio, los recorridos fueron diurnos (Punta Estrella-Tupac), registrando el tipo de rastro encontrado (Falso, Regreso, Anidación), la fecha aproximada de actividad y el número de bandera colocada.

Las actividades sin éxito de anidación se subdividen en: regresos sin movimiento de arena (falsos) e intentos con movimiento de arena que pueden incluir la excavación de una o más camas y/o cámaras sin oviposición (regresos). Las anidaciones verdaderas (con éxito) son aquellas que terminaron en una oviposición.

Durante los recorridos nocturnos se encontraron hembras anidadoras en las playas visitadas. Una vez que acabó la oviposición, las tortugas fueron marcadas en las aletas anteriores, entre la segunda y tercer escama, con una marca metálica tipo monel, la cual llevaba una numeración seriada. Se colocaron dos series de marcas, una proporcionada por el Instituto Nacional de Pesca (J-3900) y la otra proporcionada por la Asociación Amigos de Sian Ka'an (ASK-000), realizándose así un doble marcaje que fué utilizado para caracterizar las hembras anidadoras, lo cual permitió un análisis de hembras que anidaron en fechas posteriores. Las marcas de la serie "J" fueron colocadas en la aleta derecha mientras que las marcas de la serie "ASK" fueron colocadas en la aleta izquierda.

Para cada tortuga avistada, se anotó fecha, localización, especie, características morfométricas la primera siendo el largo curvo del caparazón desde la escama nual hasta el borde de la escama marginal posterior, y la segunda por la parte más ancha del caparazón de forma perpendicular a la medida anterior, el número de marca colocada (de ambos tipos) y observaciones adicionales tales como la presencia de ectobiota, heridas, deformidades, etc. Una vez tomados los datos sobre la tortuga, se marcó el nido con una bandera numerada con la fecha de la anidación, para poder determinar el tamaño de nidada asociada a la hembra y características de sobrevivencia del nido.

Se dividieron los meses en semanas consecutivas de una semana a lo largo de la temporada (1<sup>o</sup> de abril de 1992 a 19 de septiembre), para facilitar el análisis de los efectos temporales (Anexo 2). Se correlacionaron las actividades de anidación fracasadas y exitosas a lo largo de la temporada y por playa, haciendo análisis de varianza en los dos casos. Además se realizaron correlaciones entre el tamaño de la hembra y el número de huevos (tamaño de nidada) para las dos especies de tortugas marinas.

### 3.- Eclosión

La localización de los nidos se hizo a partir de la colocación de banderas numeradas consecutivamente. Si en el momento de la anidación existía peligro de pérdida por mareas, el nido era reubicado a una zona más alta de la playa, dentro del tiempo límite de 12 hrs. después de ser ovipositado.

Los nidos reales fueron tomados como el total de los nidos con presencia confirmada de huevos. Estos incluyen los nidos con huevos que finalizaron desarrollo embrionario, nidos depredados, nidos perdidos y nidos con presencia de huevos que no finalizaron su desarrollo.

A partir de la fecha de anidación, fué posible hacer una estimación del día de eclosión de las crías, que es de aproximadamente 46 días para *Caretta caretta* y 51 días para *Chelonia mydas* según datos bibliográficos. Se hizo una inspección a los 50 días partiendo de la fecha de anidación, identificando la eclosión por la forma cónica de hundimiento de arena sobre el nido, y cuando no se podía determinar de esta manera, se utilizaba una sonda de madera. A partir de este momento, los nidos fueron visitados con frecuencia para poder evaluar el éxito de éste sin alteraciones posteriores a la eclosión. Una vez emergidas las crías, el contenido del nido fué revisado registrando: cascarones, crías vivas (dentro del nido), crías muertas (dentro de la cámara), huevos con desarrollo aparente (embriones en diferentes estadios de desarrollo) y huevos sin desarrollo. La condición general del nido se estableció por la presencia de raíces, agua y depredación parcial o total. Las fórmulas utilizadas fueron las siguientes:

- 1) Total de Huevos = cascarones + huevos viables + huevos inviables.
- 2) Eclosión = Num. Cascarones / total de huevos depositados.

Las características de sobrevivencia, mortalidad y tamaños de los nidos fueron analizadas básicamente usando pruebas análisis de varianza y correlaciones lineales para

comparar el éxito de eclosión a lo largo de la temporada, fechas de anidación, promedios de incubación y tamaños de nidada, como parámetros básicos de historia de vida.

## RESULTADOS

### Características de las Playas

Las dimensiones (ancho y pendiente) de la playa para cada mes se observan en la tabla 1 y las figuras 2-7.

Playa	Ancho de la Playa (m)					Pendiente total de la playa (grados)				
	Junio	Julio	Agosto	Sept.	Cambio (m)	Junio	Julio	Agosto	Sept.	Cambio (Grado)
R1	25.4	38.8	31.44	26.13	13.4	1.74	2.88	2.11	1.91	1.14
Máquina	22.76	22.6	25.41	17.95	7.42	6.19	4.83	4.3	5.79	1.89
P. Piedra	30.63	25.4	24.19	26.35	6.44	4.42	4.49	4.49	3.91	0.58
P. Tambo	22.14	27.9	28.05	17.8	10.25	5.98	3.65	7.09	5.93	3.44
Sta Rosa	31.14	28.5	32.14	29.69	3.64	4.27	4.65	6.76	4.81	2.49
Tupac	22	18.8	20.61	17.94	4.06	8.28	8.61	7.93	8.96	1.03

Tabla 1. Cambios en ancho (m) y pendiente (grados) total de las playas por mes en playas seleccionadas.

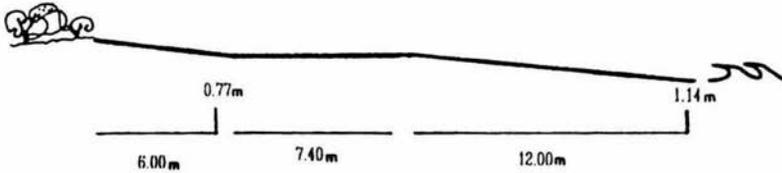
### *Caretta caretta*

#### Anidación

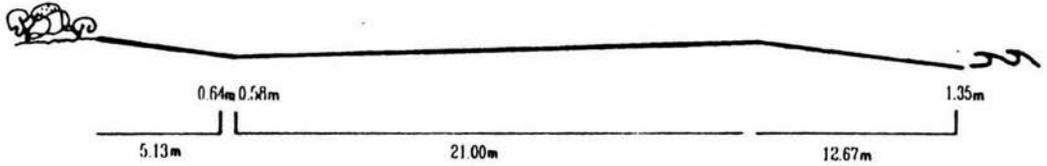
La primera actividad de anidación en la temporada 1992 fué el 20 de abril, teniendo más de 30 actividades de anidación en la semana 14. La última actividad reportada fué el 18 de agosto dando un total de 238 rastros. Se obtuvieron las distribuciones de estas actividades a lo largo de la temporada y se resumen en la figura 8. (Media temporal (semana) de actividades de anidación = 12.2; D. S. +/- 3.3). Las actividades tienen una distribución normal ( $X^2= 38.382$ ; g.l. 11;  $P < 0.05$ ), que sugiere una época reproductiva clara a lo largo del año. Estos datos concuerdan con la temporada de anidación en el área (García, 1991) y para el Caribe (Davis y Whiting, 1977; Bell y Richardson, 1978; Zurita, 1989 y Márquez, 1990).

**R-1**

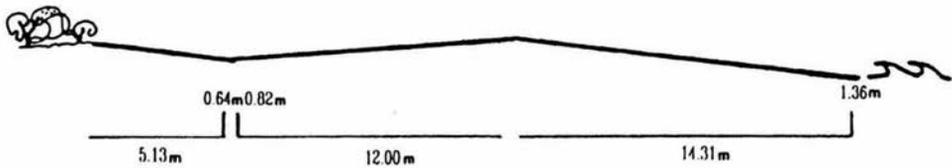
10 Junio 1992



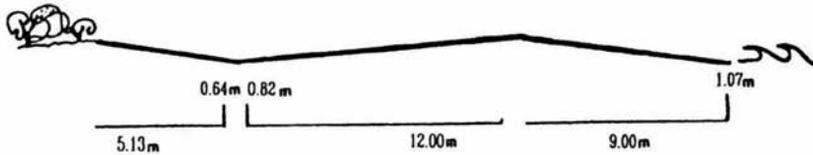
11 Julio 1992



09 Agosto 1992



11 Septiembre 1992



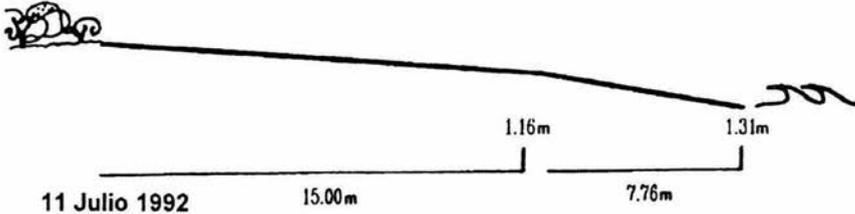
1  
1 m

Perfil de Playa

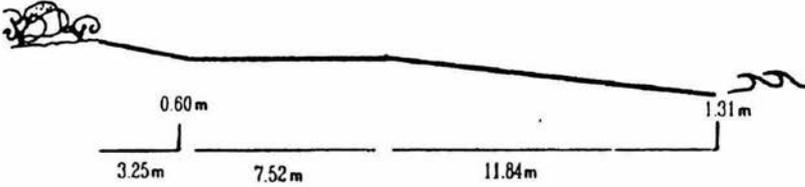
Figura 2

# MAQUINA

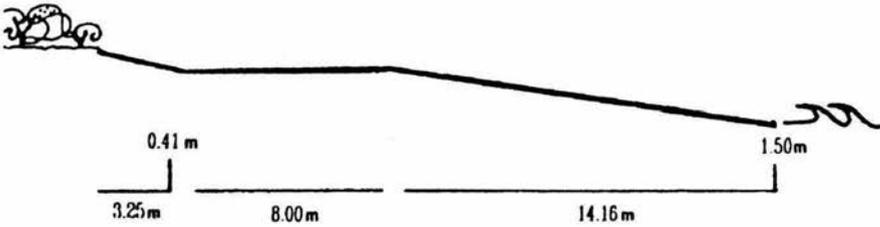
10 Junio 1992



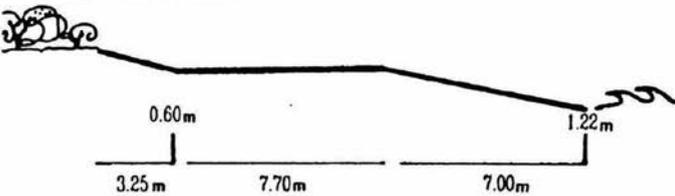
11 Julio 1992



09 Agosto 1992



11 Septiembre 1992



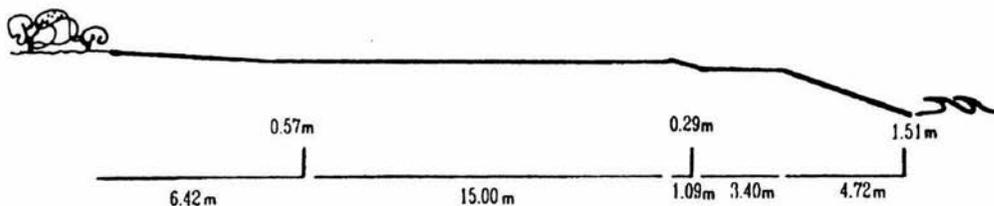
Perfil de Playa

1 m

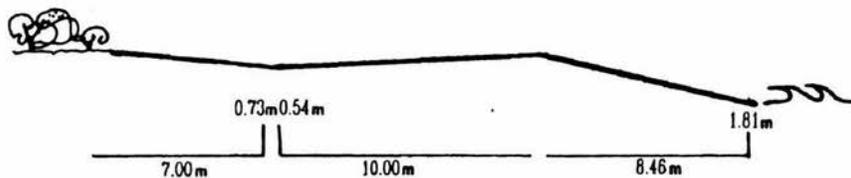
Figura 3

# PUNTA PIEDRA

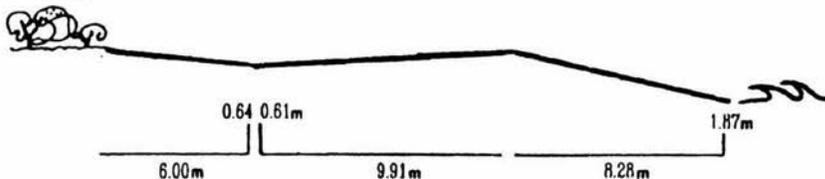
10 Junio 1992



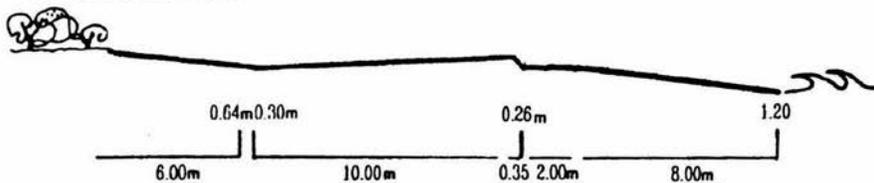
11 Julio 1992



09 Agosto 1992



11 Septiembre 1992



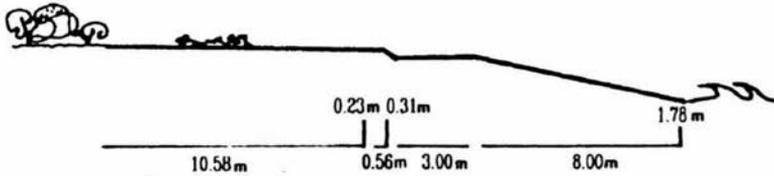
1  
1m

Perfil de Playa

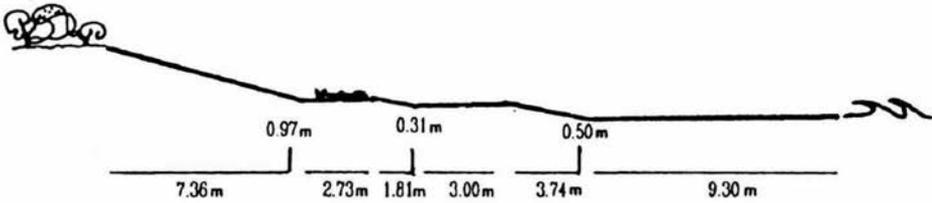
Figura 4

# PUNTA TAMBO

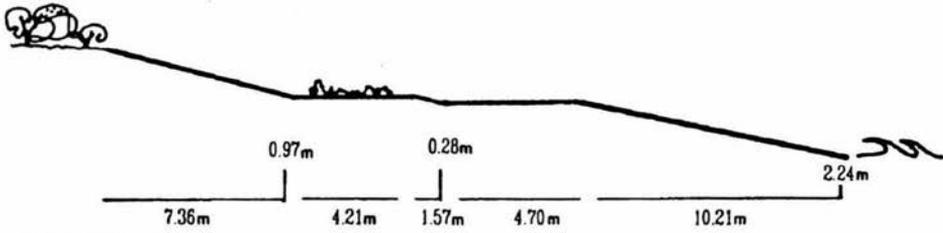
10 Junio 1992



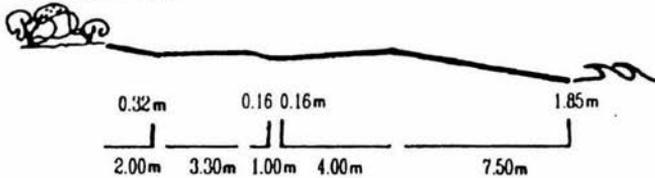
11 Julio 1992



09 Agosto 1992



11 Septiembre



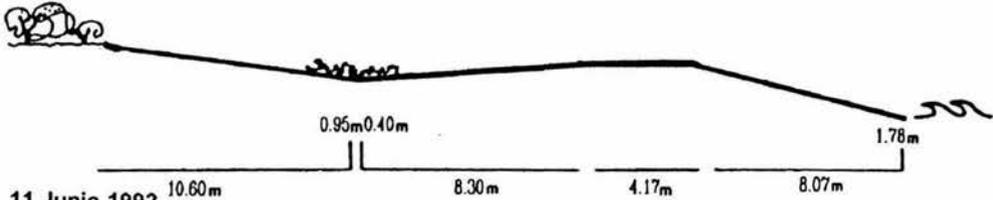
1m

Perfil de Playa

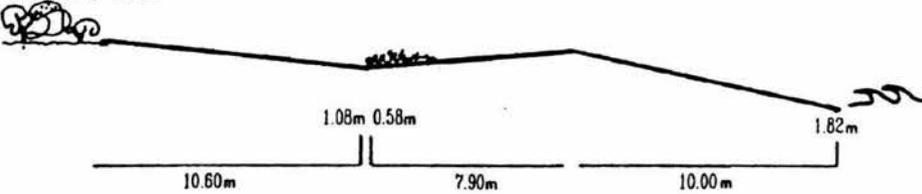
Figura 5

# SANTA ROSA

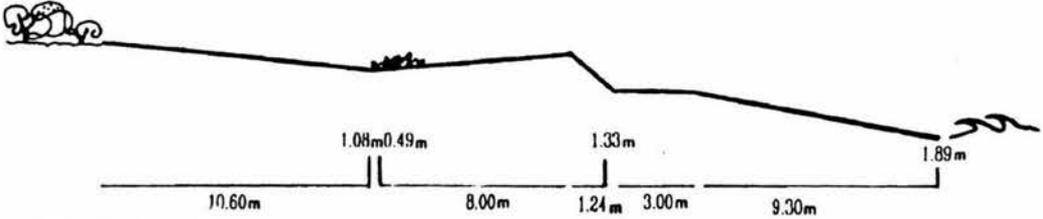
10 Junio 1992



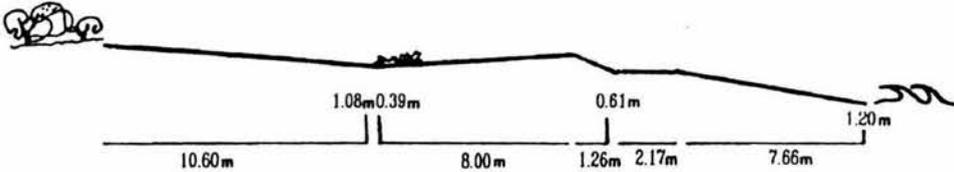
11 Junio 1992



09 Agosto 1992



11 Septiembre 1992



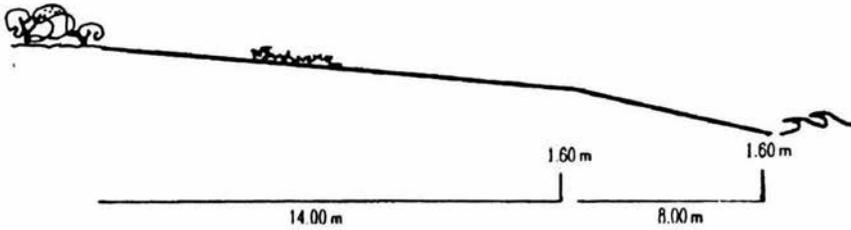
Perfil de Playa

Figura 6

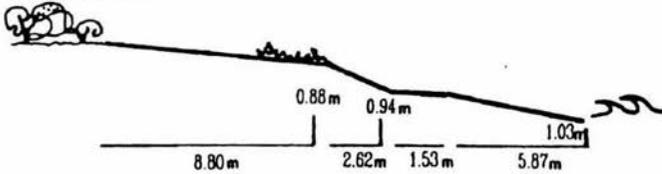
1m

# TUPAC

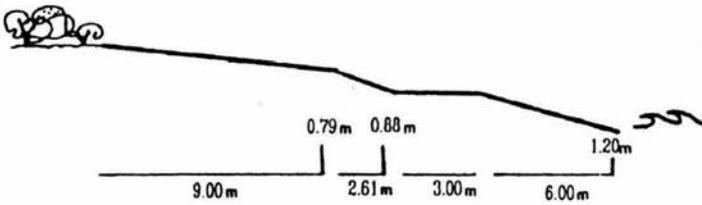
10 Junio 1992



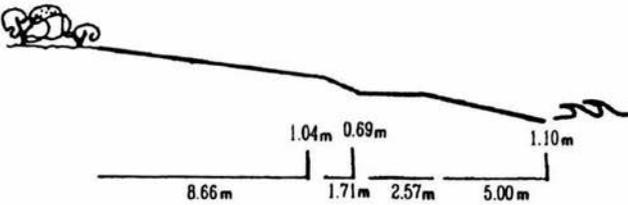
11 Julio 1992



09 Agosto 1992



11 Septiembre 1992



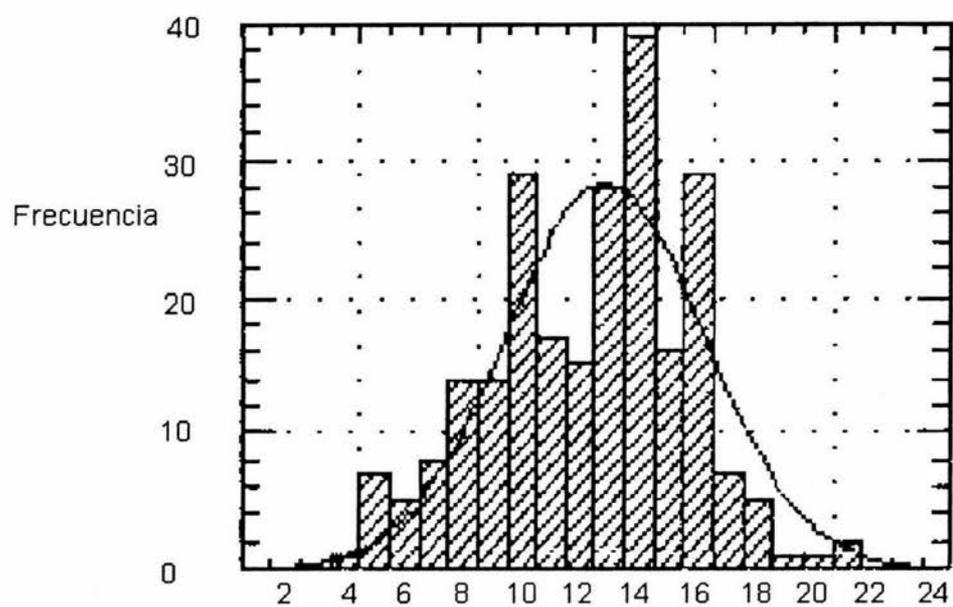
1  
1m

Perfil de Pjaya

Figura 7

## Frecuencia de Actividades por Semana

### Caretta caretta



Semana

Figura 8

Se hizo un análisis de distribuciones temporales de las actividades de anidación reales, esto es, las anidaciones que terminaron en una anidación exitosa, que fueron nidos confirmados (nidos reales + depredados + nidos perdidos, ver tabla 2). Los nidos con actividades exitosas que no terminaron su desarrollo para el 15 de septiembre, también fueron tomados en cuenta para el análisis estadístico, ya que fueron nidos confirmados. Las actividades reales a lo largo de la temporada tuvieron una distribución normal (Media temporal (semana) de actividades de anidación exitosa 12.4; D. S. +/-3.5;  $X^2=52.7037$ ; g.l.= 9;  $P<0.05$  N=104), con varianza significativa ( $F=3.682$ ;  $P<0.05$ ), proponiendo una anidación desigual a lo largo de la temporada, pero concentrada en una época del año, esto es, existe una época preferida de anidación por parte de las hembras.

	Conteo de Rastros <i>Caretta caretta</i>	Conteo de Rastros <i>Chelonia mydas</i>
No eclosionaron antes del 15 / sept / 1992 (a)	7	22
Nidos reales (b)	71	27
Nidos Falsos (c)	98	17
Depredados (d)	18	6
Nidos Perdidos (e)	8	0
Banderas Perdidas <sup>1</sup>	36	2
Nidos Confirmados (a+b+d+e)	104	55
Total (a+b+c+d+e+1)	238	74

Tabla 2. Conteo de Rastros de la Temporada para *C. caretta* y *C. mydas*.

En las playas de Sian Ka'an, como la perturbación humana es nula sobre las hembras anidadoras, los rastros falsos sugieren factores físicos o químicos de las playas que alteran la conducta de las hembras anidadoras. Se juntaron los dos tipos de anidaciones fracasadas (regresos y rastros con cama sin huevo confirmado) para este análisis nombrándolos rastros

<sup>1</sup> Las banderas perdidas son nidos o actividades que fueron marcadas pero se perdieron en el transcurso de la temporada, por lo tanto solo se tomaron en cuenta para el análisis de actividades totales de la temporada.

falsos (c en tabla 2). Se obtuvieron 98 rastros falsos durante la temporada con una distribución normal (Media temporal de actividades de anidación = 12.7 D. S. +/- 3.2;  $X^2=21.8864$ , g.l.=8,  $P<0.05$  N=98), y se obtuvo una varianza dentro de la temporada significativa ( $F=3.61$ ;  $P<0.05$ ), demostrando que los fracasos no son constantes a lo largo de la temporada, pero siguen el comportamiento de las actividades totales de anidación en épocas definidas.

De las 238 actividades de anidación se analizó la distribución espacial de las actividades totales y las actividades que concluyeron en una anidación exitosa. De las anidaciones totales (exitosas y sin éxito) se estimó la densidad de anidación con el tamaño de la playa (Ver Tabla 3).

No se encontró relación alguna entre el tamaño (largo) de la playa ( $r= 0.21$   $P>0.05$ ) y los tipos de actividades de anidación totales (éxitos y fracasos). *Caretta caretta* anidó principalmente en las playas comprendidas de Palapa a Punta Piedra con una mayor densidad de Palapa a Tambo, y en Punta Piedra y Tupac. La relación entre longitud de la playa y densidad de anidaciones exitosas no tuvieron relación significativa ( $r= 0.55$   $P>0.05$ ). Se encontró una variación significativa en las anidaciones dentro de la temporada de anidación con respecto a su distribución espacial ( $F=4.37$   $P<0.05$ ), esto es, las hembras anidaron preferentemente en algunas playas por lo que su distribución espacial no fué uniforme, y la preferencia por la playa es independiente de la longitud de ésta.

La comparación de las densidades de los rastros falsos con la longitud de la playa dió una relación no significativa ( $r= 0.189$   $P>0.05$ ). Se realizó un análisis de varianza por playa para anidaciones sin éxito ( $F=3.206$   $P<0.05$ ), sugiriendo una variabilidad alta en el comportamiento de anidación de *Caretta caretta* en las playas de anidación la cual no depende de la longitud de la playa. Por lo que se sugiere que existe una selección de playas de anidación en el área.

Playa	Longitud (Km)	Densidad (Rastros/Km) <i>Caretta caretta</i> 1992	Densidad <i>Chelonia mydas</i> 1992	Densidad <i>Caretta caretta</i> 1991 (García <i>et al.</i> , 1991)
Hotel	0.80	7.5	0	1.2
R1	0.275	10.9	0	32.7
Palapa	0.750	38.6	24.0	42.6
Máquina	1.50	22	10.6	2.6
Tambo	0.892	29.1	3.3	17.9
Pta. Arenas / Pta. Piedra	0.375	98.6	53.3	58.6
Pta. Estrella	1.50	11.1	1.3	8.0
Pta Loria	1.70	3.5	0	2.3
Sta. Rosa	2.60	11.1	0.7	3.0
Sn. Román	1.450	2.7	0	1.1
Tupac	1.725	27.8	7.5	29.0

Tabla 3. Densidad de Rastros por Km, *Caretta caretta* y *Chelonia mydas*

Los cambios morfológicos de la playa (ancho y pendiente) fueron correlacionados con las actividades de anidación (exitosa y sin éxito). Se tomaron los valores totales de anidaciones por mes (falsos y verdaderos) en relación a la diferencia total en metros entre los 4 meses estudiados para las playas en donde se realizaron los perfiles (ver Tabla 1).

*Caretta caretta* tiene una conducta de anidación exitosa que tiende a disminuir conforme la playa se hace más ancha, sin embargo no hay una correlación significativa ( $r=-0.76$ ;  $P=0.07$ ), comportamiento que también siguen las anidaciones sin éxito ( $r=-0.738$ ;  $P=0.09$ ). No se encontró relación significativa para la pendiente con relación a las conductas de anidación exitosas ( $r=-0.09$ ;  $P>0.05$ ) ni con las conductas de anidación sin éxito ( $r=-0.05$ ;  $P>0.05$ ).

El tamaño promedio de la hembra fue de 95.9cm +/- 4.0cm de largo curvo y 89.92cm +/- 4.04cm de ancho curvo para las 7 tortugas registradas en los recorridos nocturnos. El largo y ancho curvo de la hembra fueron correlacionados entre si, encontrando relación significativa ( $r= 0.76$   $P<0.05$ ). El tamaño de la nidada fué de 103 huevos por hembra con una desviación estandar de 32.8 y error estándar de 3.8. No se encontró relación

significativa entre el tamaño de la hembra (largo curvo) y el tamaño de nidada depositada (cantidad de huevos depositados) ( $r= 0.05$   $P>0.05$   $N=7$ ), sin embargo la cantidad de datos es poca y puede modificar las relaciones.

No se obtuvieron recapturas de *Caretta caretta* durante la temporada, por lo tanto las tasas de remigración no pudieron ser calculadas.

### **Eclosión**

Se estimaron los periodos de incubación de 20 nidos monitoreados para la temporada. Esta estimación dió un intervalo de incubación de 56 días +/- 5 días. Existe una relación negativa entre el tiempo de incubación y la semana en la cual fué depositada ( $r=-0.74$ ;  $P<0.01$ ) (Fig. 9), demostrando que conforme avanzó la temporada, los días de incubación se fueron reduciendo.

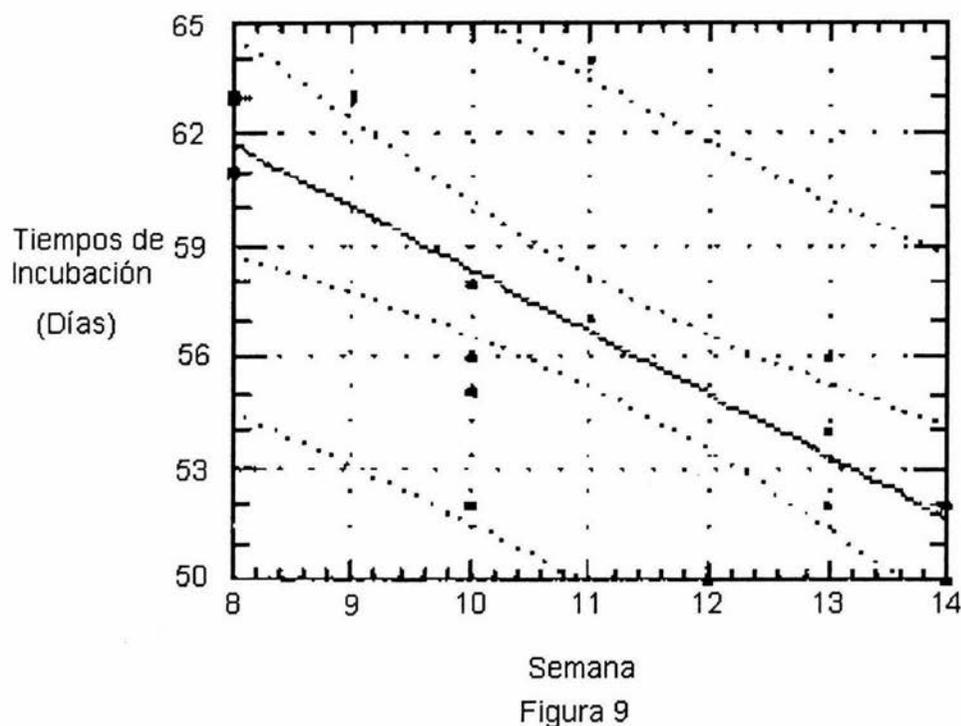
Por cuestiones de claridad la eclosión es definida como el total de crías producidas por un nido. Esto incluye las crías vivas y muertas dentro del nido y las que emergieron del nido, o sea, el total de cascarones que se encuentren en el nido. Los huevos con cría bien desarrollada que hayan roto el cascarón pero no hayan salido de él no son tomados en cuenta como eclosionados. Se evaluaron 71 nidos reales de esta especie en la temporada 1992, dejando un total de 7348 huevos que produjeron 5718 crías. El promedio de huevos por hembra fué de 103 huevos (D.S +/- 32.9, E.E. +/- 3.8) y los porcentajes de eclosión obtenidos fueron de 77.8%.

Se comparó el tamaño de las nidadas dependiendo de la semana en la que fueron depositadas (tiempo) con relación baja pero significativa ( $r=-0.11$ ;  $P<0.05$ ;  $N=70$ ) con varianza no significativa ( $F=1.275$ ;  $P>0.05$ ), esto es, el tamaño de las nidadas no varió en el tiempo. La eclosión tampoco resultó significativa con respecto al tiempo ( $r=-0.22$ ;  $P>0.05$ ;  $F=0.846$ ;  $P>0.05$ ), por lo tanto las crías producidas por nido no dependieron de



BIBLIOTECA  
INSTITUTO DE ECOLOGIA  
UNAM

## Tiempos de Incubación Caretta caretta



factores temporales a nivel poblacional y no tuvieron diferencia entre los que se depositaron al principio de la temporada y los que se depositaron al final.

La relación entre el número de crías producidas y el tamaño de la nidada tuvo una relación significativa ( $r= 0.70$ ;  $P<0.05$ ;  $N=70$ ) (ver Fig. 10). El análisis de varianza de el avivamiento y tamaño de la nidada no dió resultados significativos ( $F=1.1672$ ;  $P>0.05$ ), sugiriendo que conforme se aumente el tamaño de niadada, los porcentajes de avivamiento se mantienen constantes y la optimización de la nidada (adecuación de la hembra) aumeta con nidos más grandes, por el aumento en producción de crías.

# # Cascarones vs. Número de Huevos por Hembra

## Caretta caretta

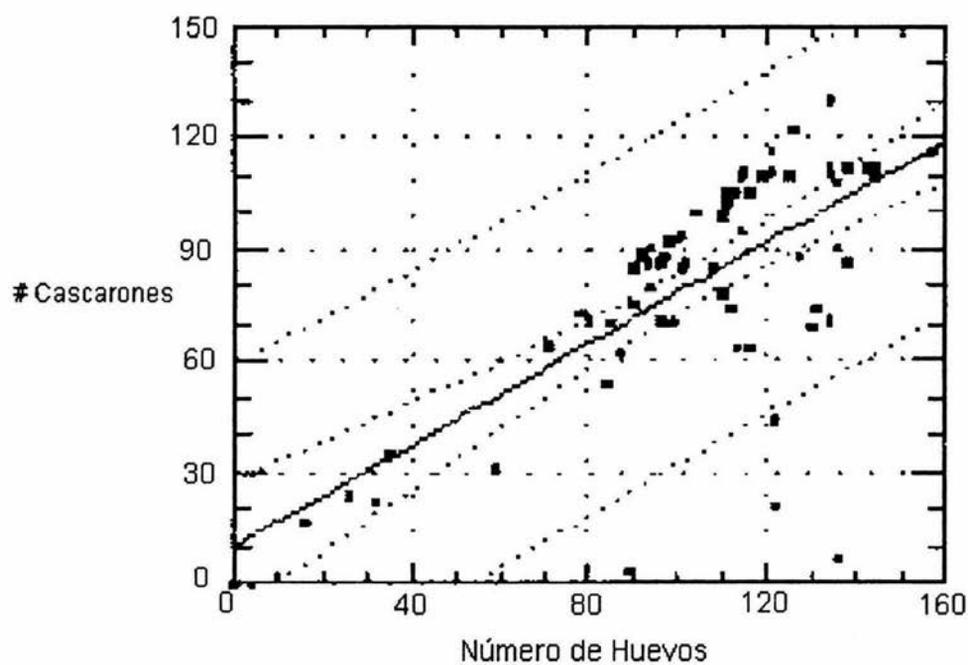


Figura 10

## *Chelonia mydas*

### Anidación

*Chelonia mydas* tuvo menor cantidad de actividades de anidación durante la temporada 1992 en relación a *C. caretta*, en las playas de Sian Ka'an. Se registraron un total de 74 actividades de anidación en los 14 km de playas monitoreadas. Estas empezaron el 2 de junio y acabaron el 12 de septiembre. El pico de actividades se obtuvo en la semana 19, y la distribución de las actividades no siguieron una distribución normal (Media = 17.07;  $X^2 = 10.54$ ; g.l. = 6;  $P > 0.05$  N=74), sugiriendo una anidación que no tiene un comportamiento normal que puede indicar otros factores que influyen en el comportamiento.

De las actividades totales, un 74.3% fueron actividades exitosas (incluye todos los nidos confirmados, ver tabla 2). El pico de actividades exitosas fué en la semana 14 que no corresponde con el pico de actividades. Esta conducta no siguió una distribución normal ( $X^2 = 17.22$ ; g.l. = 4;  $P > 0.05$  N=55), que se esperaba a partir del comportamiento global de las actividades de anidación, sugiriendo nuevamente un comportamiento que no es equivalente a la época reproductiva. Las anidaciones exitosas tuvieron una variabilidad alta ( $F=1.6131$   $P=0.1168$ ) lo que corrobora una variabilidad en las conductas de anidación. Las actividades sin éxito tuvieron un pico en la semana 19 que corresponde con el pico de actividades totales, no tienen una distribución normal y tampoco una variabilidad significativa ( $F=0.572$ ;  $P=0.7864$  N=17) en relación a la temporada. Por lo tanto, las actividades de *C. mydas* al parecer no están correlacionadas a una cierta época reproductiva, pero puede deberse al tamaño de la población que anida en estas playas.

La relación entre el tamaño (longitud) de la playa y el total de las actividades no tuvo relación alguna ( $r=0.21$   $P > 0.05$ ). Las actividades reales de anidación en relación a las playas no tuvieron una correlación significativa ( $r=-0.21$   $P > 0.05$ ) con varianza significativa ( $F=2.215$   $P=0.0294$ ), sugiriendo una independencia a la longitud de las playas con respecto a las actividades de anidación. No se encontró relación significativa entre la longitud de la

playa y las actividades sin éxito ( $r= 0.13$   $P>0.05$ ). Para las anidaciones sin éxito, no se obtuvo una varianza significativa a lo largo de las playas ( $F=1.606$   $P=0.2064$ ), lo cual hace suponer de actividades fracasadas uniformes en todas las playas.

En *Chelonia mydas* se tiene una relación diferente entre las conductas de anidación (ver Tabla 1 y 4). El ancho de la playa no tiene relación alguna con el éxito de anidación ( $r = -0.48$ ;  $P>0.05$ ) ni con el fracaso de anidación ( $r=-0.22$ ;  $P>0.05$ ), lo cual se corrobora con varianzas no significativas, mostrando una conducta similar que es independiente del ancho de la playa. Al igual que en *Caretta caretta* el cambio en pendiente total a lo largo de la temporada resulta no significativo con respecto a las anidaciones reales ( $r=-0.007$ ;  $P>0.05$ ), esto es, los cambios en pendiente no son importantes para la decisión de la hembra al salir a anidar, por lo que no existe una tendencia a anidar en las playas que tengan menor cambios en pendiente. Sucede lo mismo con las anidaciones fracasadas que no tienen correlación significativa con el cambio en pendiente total de las playas ( $r=-0.58$ ;  $P>0.05$ ) (Tabla 4).

	Ancho de la Playa		Pendiente Total de la Playa	
Anidaciones Exitosas	$r=-0.48$ $P>0.05$	$F=1.19$ $P>0.05$	$r=-0.007$ $P>0.05$	$F=0.0002$ $P>0.05$
Anidaciones Fracasadas	$r=-0.22$ $P>0.05$	$F=.203$ $P>0.05$	$r=-0.58$ $P>0.05$	$F=2.05$ $P>0.05$

Tabla 4. Resultados de las correlaciones y varianzas de las actividades de *C. mydas* en relación a características de las playas.

El tamaño de las hembras promedio fue de 103.27cm +/- 4.5cm de largo curvo y 93.37cm +/- 4.1cm de ancho curvo de las 11 hembras registradas en los censos nocturnos. El promedio de huevos depositados por hembra fué de 122 huevos (D.S. = 22.6; E.E. = 4.4). Se encontró relación entre el largo curvo y el ancho curvo de la hembra ( $r= 0.68$   $P<0.05$ ) y no se encontró relación con el tamaño del nido depositado ( $r= 0.233$ ;  $P>0.05$ ;  $N=8$ ).

Se recapturaron un total de 5 hembras anidadoras que tuvieron un intervalo de remigración de 10.75 días, sin tomar en cuenta las hembras que no fueron exitosas en su salida.

### **Eclosión**

Los datos obtenidos para *Chelonia mydas* siguen las definiciones antes mencionadas.

Del total de las actividades exitosas, se obtuvieron un total de 3291 huevos, se produjeron 2600 crías por nido con un éxito de eclosión del 79%. El promedio por hembra fué de 122 huevos (D.S.=22.6; E.E.=4.4).

El tiempo de incubación de los huevos de *Chelonia mydas* tuvo una media de 54 días +/- 4.3 días.

Las relaciones entre eclosión a lo largo de la temporada no tuvo significancia y su varianza tampoco fué significativa ( $r=0.051$ ;  $P>0.05$ ;  $F=0.558$ ;  $P>0.05$ ), mostrando una eclosión constante a lo largo de la temporada. El número de huevos depositados a lo largo del tiempo no tuvo relación ( $r=0.143$ ;  $P>0.05$ ) así mismo la varianza ( $F=0.768$ ;  $P>0.05$ ), demostrando una independencia de la cantidad de huevos depositados conforme avanza la temporada.

El número de huevos por nido estuvo correlacionado con el número total de crías producidas en el mismo ( $r=0.5255$ ;  $P<0.05$ ), encontrándose una relación positiva (Fig. 11), la cual nos determina una tendencia de tener un mayor número de crías producidas conforme aumenta el tamaño del nido. El análisis de varianza lo corrobora ( $F=0.0254$ ;  $P>0.05$ ), confiriendo un aumento en adecuación a nidadas más grandes por el aumento en número de crías producidas.

# # Cascarones vs. Número de Huevos por Hembra

## Chelonia mydas

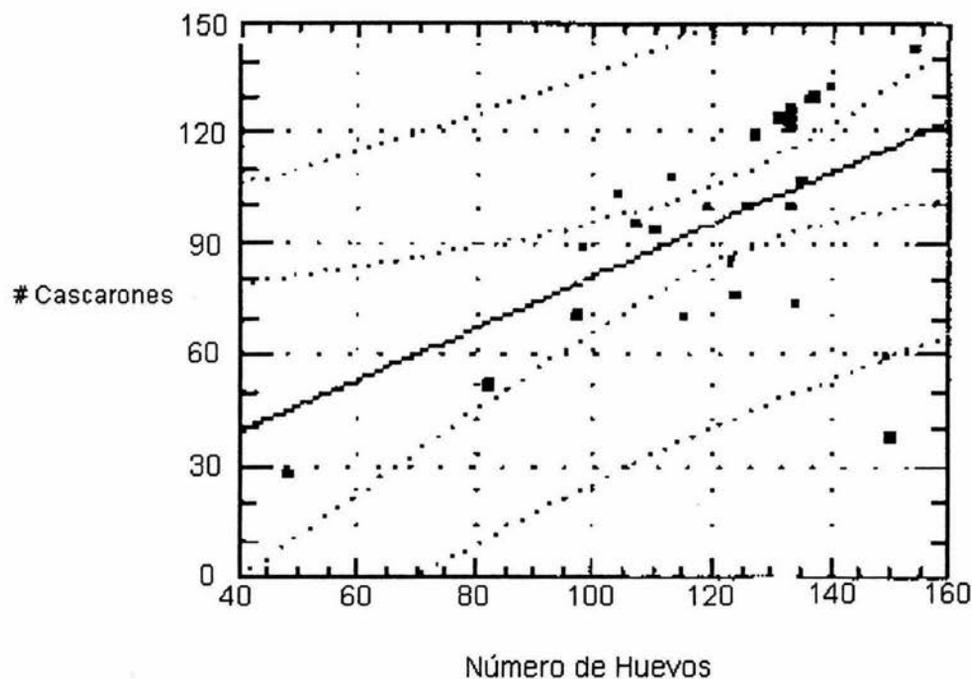


Figura 11

## Depredación

Los índices de depredación total fueron medidos para las dos especies. El total de nidos confirmados para ambas especies fué de 130 nidos, excluyendo los nidos que no eclosionaron antes del 15 de septiembre ya que el estado de éstos no pudo ser determinado. Los 24 nidos depredados totalmente por actividades humanas representan el 18.46% del total de nidos. De éstos, la mayoría fueron de *C. caretta* siendo el 75% del total de nidos depredados mientras que el 25% (6 nidos) fueron de *C. mydas*. Hubo depredaciones parciales de hormigas y gusanos. Algunos nidos fueron afectados por la presencia de raíces. En total, la pérdida parcial por factores bióticos fueron 10 nidos (7.69%).

Los factores físicos jugaron un papel importante en la pérdida de nidos. Los cambios en las playas por mareas, vientos y lluvia causaron la pérdida de 8 nidos que representan el 6.15% del total de nidos confirmados y la pérdida de 38 banderas (posibles nidos).

## DISCUSION

### Anidación

#### *Caretta caretta*

Las distribuciones de anidación siguieron un comportamiento normal sugiriendo una población o subpoblación de tortugas marinas, que anida en estas playas. La presencia clara de un pico de anidación en la distribución mostró una tendencia a anidar en cierta estación del año. Como las playas de anidación establecidas son pocas en ésta zona, las actividades de anidación se modifican por la colonización de nuevas áreas; el valor adaptativo de esta conducta es bastante obvia, ya que permite la colonización de nuevas áreas y un posible aumento de la adecuación. Krebs (1985), menciona que la dispersión es un comportamiento altamente adaptativo en cualquier ambiente, solamente si permite que la colonización de los individuos sea exitosa en relación a la adecuación.

En la semana 12 se tiene la media de actividades, sin embargo la mayor actividad de anidación fue en la semana 14. Como esta especie tiene altas tasas de anidación sin éxito (Talbert *et. al.*, 1980; Dodd, 1988), las anidaciones reales dan una mejor visión del comportamiento y/o del éxito reproductivo (ya que las salidas exitosas tienen altas probabilidades de dejar descendencia). La distribución de estas actividades de anidación tienen el comportamiento estadísticamente normal de una población, sin embargo su varianza es alta y se tuvieron picos de actividad en las semanas 13, 14 y 15, que no siguen un patrón temporal, por ejemplo, de frecuencias de anidación o de ciclos lunares. Este comportamiento se ha investigado en otras áreas en donde no se encontraron relaciones claras (Talbert *et. al.*, 1980; Cano, 1986), y se consideran comportamientos normales.

La época de anidación 1992 es comparable con la temporada 1991 en esta misma zona, en la cual se registraron un total de 133 rastros con un pico de anidación en junio (García *et. al.*, 1991), con otras zonas de anidación en Carolina del Sur, donde los picos de actividad también ocurrieron en junio (Talbert *et. al.*, 1980). El mismo patrón se presentó en la playa de XCacel (Rivas, 1984). En la temporada 1992, se obtuvieron un total de 238

rastros mostrando un incremento del 79% con respecto al año anterior. Estas fluctuaciones son evidencia de las tasas variables de remigración en tortugas marinas, y que los tamaños poblacionales que remigran y anidan varían anualmente.

Dado que en las playas de Sian Ka'an, la perturbación humana es mínima cuando anidan las hembras de tortugas marinas, otros factores son los determinantes en el éxito de la anidación. Los rastros falsos pueden ser hasta un 59% de todos los intentos de anidación y la mayoría de las hembras anidadoras que no son exitosas en sus salidas, regresan la misma noche o en noches posteriores para realizar otro intento (Hopkins y Murphy 1980; Dodd, 1988). Al unir los dos tipos de anidaciones sin éxito (falsos y regresos) en éste análisis, se hizo una sobreestimación del número total de anidaciones fracasadas, ya que es posible que algunos nidos registrados como falsos hayan tenido huevos que no fueron encontrados, por lo que no se categorizaron como nidos confirmados. Por otro lado, este sesgo también causa la subestimación de posibles nidos verdaderos en la zona. Se debe tomar en cuenta que las anidaciones sin éxito no fueron constantes a lo largo de la temporada, y pueden ser consecuencia de cambios físicos y químicos del ambiente y de las zonas de anidación que modifican las conductas de anidación de las hembras. Los picos de las actividades fracasadas ocurrieron en las semanas 12, 14 y 16 que no coinciden con los picos de anidación reales. Es claro que la proporción de tipos de actividad varía en la temporada. Esto es, la proporción entre anidaciones reales y anidaciones falsas no es constante a lo largo de la temporada por lo que resultan independientes de la cantidad de anidaciones.

Un factor importante en la conducta de anidación puede ser el tamaño de la playa ya que puede representar un recurso limitado, pero en este caso el tamaño de la playa no parece ser un factor importante para la conducta que se corrobora con las variaciones altas a lo largo de las playas. Es claro que existen factores en las playas que favorecen la anidación de las tortugas. La diferencia en las densidades observadas para playas de la misma zona sugiere una filopatría baja a playas específicas. Talbert, *et. al.*, (1980), encontró que *Caretta*

*caretta* puede llegar a anidar en playas distintas separadas entre sí de hasta 5 kilómetros durante una misma temporada, y de hasta 60 km. en temporadas diferentes (Limpus, 1994)

Comparando los datos con la temporada 1991 (ver Tabla 3), se muestra un incremento en la densidad en zonas como Máquina y un decremento en la zona denominada R1. Por tanto, *C. caretta* anida en la zona pero la variabilidad de este comportamiento es alto, sugiriendo una anidación en el área que varía mucho año con año. Esto puede deberse al ambiente cambiante de las playas, y a las remigraciones que pueden tener ciclos mayores a 1 año.

Tupac y Santa Rosa también son zonas importantes de anidación para *Caretta caretta*. La remigración de las tortugas a la misma zona en años sucesivos ocurrió en áreas como Tupac, Punta Loria, Palapa y San Román, en donde las densidades se mantuvieron constantes, en comparación con la temporada 1991, sin embargo no se sabe si fueron las mismas tortugas.

Las conductas altamente variables, sugieren varios factores que influyen la decisión de la hembra. Como las condiciones son cambiantes en los sitios de anidación, (la temperatura, mareas y corrientes) estos pueden afectar la conducta de las hembras y dado que la salida de las hembras es un fenómeno energéticamente costoso (Bjorndal, 1982), se puede esperar que buscarán las condiciones óptimas de incubación. La otra opción, más viable, es que la iteroparidad de las tortugas marinas sea una adaptación a ambientes heterogéneos (resultante en alta pérdida de nidos por factores físicos y bióticos) (Krebs, 1985), lo cual se refleja en la selección de los sitios de anidación que varían mucho espacialmente.

Las similitudes en las actividades de anidación con éxito y las anidaciones fracasadas en relación a la pendiente y ancho de la playa, sugieren una dependencia parcial al ancho de la playa en *Caretta caretta*, basado en las tendencias seguidas (aunque no sean significativas) de los dos tipos de anidación. La cantidad de anidaciones fracasadas y exitosas no siguen un mismo patrón, lo que sugiere que aunque la hembra prefiera una playa corta para la

anidación, el éxito de su salida no depende de esta primera aproximación sino de las condiciones inherentes a la playa de anidación al salir a la misma. Las hembras de *Caretta caretta* aran la arena con la parte inferior del cuello y colocan la cabeza sobre la arena determinando las señales de temperatura. Si la hembra encuentra diferencias de temperatura de 2.05-3.55 en la zona seca, procede a anidar, pero si no encuentra estas características aborta su intento de anidación, resultando en anidaciones falsas (Stoneburner y Richardson, 1981 en Dodd, 1988). Según Dodd (1988), las anidaciones más densas generalmente están asociadas a playas con pendientes altas y un cambio gradual en la profundidad del mar, sin embargo en éste estudio no se reflejó ese comportamiento. Las primeras anidaciones de esta especie, se perdieron por los cambios en las playas de anidación como en otras zonas al norte del estado (Aviña, 1984), confirmando que el ancho de la playa se vuelve un factor importante (Hopkins y Murphy, 1980; Durán-Nájera *et. al.*, 1984), más no así el cambio en pendiente, que en este caso, existe una tendencia hacia un comportamiento de anidación que tome en cuenta el ancho de la playa. La selección del hábitat es favorecida por la selección natural en zonas que incrementan la adecuación en términos de progenie (Krebs, 1985). Rivas (1984) señala que hay influencia (en términos de adecuación), entre nidos depositados a diferentes distancias del mar, por lo que es importante la posición de estos con respecto al mar. En Sian Ka'an las anidaciones son a media playa o cerca de la vegetación y solo en ocasiones se encuentra pegada a la vegetación (obs. pers.), pero en playas al norte de la zona de estudio las variaciones de las playas son muy altas y las hembras anidan en el límite de las zonas arbustivas (Aviña, 1984).

Las playas de anidación en el estado, no tienen cambios pronunciados de mareas (Aviña, 1984), factor que en otras áreas, produce diferencias en las conductas de anidación, debido a la pérdida de nidos en playas con amplitudes de mareas muy significativas (Frazer, 1983).

Las medidas de largo y ancho curvo de las hembras fueron superiores a las medidas encontradas por Hirth (1980) (rango de 86.4- 92.7 cm). Al norte de la costa, en la playa de

Xcacel, el promedio del largo curvo es de 103.34 cm (Zurita *et. al.*, 1989), valor por arriba de lo encontrado en Sian Ka'an para éste año. Datos de otras áreas del estado son similares (Durán-Nájera *et. al.*, 1984; Zurita *et. al.*, 1993) y coinciden con datos de Eckert (1991), sugiriendo posibles diferencias en patrones y acceso a zonas de alimentación a lo largo de la costa de Quintana Roo. Las diferencias quizás se deben a la pequeña muestra obtenida o a diferencias en el crecimiento, que es afectado por alimentación y gasto energético (Bjorndal, 1982).

De las 8 hembras de *Caretta caretta* marcadas durante la temporada de anidación, no se recapturó ninguna (Anexo 4), por lo que no se obtuvieron intervalos de anidación dentro de la misma temporada. En la costa central de Quintana Roo durante la temporada 1984, tampoco se registraron recaptuas (Aviña, 1984). Existen 3 posibles razones: a) las hembras que fueron marcadas no fueron encontradas en noches posteriores b) las hembras marcadas tuvieron actividades en playas cercanas que no fueron censadas como la zona de Punta Estrella a Tupac y c) las hembras solamente anidaron una vez. Esto concuerda con su baja filopatría a las zonas de anidación comparada con otras especies (Hendrickson, 1982), y con ciclos reproductivos irregulares.

Fue encontrada una hembra con cicatriz de marca que hace suponer que la población utiliza el área como sitio no permanente de anidación, y tiene otras zonas preferentes como las playas de Playa del Carmen a Punta Allen, que concentra el mayor número de *Caretta caretta* en la península (Zurita *et. al.*, 1989) (Ver tabla 5).

Tabla 5. Sitios de Anidación, Extensión (Km) y Número de Nidos por Especie.

Playa	Km	<i>Caretta caretta</i>	<i>Chelonia mydas</i>
Isla Holbox	24.5	0	14
Cabo Catoche	7.5	0	0
Isla Contoy	1.9	47	40
Isla Mujeres	4.9	13	38
Isla Blanca	2.1	?	?
Isla Blanca Cancún	10	12	?
Isla Cancún	10	25-50	25-75
Nizuc-Pto. Morelos	38	70-120	50-100
Isla Cozumel	18	168-323	77-665
P. Carmen Punta Allen	37.5	910-1268	214-1062
Punta Pájaros	13.5	64	0-27
Punta Herrero-Xcalak	16.8	158-269	115-275

Como se puede ver, las poblaciones de Punta Pájaros son pequeñas y pueden indicar la formación de áreas nuevas de anidación. Aunque la longitud total de la zona de estudio es mayor, la densidad de anidaciones no sigue el mismo patrón. En zonas de longitudes iguales a la zona de estudio (Punta Pájaros) como Punta Herrero a Xcalak, las diferencias son notorias.

#### *Chelonia mydas*

La presencia de *Chelonia mydas* en las playas de Sian Ka'an en la temporada 1992 resultó ser anormal. Para la temporada 1991, no se observaron rastros de esta especie en esta zona, lo cual sugiere su ausencia durante la temporada 1991 (García *et. al.*, 1991). Las grandes variaciones en el tamaño de la población de hembras anidadoras, de un año a otro también ocurre en otras zonas como Tortuguero Costa Rica e Isla Heron Australia (Pritchard, 1980).

Las actividades de anidación son iguales a las encontradas en otras zonas del Caribe como Tortuguero (Fowler, 1979), donde la temporada empieza en junio y termina por completo en noviembre. En el Sur de Carolina y Florida (E.U.A), Colombia y Oman, las anidaciones se encuentran de mayo a agosto, antes que en las costas de Sian Ka'an (Hirth, 1971). Las diferencias en los tiempos de anidación están determinados por factores

climáticos y diferencias intraespecíficas en las historias de vida de las poblaciones e individuos en las zonas de anidación, así como en la distribución de la especie.

La conducta de anidación de *C. mydas* es más específica, ya que es una especie altamente filopátrica (Hendrickson, 1958, Fowler, 1979; 1982; Mortimer, 1988). La presencia a lo largo de la temporada, no siguió una distribución normal, lo que sugiere un arreglo a lo largo del tiempo, sin épocas claras de actividades de anidación. Este comportamiento posiblemente se deba al tamaño de la población o una subpoblación que anida en estas playas, con factores que determinan el comportamiento regular. Esto es, al encontrarse tamaños poblacionales pequeños, la variabilidad en conductas es muy alta y causa sesgos estadísticos.

Las anidaciones totales (exitosas y fracasos), tuvieron el mismo comportamiento temporal, al igual que las varianzas, sugiriendo anidación uniforme a lo largo de la temporada. Los fracasos, pueden ser explicados en parte por la ausencia de raíces y humedad, que se requieren para poder hacer la excavación del nido (Bustard y Greenham, 1968; Mortimer, 1990), y por otros factores que influyan en la decisión de anidar de la hembra que se desconocen.

El largo de la playa resultó ser un factor que no influye en la anidación de estas dos especies de tortugas marinas, siendo particularmente poco significativo para *Chelonia mydas*. En *Chelonia mydas* el éxito de anidación tampoco va correlacionado con el cambio en pendiente de la playa y no hay indicación de alguna tendencia. Las anidaciones fracasadas en esta especie siguieron este mismo comportamiento. Esto se explica por dos razones: Primero, el número de fracasos en *Chelonia mydas* no es alto, lo cual hace suponer la existencia de otros factores que influyen la decisión de las hembras para anidar, y segundo, la pendiente no juega un papel importante en la selección del sitio de anidación de esta especie, y no existe preferencia por anidar en playas con pocos cambios de pendiente, ni del ancho de la playa (Whitmore y Dutton, 1985).

Los datos sugieren que los cambios de pendiente total de la parte más alta al frente de olas no afecta la decisión de una posible anidación por parte de la hembra. Una característica común a todas las zonas de anidación es la existencia de una plataforma arenosa muy por arriba de las zonas de marea alta, donde se lleva a cabo la anidación (Hendrickson, 1958; Hirth, 1971; Mortimer, 1982). Como esta especie por lo general anida en las zonas pegadas a la vegetación (Hendrickson, 1958; Bustard y Greenham, 1968; Mortimer, 1982), la posibilidad de pérdida de nidos es baja, a menos que haya cambios drásticos en las pendientes. Lo anterior indica que se ha favorecido una conducta que selecciona el ambiente más estable para incrementar la adecuación (Krebs, 1985).

Muchas áreas de anidación son islas que por lo general están caracterizadas por una ausencia relativa de mamíferos depredadores. Aún en las playas continentales, se usan tramos de playa que de hecho son islas por la presencia de lagunas, ríos o ambientes hostiles a depredadores (Mortimer, 1982), tales como las de Sian Ka'an. Por otra parte, las anidaciones cercanas al mar tendrían una alta mortalidad por la presencia de sales de cloro (Bustard y Greenham, 1968). En esta especie también se ha observado que la hembra hace movimientos con la cabeza que posiblemente sean para evaluar la playa (Hirth, 1971), sin embargo, esta conducta no se ha comprobado. Se esperaría en Sian Ka'an una tendencia a seleccionar playas con cambios pequeños en pendientes, sin embargo no se encontró ninguna evidencia asociada con las características de playas clásicas.

Los tamaños de las hembras medidas en este estudio (95.9 +/- 4 cm) concuerdan con datos previos obtenidos para otras playas del estado (Aviña, 1984; Durán-Nájera *et. al.*, 1984; Rodríguez *et. al.*, 1992; Zurita *et. al.*, 1993) y los sugeridos por Hirth (1980) para toda la especie. El tamaño de la hembra no tuvo relación significativa con el número de huevos depositados. Bjorndal y Carr (1989) encontraron correlaciones positivas, sin embargo explican una pequeña porción de la variabilidad del tamaño del nido por el tamaño de la hembra. No se observó relación alométrica entre el tamaño de la madre y el número de huevos depositados, que existe comunmente en otros organismos (Godfray, 1986).

Se marcaron 10 hembras anidadoras de *Chelonia mydas* (Anexo 4) de las cuales se obtuvieron 4 recapturas. La baja proporción de recapturas no ofreció resultados confiables. Dos de las recapturas no terminaron en anidaciones exitosas por lo que se supone que regresaron posteriormente en la misma noche o en noches sucesivas y no fueron observadas.

La estimación del intervalo de anidación dió un rango de 10-21 días y promedio de 10.75 días, semejante a los encontrados por Bjorndal y Carr (1989), Hendrickson (1958), Eckert (1991), Dodd (1988) y Zurita *et. al.* (1993) pero más altos que de los sugeridos por Hirth (1980). Es posible que el rango sea un artefacto por la falta de registros de anidaciones intermedias de las hembras anidadoras.

Para muchas tortugas existe un sobreposición espacio-temporal en el uso de la playa, que no tiene implicaciones de conducta social, sin embargo hay un desfase temporal en las actividades. Cuando *Dermochelys* y otras especies tienen áreas de anidación iguales, tienden a segregarse temporalmente como en Sarawak Malasia, Tortuguero, Costa Rica (Mortimer, 1982) y Michoacán (López *et. al.* 1987; López y Sarti, 1988). En el caso de Sian Ka'an, *Caretta caretta* y *Chelonia mydas* comparten una misma zona de anidación, que no es raro ya que se encuentra el mismo comportamiento en otras playas y otras especies. Por ejemplo, en las playas de Tortuguero, Costa Rica, anidan *Dermochelys coriacea* y *Chelonia mydas* (Fowler, 1979), en Michoacán, México, *Dermochelys coriacea* y *Lepidochelys olivacea* (López *et. al.*, 1987), en Xcabel C. *caretta* y *C. mydas* (Zurita *et. al.*, 1993), en Colola y Maruata, México, *C. agassizi*, *L. olivacea* y *D. coriacea* (Alvarado y Figueroa, 1987).

Las características básicas de las conductas de anidación en tortugas marinas son determinadas por patrones anatómicos comunes y restricciones de hábitat en la historia evolutiva común a todas las tortugas marinas. Los aspectos más finos de esta conducta son moldeados por la gran variabilidad interespecífica e intraespecífica. Esta variación explica las restricciones evolutivas importantes con respecto a los parámetros conductuales y ecológicos del proceso de anidación. Las tortugas marinas conservan toda la adecuación que

pueden en el ambiente variable de las playas, por la explotación de su adaptabilidad genética y conductual causando la gran variabilidad de características a niveles intraespecíficos (Hendrickson, 1982). Whitmore y Dutton (1985), sugieren una competencia por espacios de anidación entre *D. coriacea* y *C. mydas*. Es posible que en Sian Ka'an al igual que en otras playas exista una competencia por espacio entre especies, lo cuál explicaría que las medias de anidación estén separadas por más de un mes, además de las preferencias diferentes de distancias de los nidos al frente de olas.

## **Eclosión**

### *Caretta caretta*

El promedio de huevos depositados en Sian Ka'an por hembras anidadoras de *Caretta caretta* concuerdan con aquellos de otras áreas de anidación de la especie en el mundo (Hirth, 1980; Talbert *et. al.*, 1980; Eckert, 1991) y para otras zonas del estado (Aviña, 1984; Durán-Nájera *et. al.*; 1984; Zurita *et. al.*, 1993).

Las estimaciones de los periodos de incubación para la zona son iguales a los encontrados en otras zonas de anidación (Hirth, 1980; Eckert, 1991) y para el estado (Durán-Nájera *et. al.*; 1984; Rivas, 1984; Escandero *et. al.*, 1990; Zurita, 1993). Las variaciones en los tiempos de incubación se deben a la fecha en la que fueron ovipositados por la hembra y a factores ambientales durante la época de incubación, debido a que la temperatura varia y afecta las tasas de desarrollo embrionario (McGehee, 1979). Se encontró que los tiempos de incubación se fueron reduciendo conforme avanzó la temporada, aunque no se pudo corroborar con datos ambientales. En otras zonas, la posición en la que se encuentra el nido en la playa modifican los tiempos de incubación de los nidos (Fowler, 1979), pero en éste caso, no fué investigado.

La selección natural favorece a los individuos con la mayor adecuación, esto es, aquellos que dan la mayor contribución a la población a la cual pertenecen. Todos los aspectos de una historia de vida afectan esta contribución a través de la fecundidad y la

sobrevivencia. Uno de los problemas difíciles es la medición de esta adecuación; sin embargo un parámetro utilizado comunmente es el valor reproductivo. Este valor incluye la suma de reproducción actual y la residual más la sobrevivencia (Begon *et. al.*, 1990). En tortugas marinas, el problema principal es la ausencia de información válida para construcciones de tablas de vida útiles. Los valores obtenidos son principalmente de las hembras. Estos valores como la eclosión son de los pocos parámetros por los cuales se puede obtener el valor reproductivo. Generalmente la información se aplica a nivel poblacional ya que no se conoce que nido dejó cada tortuga, ni el tamaño de la población. Anidando 3 veces en promedio para diferentes zonas de anidación (Dodd, 1988) que en Sian Ka'an no se comprobó, y con 104 rastros exitosos resultantes en 104 nidos, se estimó un tamaño poblacional de 34 hembras anidadoras. El valor reproductivo global es alto ya que las eclosiones obtenidas en condiciones naturales son grandes, reflejado en los porcentajes de eclosión (Hirth, 1980). Sin embargo, Talbert (1980) encontró que para las poblaciones de Carolina del Sur (E.U.A), la técnica de incubación en cajas de poliuretano dieron porcentajes de eclosión superiores a los de condiciones naturales. Garduño *et. al.* (1990) y Aviña (1984) obtuvieron diferencias grandes en los porcentajes de eclosión entre nidos naturales (90.1% y 86.11%) y trasplantados (49.1% y 59.22%). Estas variaciones pueden ser explicadas por los factores controlados que afectan a los nidos trasplantados. La depredación puede ser muy alta en zonas continentales, y la variación del ambiente puede afectar el éxito del nido.

Los porcentajes de eclosión varían de 0-100% con una media de 75% (Eckert, 1991), menores a los encontrados en Sian Ka'an, pero similares a los encontrados en el estado (Aviña, 1984; Durán-Nájera, 1984; Rivas, 1984). Esto sugiere un ambiente homogéneo en términos globales para todas las zonas de anidación en el estado, sin embargo la variación en las características microambientales modifican las condiciones de incubación y los porcentajes de eclosión de cada zona.

Se han tratado de aplicar los modelos de la teoría de tamaño óptimo de la nidada en muchos organismos iteróparos (Godfray, 1986) en donde el tamaño de la hembra tiene una

relación directa con el número de crías producidas, esto es, como una función de el gasto energético que requiere de una nidada. El tamaño del caparazón (como medida del tamaño corporal) de la hembra ha demostrado tener cierta influencia sobre el tamaño de la nidada. Este parámetro sin embargo, solamente explica el 30% de la variabilidad en las playas de Little Cumberland Island, Georgia, y 50% en la playa de Melbourne, Florida (Bjorndal y Carr, 1989) para *Chelonia mydas*. En Sian Ka'an, no se encontró una relación del tamaño de la hembra y la cantidad de huevos depositados. Es posible que el tamaño óptimo de las nidadas en el caso de *C. caretta* se dé como valor absoluto por temporada. Una derivación de esto, sugiere que la hembra va a optimizar sus recursos para obtener el mayor valor reproductivo. Aunque la cantidad de huevos viables producidos por hembra sea alto, el número de crías producidas no depende de la viabilidad sino de otros factores como los ambientales. Dada la variación en el tamaño de la nidada, es difícil tener confianza en los valores de tamaños de la nidada. Esto sugiere que los mecanismos por los cuales se optimiza la nidada en *C. caretta* cae dentro de un rango amplio de presiones selectivas que aún no se pueden determinar (Bjorndal y Carr, 1989). Se encontró una relación claramente positiva entre el número de huevos depositados y el número de cascarones, mostrando que se esperaría una presión selectiva hacia los nidos más grandes ya que les confiere mayor adecuación.

Hay una variación genética muy grande en la determinación de el tamaño de nidada, tamaño de cría y fecundidad (Stearns, 1992). La heredabilidad de estos caracteres varía de 0-90% pero valores de 20-40% son comunes. Donde la variación genética contribuye a una diferencia en tamaño de nidada entre individuos de una población, los tamaños de nidada entre parientes no son estadísticamente independientes. Por lo tanto, el tamaño de nidada varía entre individuos de una población porque difieren genéticamente, en edad, tamaño y fisiología, así como por razones ambientales, tales como comida, temperatura y parásitos (Begon *et. al.*, 1990).

Se han propuesto modelos de variación de tamaños de nidada para tortugas marinas a lo largo de la temporada (Frazer, 1985). Sin embargo tanto Frazer (1985) como Ehrhart (en Frazer, 1985), no observaron variaciones significativas contínuas a lo largo de la temporada. En la playa de Melbourne en Florida, se ha encontrado una relación negativa entre la fecha de oviposición del nido y el tamaño de la nidada (Bjorndal y Carr, 1989). En general, no se ha demostrado ningún decrecimiento monotónico (contínuo) u otro comportamiento en tamaños de nidada a lo largo de la temporada para las especies de tortugas marinas (Frazer, 1985). Durante la temporada 1992 en las playas de Sian Ka'an, la evidencia de cambios de la cantidad de huevos depositados con el tiempo, mostró que no hay relaciones significativas, por lo que las nidadas son independientes de cada evento reproductivo a nivel poblacional.

Los factores que afectan el éxito del nido, por lo general son ambientales. Si en Sian Ka'an fuera éste el caso, se esperaría una variación en los porcentajes de eclosión a lo largo de la temporada por las condiciones cambiantes del ambiente. Como no se encontró una relación de éste tipo, la eclosión posiblemente este correlacionada además con otros factores como son los genéticos y condiciones del microambiente formado por el nido.

Se pueden realizar análisis de fertilidad, sin embargo se tiene que tener cuidado con estos datos, porque una muerte temprana del embrión, causa que la descomposición confunda los huevos que fueron fértiles con huevos totalmente infértiles, por lo que es difícil saber la fertilidad real. La presencia de huevos infértiles puede ser una forma de optimizar la nidada. No se hicieron análisis de éste tipo por la incertidumbre asociada a la fertilidad e infertilidad de los huevos depositados.

### *Chelonia mydas*

La media de huevos depositados por hembra fueron valores superiores a los reportados por Hendrickson (1958), Fowler (1979); Hirth (1980); Eckert (1991) y

Escandero, *et. al.*, (1990) y los reportados por Rodríguez *et. al.* (1992) para la Isla Holbox al norte de la zona de estudio en Isla Contoy (Durán-Nájera *at al.*, 1984). Sin embargo, la cantidad de huevos producidos en la temporada varía de 3-218 en Tortuguero (Bjorndal y Carr, 1989) y de 3-184 en Sarawak (Hendrickson, 1958) y los valores se asemejan a los producidos en el área (Aviña, 1984; Zurita *et. al.*, 1993). Si la producción de huevos es limitada por costos energéticos, la energía ahorrada en las salidas de anidación pueden ser canalizadas para producir un incremento en el número de huevos totales (Bjorndal y Carr, 1989). En *C. mydas* se sabe que un mejoramiento en la nutrición incrementa el producto reproductivo en *Chelonia mydas*, por el incremento en la cantidad de nidadas, pero no afecta el número de huevos producidos (Bjorndal, 1982). Se asume por tanto que la cantidad de huevos en Sian Ka'an fué un reflejo de la alta variabilidad del número de huevos producidos para ésta especie.

*Chelonia mydas* tuvo éxitos de eclosión de 79% semejantes a los reportados por Fowler (1979) en nidos naturales en Tortuguero Costa Rica, Aviña (1984) y Escandero (1990) en Quintana Roo, de 83.1%, 87% Wyneken y Burke (1988), y 81% en Isla Holbox (Rodríguez, *et. al.*, 1992). Los valores están por arriba de los datos de eclosión para condiciones de vivero (71% en nidos relocalizados Wyneken y Burke, 1988; 41.7% en Hendrickson, 1958; Aviña, 1984 y Garduño, *et. al.*, 1990). Dadas las condiciones de incubación natural en que se encontraron los nidos, resultó un éxito alto, sugiriendo que las condiciones de incubación en sistemas naturales dan mejores resultados que en condiciones de vivero, quizás por problemas de manejo de los huevos. Esto se debe tomar con cautela. Las condiciones naturales provocan una variación en las condiciones de anidación e incubación y por consecuencia en el éxito del nido (Bustard y Greenham, 1968; McGehee, 1979; Mortimer, 1982). Esto explica las variaciones altas en la eclosión dentro de una misma zona de anidación.

La relación de día de oviposición y porcentaje de eclosión son compatibles con otras zonas (Fowler, 1979; Whitmore y Dutton, 1985), lo que sugiere una independencia de la

época de anidación con el éxito reproductivo. Sin embargo la posición del nido sobre la playa es un factor importante en el éxito del nido (Fowler, 1979; Whitmore y Dutton, 1985), por la susceptibilidad de las crías a cambios en salinidad y humedad durante su etapa embrionaria (Bustard y Greenham, 1968; McGehee, 1979).

Se encontraron relaciones significativas en relación al tamaño óptimo de la nidada, esto es, existe una tendencia a optimizar el número de huevos depositados ya que representa un incremento en la fecundidad (adecuación) de la hembra. Claramente entre más grande fué el nido, el número de crías aumentó. Los cambios en número de huevos solamente explican un 27% de la relación, constante con los datos de Bjorndal y Carr (1989). El límite superior del rango debe de estar limitado por cuestiones de sobrevivencia de las crías. Esto no debe de aumentar mucho más, por razones de adaptación al medio ambiente como es el microambiente formado por el nido. Estos datos son iguales a lo que se encuentra en *Caretta caretta* y contrario a lo que Balasingham (1967) encuentra (correlación negativa con tamaños óptimos de 50 huevos para *Dermochelys coriacea*). Seguramente el tamaño de la nidada en *Chelonia mydas* al igual que en *Caretta caretta* no son restringidas por selección natural. Se ha propuesto que el tamaño de la masa de huevos puede influir la eclosión ya que los tamaños pequeños de nidada serían demasiado fríos para un desarrollo normal, sin embargo existe evidencia de lo contrario en donde se tienen valores de éxito de nidos en nidadas pequeñas para *Dermochelys coriacea* en Malasia (Balasingham, 1967).

Bjorndal y Carr (1989) analizaron las posibilidades de variación de los tamaños de nidada en *Chelonia mydas* anidando en Tortuguero, Costa Rica. La variación en el tamaño de la hembra solamente puede afectar hasta un 33% el tamaño de la nidada, y 16% en Melbourne, Florida. En Tortuguero, no se encontró variación entre el tamaño de la nidada en Tortuguero y la fecha de oviposición del nido, sin embargo se han reportado para otras especies de tortugas terrestres (Gibbons *et. al.*, 1982). El tamaño máximo de la nidada puede estar limitado por la capacidad de la cavidad del cuerpo de la hembra. El tamaño mínimo de la nidada posiblemente sea fijado por el número mínimo de crías necesarias para

salir del nido por cuestiones de una facilitación social entre hermanos (Carr y Hirth, 1961). Sin embargo, entre los valores máximos y mínimos, en el número de huevos de *Chelonia mydas*, operan muchos factores de selección que aún son desconocidos. Por lo menos en Tortuguero (Fowler, 1979; Bjorndal y Carr, 1989) y Sian Ka'an, la presión de selección sobre el tamaño de la nidada es débil, por la variabilidad existente. Asimismo, en Tortuguero, los factores ambientales y la nutrición no parecen tener efecto sobre el tamaño de la nidada. Se cree que el control del tamaño óptimo de la nidada es una función del genotipo materno.

Las relaciones de tamaños de nidada y temporada concuerdan con datos de otras playas de anidación, Melbourne Florida y Tortuguero Costa Rica (Fowler, 1979; Bjorndal y Carr, 1989), en donde no existe una tendencia a depositar menor cantidad de huevos conforme avanza la temporada.

Los tiempos de incubación varfaron alrededor de 54 días +/- 4.3 días en Sian Ka'an, mientras que en Tortuguero fué de 61.9 +/- 5.13 día con rangos de 53-81 días. Coincidiendo ambos con los datos proporcionados por Hirth (1971). Bustard (en Fowler, 1979) menciona que los tiempos de incubación se pueden reducir en gran medida por pequeños cambios de temperatura. Hendrickson (1958) encontró una reducción en los tiempos de incubación conforme avanza la temporada de anidación.

Los cambios en los tiempos de incubación en las playas de Sian Ka'an posiblemente tengan relación con temperaturas altas de la arena, aunque esto no se pudo corroborar.

### **Depredación.**

La depredación sobre las dos especies fué alto, siendo la depredación humana la más importante. En Surinam, el 11.8% de los nidos son depredados por factores bióticos excluyendo el hombre (Whitmore y Dutton, 1985), datos similares a los de Sian Ka'an. Los niveles de depredación al parecer son constantes en las playas de anidación de las tortugas marinas, y los problemas más grandes, surgen con el hombre.

## CONCLUSIONES

- 1) Las actividades de anidación variaron para las dos especies durante la temporada de anidación. *Caretta caretta* tuvo actividades similares a las encontradas en otras zonas del estado, mientras que *Chelonia mydas* no tuvo distribuciones normales, lo que posiblemente sugiera una población de tamaños reducidos.
- 2) Las conductas de anidación fueron diferentes para las dos especies estudiadas. En el caso de *Caretta caretta*, el ancho de la playa juega un papel aunque no decisivo en la selección de sitio de anidación, mientras que para *Chelonia mydas* no hubo influencia del ancho ni de la pendiente para la selección de los sitios de anidación.
- 3) La variabilidad en los tamaños de la hembras y de los huevos, así como la baja relación que existe entre ellos demostró que el tamaño de la hembra no determina la cantidad de huevos depositados en ambas especies para esta zona.
- 4) Los periodos de remigración dentro de una temporada no pudieron ser obtenidos para *Caretta caretta* por la ausencia de recapturas. En el caso de *Chelonia mydas* hubo pocas recapturas con tiempos muy variables, por lo que resultó difícil estimar este parámetro. Las recapturas obtenidas cayeron dentro de los rangos establecidos para otras zonas de anidación. Un mayor esfuerzo de muestreo a largo plazo darían respuestas más claras al respecto.
- 5) Los periodos de incubación en *C. caretta* disminuyeron conforme avanzó la temporada. Los valores de eclosión fueron constantes a lo largo de la temporada para ambas especies.
- 6) El tamaño óptimo de nidada no varió entre ambas especies. Para *Caretta caretta* y *Chelonia mydas* existe una ventaja en poner nidos más grandes porque el éxito reproductivo aumenta, por lo menos en esta etapa del ciclo de vida.
- 7) La fertilidad de los nidos fue muy semejante a las encontradas en otras zonas del estado. *Caretta caretta* tiene un promedio de éxito de eclosión de 77.8% con 103 huevos promedio depositados por hembra. *Chelonia mydas* tuvo un éxito más alto (79%), pero con un

depósito de huevos mayor (122 huevos), que significó un esfuerzo reproductivo mayor. Sin embargo, en términos de adecuación el promedio para ambas especies fué similar.

8) Se perdieron 24 nidos por factores humanos, 10 nidos por factores bióticos (depredaciones parciales) y 8 nidos por factores ambientales (principalmente la marea). La depredación humana sigue siendo el factor más importante en la zona.

9) La zona de anidación no es importante comparada con otras zonas del estado, sin embargo es posible que sea una zona de anidación en transición, y dadas sus características, podría llegar a ser una zona importante en la conservación de las dos especies que anidan en esta área protegida.

## BIBLIOGRAFIA

- ALVARADO J., & A. FIGUEROA.** 1987. The Ecological Recovery of Sea Turtles of Michoacán, México. Special Attention: The Black Turtle (*Chelonia agassizi*). Final Report. World Wildlife Fund USA & US Fish and Wildlife Service. Albuquerque, US.
- AVIÑA CARLIN R.,** 1984. Conservación de dos especies de tortugas marinas *Caretta caretta* y *Chelonia mydas* en la costa central de Quintana Roo. en **Zurita, J., Las Tortugas Marinas en Quintana Roo**, CIQRO, SEDUE, México.
- BALASINGAM, E.** 1967. The Ecology and Conservation of the Leathery Turtle *Dermochelys coriacea* (Linn.) in Malaya. Micronesia, 3: 37-43.
- BALAZS, G.H.** 1989. Suggestions Wanted for Shell Marking Technique, en Marine Turtle Newsletter, 44: 13.
- BEGON, M., HARPER, J.L. & C.R. TOWNSEND.** 1990. Ecology: Individuals, Populations, and Communities. Blackwell Scientific Publications, Cambridge USA.
- BELL, R. & J. RICHARDSON.** 1976. An analysis of Tag Recoveries from Loggerhead Sea Turtles (*Caretta caretta*) nesting on Little Cumberland Island, Georgia. En Florida and Interregional Conference on Sea Turtles, USA. pp 21-24.
- BJORNDAL, K.A.** 1982. The Consequences of Herbivory for the Life History Pattern of the Caribbean Green Turtle, *Chelonia mydas*, In **K. A. Bjorndal (Ed.) Biology and Conservation of Sea Turtles**. Smithsonian Institution Press, Washington, U.S.A.
- BJORNDAL, K. A. y CARR, A.** 1989. Variation in Clutch Size and Egg Size in the Green Turtle Nesting Population at Tortuguero, Costa Rica. Herpetologica, 45(2): 181-189.
- BOWEN, B. W.** 1992. Global Population Structure and Natural History of the Green Turtle (*Chelonia mydas*) in Terms of Matriarchal Phylogeny. Evolution 46(4):865-881.
- BOWEN W. B., MEYLAN A. B. & J. C. AVISE.** 1991. Evolutionary Distinctiveness of the Endangered Kemps Ridley Sea Turtle. Nature 352: 709-711.
- BOWEN, B. W., NELSON W. S., Y J. C. AVISE.** 1993. A Molecular Phylogeny for Marine Turtles: Trait Mapping, Rate Assessment, and Conservation Relevance. Proc. Natl. Acad. Sci. USA, 90: 5574-5577.
- BUSTARD, H. B. & GREENHAM, P.** 1968. Physical and Chemical Factores Affecting hatching in the Green Sea Turtle *Chelonia mydas* (L.). Ecology, 49(2): 269-276.

**BYLES, R.** 1989. Técnicas de Rastreo en Tortugas Marinas. En Memorias del V Encuentro Interuniversitario Sobre Tortugas Marinas en Mexico. UMSNH y CONACyT, Morelia Michoacan.

**CANO, F. A.** 1986. Estudio de la Anidación y Otros Aspectos Biológicos de *Eretmochelys imbricata* (tortuga de carey) y de *Caretta caretta* (tortuga caguama) en la Reserva Ecológica Isla Contoy, Q.Roo. Durante las Temporadas de Anidación 1984-1985. Tesis de Licenciatura, Fac. de Ciencias ENEP Zaragoza, UNAM, México.

**CARR, A., & CARR, M.H.** 1972. Modulated Reproductive Periodicity in *Chelonia*. Ecology 53: 335, 337.

**CARR, A. & H. HIRTH.** 1961. Social Facilitation in Green Turtle Siblings. Anim. Behav. 9: 68-70.

**CHEN BEEN-YUAN, MAO SHOU HSIAN & YUN HUA SING.** 1980. Evolutionary Relationships of Turtles Suggested by Immunological Cross-Reactivity of Albumins. Comp. Biochem. Physiol. 66B: 421-425.

**CROUSE D. T., CROWDER L. B., & H. CASWELL.** 1987. A Stage-Based Population Model for Loggerhead Sea Turtles and Implications for Conservation. Ecology 68 (5): 1412-1423.

**DAVIS G. E., & M. C. WHITING.** 1977. Loggerhead Sea Turtle Nesting in Everglades National Park, Florida, USA. Herpetologica 33: 18-28.

**DODD, C.K.** 1988. Synopsis of the Biological Data on the Loggerhead Sea Turtle *Caretta caretta* (Linnaeus, 1758). Biological Report 88(4) May, 1988. U.S. Fish and Wildlife Service, Washington D.C.

**DURAN-NAJERA J. J., CANO F. A., & H. ROCHA.** 1984. Las Tortugas Marinas en la Isla Contoy. Compilación de Trabajos en Conservación de Tortugas marinas en Quintana Roo.

**ECKERT K. L.** 1991. The Biology and Population Status of Marine Turtles in the North Pacific Ocean, Final Report, NOAA/NMFS 40ABNF002067.

**ECKERT K.L & ECKERT S.A.** 1987. Growth Rate and Reproductive Condition of the Barnacle *Conchoderma virgatum* on the Gravid Leatherback Sea Turtles in the Caribbean Waters. Journal of Crustacean Biology 7(4): 682-690.

**ECKERT K.A. & S.A. ECKERT.** 1989. Failure of Plastic Tags on Leatherback Sea Turtles. Herpetological Review. Buscar ficha completa

- ESCANDERO, G. A., VIGILANTE S. & C. R. GOMEZ.** 1991. Informe Anual del Programa de Protección y Estudio de las Tortugas Marinas en Isla Aguada-Sabancuy, Campeche. Temporada 1990. en **Frazer J.** Memorias del IV Taller Regional Sobre Programas de Conservación de Tortugas Marinas en la Península de Yucatán. Universidad Autónoma de Yucatán, Mérida, Mexico.
- EWERT, A.M.** 1985. Embryology of Turtles. En **Carl Hans** (ed) Biology of the Reptiles Vol 14: Development. John Wiley & Sons, New York, USA.
- FOWLER, L.** 1979. Hatching Success and Nest Predation in the Green Sea Turtle, *Chelonia mydas*, at Tortuguero, Costa Rica. Ecology 60(5): 946-955.
- FRAIR, W.,** 1982. Serum Electrophoresis and Sea Turtle Classification. Comp. Biochem. Physiol. 72B : 1-5.
- FRAZER N.B.** 1983. Effect of Tidal Cycles on Loggerhead Sea Turtles (*Caretta caretta*) Emerging From the Sea. Copeia 2: 516-519.
- FRAZER, N.B.** 1985. Seasonal Variation in Clutch Size for Loggerhead Sea Turtles *Caretta caretta*, Nesting on Little Cumberland Island, Georgia, USA. Copeia 4: 1083-1085
- FRAZER, N.B., & LADNER, R.C.** 1986. A Growth Curve for Green Turtles, *Chelonia mydas* in the U.S. Virgin Islands. Copeia 3: 798-802.
- GARCIA, E.** 1972. Modificaciones al Sistema de Clasificación de Koeppen. Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- GARCIA, N., VAZQUEZ L, SARTI L, & C. LOPEZ.** 1991. Tortugas Marinas en la Costa Central de la Reserva de la Biosfera de Sian Ka'an. Reporte Final, Amigos de Sian Ka'an y Facultad de Ciencias, UNAM, México.
- GARDUÑO M. A., MARQUEZ R., ANDRADE I., MORENO A., VASCONCELOS J. & R. LOPE-MENA.** 1991. Comparación del avivamiento en nidos *in situ* y trasplantados de tortuga blanca, *Chelonia mydas*, en el campamento de La Colorada, Yucatán. 1990. en **Frazier, J.** (Ed.) Memorias del IV Taller Regional Sobre Programas de Conservación de Tortugas Marinas en la Península de Yucatán, México.
- GIBBONS, J. W., J. L. GREENE, & K. K. PATTERSON.** 1982. Variation in Reproductive Characteristics of Aquatic Turtles. Copeia, 776-784.
- GODFRAY, H. C. J.** 1986. Clutch Size in a Leaf-Mining Fly (*Pegomya nigratarsis*: Anthomyiidae). Ecological Entomology, 11, 75-81.
- HENDRICKSON J. R.** 1958. The Green Sea Turtle, *Chelonia mydas* (Linn.), in Malaya and Sarawak. Proc. Zool. Soc. Lond. 130 (4): 455-535.

**HENDRICKSON, J. R.** 1982. Nesting Behavior of Sea Turtles with Emphasis on Physical and Behavioral Determinants of Nesting Success or Failure. en **K. Bjorndal**, (Ed). Proceedings of the World Conference on Sea Turtle Conservation, Washington D.C. WWF, Washington, USA.

**HILDEBRAND, H.** 1987. A Reconaissance of Beaches and Coastal Waters From the Border of Belize to the Mississippi River as Habitats for Marine Turtles. Report Prepared for NOAA, National Marine and Fisheries Service. SEFC, Panama City Laboratory, Region 2. Albuquerque, New Mexico, NA-84-CF-A-134.

**HIRTH, H.F.** 1971. Synopsis of Biological Data on the Green Turtle *Chelonia mydas* (Linnaeus) 1758. FAO, Rome.

**HIRTH H. F.** 1980. Some Aspects of the Nesting Behavior and Reproductive Biology of Sea Turtles. Amer Zoo, 20: 507-523.

**HOPKINS S. R., & T. M. MURPHY.** 1980. Reproductive Ecology of *Caretta caretta* in South Carolina. Study Completion Report E-1, Study No. ViA1. S. C. Wildlife and Marine Resources Department, Division of Wildlife and Freshwater Fisheries. USA.

**HOPKINS-MURPHY, S., & MURPHY, T.M.** 1982. Distribution of Loggerhead Turtle Nesting Activity in South Carolina by Aerial Survey. Study Completion Report, Wildlife and Marine Resorces Department. Division of Wildlife and Freshwater Fisheries, Project # E-1 Study # VI-A-2.

**HOPKINS, S.R. & RICHARDSON, J.I.** 1984. Recovery Plan for Marine Turtles. Prepared by the Marine Turtle Recovery Team.

**HOPKINS, R.S., T.M. MURPHY, K.B. SANSELL & P.M. WILKINSON.** 1981. Biotic and Abiotic Factors Affecting Nest Mortality in the Atlantic Loggerhead Sea Turtle. Proc. Ann. Conf. S.E. Assoc. Fish and Wildlife Agencies 32: 213-233.

**HUGHES, R.G.** 1981. Nesting Cycles in Sea Turtles-Typical or Atypical? in **K. Bjorndal** (ed) Proceedings of the World Conference on Sea Turtle Conservation, Washington D.C., WWF, Washington D.C.

**INEGI.** 1986. Anuario Estadístico del Estado de Quintana Roo. Instituto de Estadística, Geografía e Informática, Mexico, D.F.

**JORDAN, E.** 1979. Estructura y Composición de Arrecifes Coralinos en la Región Noreste de la Península de Yucatán, México. Ann. Inst. Cienc. del Mar y Limn., UNAM 6: 69-86.

**KOZLOWSKI, J.** 1992. Optimal Allocation to Growth and Reproduction: Implications for Age and Size at Maturity. TREE 7(1): 15-19.

- KREBS, C. J.** 1985. Ecology: The Experimental Analysis of Distributions and Abundance, Third Edition, Harper & Row Pubs, U.K.
- LIMPUS, C., EGGLEER, P, y J. MILLER** 1994. Long Interval remigration in Eastern Australian *Chelonia*. En **Scroeder, B. A., and B.E Witherington** (Comps). Proceedings of the XIII Annual Simposium of Sea Turtle Biology and Conservation. NOAA Technical Memorandum NMFS-SEFSC-341, 281 pp.
- LOHMANN, K.J.** 1992. How Sea Turtles Navigate. Sci Am, 226(1):82-88.
- LOPEZ, S.C, SARTI L. & M. BATIZ.** 1987. Aspectos Pesqueros y Conservación de la Tortuga Marina en Mexiquillo Michoacán. Temporada 1986-1987. Facultad de Ciencias UNAM.
- LOPEZ S. C., SARTI L.** 1988. Programa de Investigación en el área protegida para Tortugas Marinas en la Zona Sur de Michoacán, 1987-1988. Biología de Campo. Facultad de Ciencias UNAM.
- MARQUEZ, R.** 1990. **FAO Species Catalogue**. Vol. 11: Sea Turtles of the World. An Annotated and Illustrated Catalogue of Sea Turtle Species Known to Date. FAO Fisheries Synopsis. No. 125, Vol 11. Rome, FAO, 81 p.
- McGEHEE, M.A.** 1979. Factors Affecting the Hatching Success of Loggerhead Sea Turtles Eggs (*Caretta caretta caretta*). M.S. Thesis, University of Central Florida, Orlando
- MEYLAN, A.B., BOWEN, B.W. & J.C. AVISE.** 1990. A Genetic Test of the Natal Homing Versus Social Facilitation Models for the Green Turtle Migration. Science 248:724-727.
- MORTIMER J.** 1982. Factors Influencing Beach Selection by Nesting Sea Turtles. en **K. Bjorndal** (Ed.). Proceedings of the World Conference of Sea Turtle Conservation. Washington D.C. WWF. Washington USA.
- MORTIMER J.** 1988. Reproductive Homing and Internesting Behavior of the Green Turtle (*Chelonia mydas*) at Ascension Island, South Atlantic Ocean. en **Schroeder A. B.** Proceedings of the Eighth Annual Workshop on Sea Turtle Conservation and Biology. North Carolina, NOAA Technical Memorandum NMFS-SEFC-214.
- MORTIMER J.** 1990. The Influence of Beach Sand Characteristics on the Nesting Behavior and Clutch Survival of Green Turtles (*Chelonia mydas*). Copeia 3: 802-817.
- PRITCHARD,** 1980, The Conservation of Sea Turtles: Practices and Problems. Amer. Zool. 20: 609-617.

**RHODIN, A.G.J.** 1985. Comparative Chondro-Osseus Development and Growth of Marine Turtles. Copeia 3: 752-771.

**RICHARDSON T. H., RICHARDSON J.I., RUCKDESCHEL C. & DIX M.W. (b)** 1978. Remigration Patterns of Loggerhead Sea Turtles (*Caretta caretta*) Nesting on Little Cumberland Island, Georgia. Florida Marine Research Publications 33: 39-44.

**RIVAS R. N.** 1984. Estudios de la influencia de los factores ambientales en el desarrollo de la incubación de *Caretta caretta* (L.) eb XCacel, Quintana Roo. en **Zurita, J., Las Tortugas Marinas en Quintana Roo**, CIQRO, SEDUE, México

**RODRIGUEZ R. & E. MIRANDA.** 1992. Reporte Final Sobre la Anidación de Tortugas Marinas en la Isla Holbox, Quintana Roo. Temporada 1992. Pronatura Península de Yucatán A. C. México.

**SPOTILA, J.A. & E.A. STANDORA.** 1985. Environmental Constraints on the Thermal Energetics of Sea Turtles. Copeia 3: 694-702.

**STANCYK, S.E.** 1981. Non-Human Predators of Sea Turtles and Their Control. in **K. Bjorndal** (ed) Proceedings of the World Conference on Sea Turtle Conservation, Washington D.C., WWF, Washington D.C.

**STEARNS, S.C.** 1992. The Evolution of Life Histories. Oxford University Press, Oxford U.K.

**TALBERT R. O., STANCYK S. E., DEAN J. M. & J. M. WILL.** 1980. Nesting Activity of the Loggerhead Turtle *Caretta caretta* in South Carolina I: A Rookery in Transition. Copeia 4: 709-718.

**VANDAM, R. y SARTI, L.** 1991. The Hawksbills of Mona Island, Puerto Rico, Report for 1990, Sociedad Chelonia, Puerto Rico; Departamento de Recursos Naturales de Costa Rica.

**WHITMORE, CLARE P., & PETER H. DUTTON.** 1985. Infertility, Embryonic Mortality and Nest-Site Selection in Leatherback and Green Sea Turtles in Suriname. Biol Cons 34: 251-272.

**WITZELL, W. N.** 1981. Predation on Juvenile Green Sea Turtles *Chelonia mydas* by a Grouper, *Promicrops lanceolatus* (Pisces; Serranidae) in the Kingdom of Tonga. South Pacific Bulletin of Marine Science 31 (4): 935-936

**WOOD, J.R., F.E. WOOD, K.H. CRITCHLEY, D.E. WILDT & M. BUSH.** 1983. Laparoscopy of the Green Sea Turtle *Chelonia mydas*. British Journal of Herpetology, Vol 6: 323-327.

**ZANGERL R.** 1980. Patterns of Phylogenetic Differentiation in the Toxochelyid and Cheloniid Sea Turtles. Amer. Zool. 20: 585-596.

**ZURITA, J.C.; PREZAS, B. & VIVEROS, P.** 1989. Biología y Conservación de las Tortugas Marinas en el Litoral Central del Estado de Quintana Roo: Temporada 1989. Reporte Final. CIQRO, Chetumal, Mexico.

**ZURITA C. J., HERRERA R., & B. PREZAS.** 1993. Tortugas Marinas del Caribe. En **Salazar S. I. & González N. E.** (Eds.). Biodiversidad Marina y Costera de México. Comisión Nacional de Biodiversidad y CIQRO, México, 865 pp.

## ANEXO 1

CLASE: Reptilia

SUBCLASE: Anapsida

ORDEN: Testudines

SUBORDEN: Cryptodira

SUPERFAMILIA: Chelonioidea

FAMILIA: Cheloniidae

GENERO: *Caretta caretta caretta* (Atlántico)  
*Caretta caretta gigas* (Pacífico)  
*Chelonia mydas mydas* (Atlántico)  
*Chelonia mydas japonica* (Indico; Pacífico del Oeste y Centro)  
*Chelonia agassizi* (Pacífico del Este)  
*Eretmochelys imbricata* (Algunos autores con subsp).  
*Lepidochelys olivacea* (Dist. Mundial)  
*Lepidochelys kempii* (Mexico)  
*Natator depressus* (Australia)

FAMILIA: Dermochelyidae

GENERO: *Dermochelys coriacea schlegelii* (IndoPacífico)  
*Dermochelys coriacea coriacea* (Atlántico)

Fuente: Marquez, 1990

## ANEXO 2

Categorización de la Temporada por Semana

NUMERO DE SEMANA	FECHA
1	26-4 Abril
2	5-11 Abril
3	12-18 Abril
4	19-25 Abril
5	26-2 Mayo
6	3-9 Mayo
7	10-16 Mayo
8	17-23 Mayo
9	24-30 Mayo
10	31-6 Junio
11	7-13 Junio
12	14-20 Junio
13	21-27 Junio
14	28-4 Julio
15	5-11 Julio
16	12-18 Julio
17	19-25 Julio
18	26-1 Agosto
19	2-8 Agosto
20	9-15 Agosto
21	16-22 Agosto
22	23-29 Agosto
23	30-5 Septiembre
24	6-12 Septiembre
25	13-19 Septiembre

### ANEXO 3

#### Relación de Marcas Colocadas

FECHA	MARCA Serie J	Serie ASK	ESPECIE
6-Jun-1992	J-3901		<i>Caretta caretta</i>
25-Jun-1992	J-3904		<i>Caretta caretta</i>
25-Jun-1992	J-3905		<i>Caretta caretta</i>
25-Jun-1992	J-3906		<i>Caretta caretta</i>
29-Jun-1992	J-3907	ASK-012	<i>Chelonia mydas</i>
11-Jun-1992	J-3908	ASK-011	<i>Caretta caretta</i>
4-Jun-1992	J-3909	ASK-014	<i>Caretta caretta</i>
4-Jun-1992	J-3910	ASK-020	<i>Chelonia mydas</i>
30-Jun-1992	J-3911	ASK-013	<i>Caretta caretta</i>
4-Jul-1992	J-3912	ASK-019	<i>Chelonia mydas</i>
6-Jul-1992	J-3913	ASK-021	<i>Chelonia mydas</i>
14-Jul-1992	J-3914	ASK-022	<i>Chelonia mydas</i>
19-Jul-1992	J-3918	ASK-023	<i>Chelonia mydas</i>
2-Jul-1992	J-3919		<i>Chelonia mydas</i>
18-Jun-1992	J-3921		<i>Chelonia mydas</i>
27-Jun-1992	J-3927		<i>Chelonia mydas</i>
30-Jun-1992	J-3929	ASK-016	<i>Chelonia mydas</i>
30-Jun-1992	J-3930	ASK-017	<i>Caretta caretta</i>