



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO

FACULTAD DE CIENCIAS

RELACIÓN DE LA TEMPERATURA DE INCUBACIÓN EN
LA MUERTE EMBRIONARIA DE LA TORTUGA MARINA
LAÚD (*Dermochelys coriacea*) EN EL PLAYÓN DE
MEXIQUILLO, MICHOACÁN

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

BIÓLOGA

PRESENTA :

MARIANA ROMANO GARCÍA



FACULTAD DE CIENCIAS
UNAM

TUTOR
BIÓL. PATRICIA HUERTA RODRÍGUEZ

2007



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

Datos del alumno

Romano

García

Mariana

30893785

Universidad Nacional Autónoma de México

Facultad de Ciencias

Biología

099267740

Datos del tutor

Biól.

Patricia

Huerta

Rodríguez

Datos del sinodal 1

M en C.

José Ignacio

Fernández

Méndez

Datos del sinodal 2

Biól.

Roberto

Romero

Ramírez

Datos del sinodal 3

Biól.

Mónica

Salmeron

Estrada

Datos del sinodal 4

M. en C.

José Antonio

Flores

Díaz

Datos del trabajo escrito

Relación de la Temperatura de incubación en la muerte embrionaria de la tortuga marina Laúd (*Dermodochelys coriacea*) en el Playón de Mexiquillo, Michoacán.

102 p

2007

A mis padres Margarita y Antonio
quienes durante todos estos años confiaron en mí;
comprendiendo mis ideales y el tiempo que me llevó lograrlos.

A mis hermanos Marcos y Toño
por soportar mis enojos
y brindarme mucho cariño.

A mi gran y mejor amiga Angela,
por darme siempre consejos en el momento apropiado,
y por enseñarme a soñar.

A Luis por la magia en la que se
desenvuelve y me regala en cada instante.

A mis amigos Carlos, Christian y Martín
por hacerme reír todo el tiempo,
por enseñarme a disfrutar de los pequeños y
grandes detalles de la vida.

Y a Rogelio por que de plano es mi compañero fiel e inseparable.

AGRADECIMIENTOS

A Paty Huerta, por la oportunidad de trabajar con los animales que han cautivado mi vida y por permitirme vivir una experiencia inolvidable.

A Laura Sarti y equipo, por el apoyo tanto material y de ideas, por la confianza y oportunidad que me brindaron en éste trabajo.

A José Antonio Días, por la ayuda estadística, comprensión y esmero en su trabajo, por las excelentes charlas que solíamos tener.

A Mónica Salmeron y Roberto Romero, personas que han dejado huella tanto académica como en lo personal.

A José Ignacio Fernández, por su asesoría en la realización de éste trabajo.

A grandes amigos; Dalia, Pozo, Dulce, Daniela, Jessica, Laila, Eladio, Hortensia, Alicia y Mauricio.

A la comunidad del Salado, que hicieron fascinante mi viaje por esas tierras, en especial a Don Patricio y Doña Consuelo. A Sony, Perla y Miriam por la dicha de haberlas conocido.

A mis abuelitos que quiero y admiro tanto.

A profesores y compañeros que dejan parte de su vida, en mi memoria.

Muchas gracias.

De un tiempo a esta parte
el infinito
se ha encogido
peligrosamente...

Defender la alegría como un derecho
defenderla de Dios y del invierno
de las mayúsculas y de la muerte
de los apellidos y las lástimas
del azar
y también de la alegría.

Mario Benedetti

I. INTRODUCCIÓN

1. Aspectos generales de la tortuga laúd (<i>Dermochelys coriacea</i>)	1
A. Morfología	2
B. Distribución y Ecología	3
C. Situación de la tortuga laúd actualmente	4
2. Desarrollo embrionario	6
A. Descripción	6
B. Estudios realizados de desarrollo embrionario en tortugas	8
3. Importancia del ambiente de incubación	18
A. Humedad y Salinidad	19
B. Intercambio gaseoso	20
C. Temperatura	21
a. Efecto de la temperatura en el periodo de la incubación	21
b. Efecto de la temperatura en la tasa de respiración	23
c. Efecto de la temperatura en la determinación del sexo	24
d. Efecto de la temperatura en la producción de crías y muerte embrionaria	25

II OBJETIVOS

Objetivo general	31
Objetivos particulares	31

III. ÁREA DE ESTUDIO 32

IV. MÉTODO

1. Protección de nidadas	34
2. Temperatura de incubación	35
A. Colocación de Termopares y Dataloggers en los corrales de incubación e <i>in situ</i>	36
a. Corral Farito	36
b. Corral Manzanilla	37
c. <i>In situ</i>	37
3. Temperatura ambiente	38
4. Análisis de datos	38
A. Sensores de temperatura	39
B. Evaluación del éxito de incubación	39
C. Relación temperatura-muerte embrionaria	41

V. RESULTADOS

1. Diferencia entre lecturas de termopares y dataloggers	43
A. Termopar testigo / termopar dentro de nidada	44
B. Datos comparables en nidadas con sensor y sin éste	45
2. Evaluación del éxito de incubación	46
3. Variación del periodo de incubación	48
4. Temperaturas en la temporada de anidación 2005-2006	49
A Temperatura de incubación	49
B. Temperatura y humedad ambiental	53
5. Temperaturas de incubación: corral Farito / corral Manzanilla / <i>in situ</i>	54
6. Tendencia de muerte embrionaria	56
7. Variación de temperaturas por estadio embrionario	61
A. Nidada 1 (Termopar Farito)	61
B. Nidada 2 (Termopar Farito)	62
C. Nidada 3 (Termopar Farito)	64
D. Nidada 4 (Datalogger Farito)	65
E. Nidada 5 (Datalogger <i>in situ</i>)	67

VI. DISCUSIÓN

1. Diferencia entre lecturas de termopares y dataloggers	69
2. Evaluación del éxito de incubación	70
3. Variación del periodo de incubación	71
4. Temperaturas en la temporada de anidación 2005-2006	74
5. Temperaturas de incubación: corral Farito / corral Manzanilla / <i>in situ</i>	76
6. Tendencia de muerte embrionaria	78
7. Variación de temperaturas por estadio embrionario	80

VII. CONCLUSIONES

85

VIII. SUGERENCIAS

88

XI. REFERENCIAS

89

FIGURAS

1. Tortuga laúd *Dermochelys coriacea*, en el Playón Mexiquillo, Michoacán, México.
2. Estadio embrionario I (*Dermochelys coriacea*).
3. Estadio embrionario II (*Dermochelys coriacea*).
4. Estadio embrionario III (*Dermochelys coriacea*).
5. Estadio embrionario IV (*Dermochelys coriacea*).
6. Estadio embrionario V (*Dermochelys coriacea*).
7. Estadio embrionario VI (*Dermochelys coriacea*).
8. Estadio embrionario VII (*Dermochelys coriacea*).
9. Estadio embrionario VIII (*Dermochelys coriacea*).
10. Modelos de desarrollo embrionario de Reptiles.
11. Influencia de la temperatura en el periodo de incubación.
12. Ubicación del Playón Mexiquillo, Michoacán, México.
13. Localización de termopares testigo.
14. Ubicación de sensores de temperatura.
15. Temperatura promedio registrada en termopares y dataloggers.
16. Temperatura promedio registrada en termopares testigo y con nidada.
17. Periodo de incubación promedio para los tres sitios de anidación.
18. Periodo de incubación promedio por mes a lo largo de la temporada.
19. Primer ciclo de 24 hrs de toma de temperatura de la arena a nivel de la cámara de incubación de nido de laúd.
20. Segundo ciclo de 24 hrs de toma de temperatura de arena a nivel de la cámara de incubación de nido de laúd.
21. Temperatura promedio registrada por termopares del 7 de diciembre de 2005 al 12 de mayo de 2006.
22. Temperatura promedio registrada por dataloggers del 18 de enero de 2006 a 11 de mayo de 2006.
23. Temperaturas ambientales mínimas y máximas, temporada 2005-2006.
24. Temperatura promedio registrada en los dos corrales de incubación e *in situ*.
25. Número de casos registrados por estadio embrionario en los tres sitios de incubación.
26. Número de casos registrados por estadio embrionarios en el Farito.
27. Número de casos registrados por estadio embrionario en Manzanilla.
28. Número de casos registrados por estadio embrionario en nidadas *in situ*.
29. Distribución de los estadios embrionarios por mes.
30. Temperaturas promedio mínimas y máximas en nidada 1.
31. Temperaturas promedio mínimas y máximas en nidada 2.
32. Temperaturas promedio mínimas y máximas en nidada 3.
33. Temperaturas promedio mínimas y máximas en nidada 4.
34. Temperaturas promedio mínimas y máximas en nidada 5.

TABLAS

1. Clasificación taxonómica de *Dermochelys coriacea*.
2. Porcentaje de eclosión en tortuga verde (*Chelonia mydas*) a diferentes temperaturas (°C).
3. Temperaturas bajas y altas letales y de éxito de eclosión de tortugas.
4. Porcentaje de eclosión en diferentes playas de anidación de la tortuga laúd.
5. Esquema general del éxito de eclosión, sobrevivencia, avivamiento y temperaturas de incubación registradas para la tortuga laúd en diferentes temporadas del Playón Mexiquillo, Michoacán.
6. Parámetros para evaluar el éxito de incubación.
7. Pruebas estadísticas que determinan diferencias significativas entre las lecturas de los dos sensores.
8. Prueba estadística que determina diferencias significativas entre las lecturas de termopar testigo y termopar dentro de nidada.
9. Pruebas estadísticas que determinan diferencias significativas entre datos de muerte embrionaria en nidadas con sensor y sin este.
10. Parámetros de evaluación de éxito de incubación
11. Temperaturas promedio, desviación estandar (D.S.), mínimas y máximas registradas por termopares testigos durante la temporada 2005-2006.
12. Temperaturas mínimas y máximas registradas por dataloggers durante la temporada 2005-2006.
13. Pruebas estadísticas que determina diferencias significativas entre las lecturas de los dataloggers en los corrales de incubación e in situ.
14. Temperaturas (°C) registradas en sensores testigos en los tres sitios de incubación.
15. Temperaturas (°C) registradas en sensores dentro de nidadas en los tres sitios de incubación.
16. Estadios embrionarios que presentan diferente distribución.
17. Predominancia de estadios embrionarios en tres sitios de anidación.
18. Resultados de la prueba Kruskal Wallis con respecto a temperaturas entre cada estadio embrionario de la nidada 1.
19. Resultados de la prueba Kruskal Wallis con respecto a temperaturas entre estadios embrionarios de la nidada 2.
20. Estadios que difieren en temperaturas de nidada 2.
21. Resultados de la prueba Kruskal Wallis con respecto a temperaturas entre estadios embrionarios de la nidada 3.
22. Estadios que difieren en temperaturas de nidada 3.
23. Resultados de la prueba Kruskal Wallis con respecto a temperatura entre estadios embrionarios de la nidada 4.
24. Estadios que difieren en temperaturas de nidada 4.
25. Resultados de la prueba Kruskal Wallis con respecto a temperaturas entre estadios embrionarios de la nidada 5.
26. Estadios que difieren en temperaturas de nidada 5.

RESUMEN

El desarrollo embrionario de tortugas marinas se ve afectado por factores ambientales como: temperatura, humedad, salinidad e intercambio gaseoso. La temperatura afecta directamente la producción de las crías, la muerte embrionaria, el periodo de incubación, la tasa de respiración durante el desarrollo embrionario y la determinación del sexo. En el presente trabajo se describe la relación de la temperatura de incubación con la muerte embrionaria de la tortuga laúd (*Dermochelys coriacea*) en el Playón Mexiquillo, Michoacán, México. Se registraron temperaturas de incubación en dos corrales (control y nidadas), El Farito y La Manzanilla, localizados cada uno a un extremo de la playa y en nidadas *in situ*. Las temperaturas registradas en los corrales e *in situ* no presentaron diferencias significativas entre sí, sin embargo la muerte embrionaria se da en mayor porcentaje en nidadas reubicadas (33.21%) para El Farito y (30.89%) para La Manzanilla que en nidadas *in situ* (20.97%). Se observó una alta proporción de muerte embrionaria en estadios de desarrollo tempranos (I y II), respecto a estadios tardíos (VII y VIII). Las temperaturas registradas para cada estadio mostraron diferencias significativas entre estadios tempranos y tardíos, sin embargo se registraron valores de acuerdo al intervalo de tolerancia para la especie de 25-35° C. La distribución de estadios embrionarios fue parecida en los corrales e *in situ*. El mes de Noviembre fue el que presentó mayor muerte embrionaria, siendo el inicio de la temporada. El periodo de incubación no mostró diferencias significativas en los corrales con respecto a las nidadas *in situ* y se observó una reducción mínima del periodo de incubación conforme avanzó la temporada. Se concluye que en la temporada de estudio no hubo un efecto marcado por la temperatura en relación con la muerte embrionaria, sin embargo son necesarios más estudios así como una muestra más grande y prolongada además del análisis de otras variables.

I. INTRODUCCIÓN

1. Aspectos generales de la biología de la tortuga laúd (*Dermochelys coriacea*)



Figura 1. Tortuga laúd *Dermochelys coriacea*, en el Playón Mexiquillo, Michoacán, México.

Dermochelys coriacea (del griego *Derma* que significa piel ó cuero, y *khelus* que significa concha y *corum* significa cuero, por la apariencia del caparazón); es considerada la tortuga marina de mayor tamaño (Pritchard, 1971).

Es la única especie viva de la familia Dermochelyidae, de la que se conocen registros fósiles del Mioceno en Europa y han sido descritos tres géneros extintos del Eoceno al Plioceno para varios continentes (Pritchard, 1971; Dowling y Duellman, 1978). En estudios genéticos se confirma que las tortugas marinas son monofiléticas (Dutton *et. al.*, 1996).

La tortuga marina *D. coriacea* presenta varios nombres comunes en diferentes zonas de México y el Caribe como laúd, garapacho, siete quillas, de canal, siete filos, chalupa, de cuero, tinglado, tinglar de cuero, galápago, baula, machincuepo, tora, de pellejo, entre otros (Benabib, 1983).

La ubicación taxonómica de la especie:

Tabla 1. Clasificación taxonómica de *Dermochelys coriacea*
(Tomado de Eckert, 1991).

Reino : Animalia
Phylum : Chordata
Subphylum : Vertebrata
Clase : Reptilia
Subclase: Anapsida
Orden : Testudines
Suborden : Cryptodira
Superfamilia: Chelonioidea
Familia : Dermochelyidae
Género : *Dermochelys*
Especie : *D. coriacea* (Blainville, 1816)

Existen diferencias entre las poblaciones anidadoras del Pacífico y del Atlántico, principalmente sus patrones de distribución geográficos, coloración y características morfológicas (medidas de cabeza y cuerpo), siendo las del Atlántico más grandes que las del Pacífico (Pritchard, 1971; Márquez, 1990).

A. Morfología

Los organismos adultos en el Pacífico pueden llegar a medir hasta 145 cm de largo recto del caparazón y pesar 416 kg (Márquez, 1990). El tamaño de las aletas anteriores (carentes de uñas) son proporcionalmente más grandes con respecto a su cuerpo, en comparación con las otras especies de tortugas marinas mientras que las aletas posteriores son cortas y la cola en los machos es mucho más grande que en las hembras (Pritchard, 1971; Márquez, 1990). El aspecto y constitución del caparazón en forma de laúd, difiere completamente de la estructura general de los quelonios, ya que no presenta el típico caparazón duro, sino que se encuentra formado por un mosaico de cientos de pequeños huesos poligonales recubiertos por una piel de color negra o negra azulada de consistencia oleosa y coriacea, con una gama variable de manchas blancas que tienden al rosa; la pigmentación clara predomina el plastrón (Pritchard, 1971; Benabib, 1983;

Pritchard y Trebbau, 1984; Márquez, 1990; Eckert, 1991). En la parte dorsal presenta una prominente quilla aserrada por el centro, flanqueada por otras tres de cada lado, y cinco en el plastrón (Pritchard, 1971; Pritchard y Trebbau, 1984; Eckert, 1991). Por la forma y consistencia de su caparazón la tortuga laúd reduce de manera significativa su peso; estas características aunadas a su forma corporal hidrodinámica, la hace ser la más adaptada al medio acuático de todas las tortugas marinas, ya que le permite alcanzar una gran velocidad de desplazamiento en el agua y así tener una alta capacidad migratoria (Pritchard, 1971; Benabib, 1983; Márquez, 1990; Eckert, 1991).

La cabeza es pequeña, redonda, sin escamas; equivale del 17 al 22.3% de la longitud del caparazón; posee un pico córneo filoso, delgado y débil, con dos cúspides en la parte frontal superior y una en la inferior, las cuales de frente le dan la apariencia de una "W". Esta especie presenta una mancha rosa en la piel cuya forma y tamaño varía de individuo en individuo, ubicada en la parte superior de la cabeza, en el área correspondiente a la unión del hueso frontal y parietal (Pritchard, 1971; Pritchard y Trebbau 1984; Márquez, 1990).

Las tortugas marinas son animales poiquiloterms, pero la tortuga laúd, presenta un mecanismo de regulación de su temperatura corporal que consiste en un sistema de contracorriente similar al de los mamíferos marinos que les permite retener el calor corporal además, posee una capa aislante subepidérmica de grasa poco vascularizada que funciona como un vasoconstrictor a bajas temperaturas (Frair *et al.*, 1972; Greer *et al.*, 1973); gracias a ambas características, es la especie de tortuga marina más ampliamente distribuida en los mares.

B. Distribución y Ecología

Se encuentra en zonas templadas con un rango de anidación tropical, existen registros en aguas frías, al norte de Alaska y el mar de Bering, en la región sur de Chile y Nueva Zelanda. La presencia de la tortuga laúd en México se da principalmente en la costa del Pacífico,

concentrándose principalmente en las playas de los estados de Oaxaca, Guerrero y Michoacán; su localización en el Golfo de México y el Caribe, es limitada. (Pritchard, 1971; Márquez *et al.*, 1981; Márquez, 1990, Sarti *et al.*, 1998).

Su amplia distribución mundial se relaciona a conductas de búsqueda de refugio y alimento, ya que se asocia con los movimientos de las medusas que son la base de su dieta junto con los tunicados, crustáceos parásitos y peces simbiontes asociados a medusas (Mortimer, 1995; Márquez, 1990). Las poblaciones de tortuga laúd llegan periódicamente a las costas de las zonas tropicales para anidar; presentando un ciclo bienal o trienal; en promedio realizan cinco puestas por temporada (frecuencia máxima de once), con un intervalo entre una puesta y otra de 9 a 10 días; ovipositan un promedio de 70 huevos con un diámetro promedio de 5 a 5.5 cm, de color blanco, esféricos, pesan entre 7 a 10 gr, acompañados de una serie de estructuras sin yema llamadas "corales", los cuales varían de tamaño (Sarti *et al.*, 1993), son depositados en nidos de 80 cm de profundidad aproximadamente; el periodo de incubación varía de 60 a 65 días (Benabib, 1983; Márquez, 1990; García, 2000).

C. Situación de la tortuga laúd actualmente

La tortuga *D. coriacea* ha presentado un declive en su población del 80% en menos de 20 años (Sarti, 2004). La población del Pacífico oriental fue considerada la más grande del mundo albergando el 65% de la población mundial (Pritchard, 1982), sin embargo la reducción drástica del tamaño de la población en los últimos años ha sido evidente. Actualmente se realizan acciones directas para la recuperación y conservación de la especie, como son la protección de hembras anidadoras, huevos y liberación de crías. Además de involucrar mediante la difusión y educación a las comunidades locales, dependencias gubernamentales federales y estatales. Las posibles causas de la disminución de las poblaciones son el saqueo de huevos, la matanza de hembras en las playas de anidación y la captura incidental y dirigida. (Sarti, 2004).

Al igual que en el resto de las especies de tortugas marinas, *D. coriacea* está protegida por diversas instancias, a nivel nacional la norma oficial Mexicana NOM-059-ECOL-2002 la cataloga como especie en peligro de extinción.

A nivel internacional la Unión Mundial de la Conservación (UICN) se encuentra clasificada en el libro Rojo como especie en peligro crítico de extinción; la Convención Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestre (CITES) la ubica en el apéndice I (especie en peligro de extinción, donde el comercio se dará solo bajo circunstancias excepcionales); también se encuentra protegida por la Convención sobre la Conservación de Especies Migratorias de Animales Silvestres (CMS) donde se promueven y apoyan la conservación de especies migratorias; el Protocolo Relativo a las Áreas y a la Flora y Fauna Silvestres Especialmente Protegidas del Convenio para la Protección y el Desarrollo del Medio Marino en la Región del Gran Caribe (SPAW) que tiene el objetivo de proteger ecosistemas y especies que se encuentren frágiles; la Convención Interamericana para la Protección y Conservación de la Tortuga Marina establece parámetros para la conservación de estos animales en peligro de extinción y sus hábitats, también se encuentra enlistada en los anexos de la Convención sobre la Preservación de Vida Silvestre en el Hemisferio Occidental (Convención del Hemisferio Occidental) que tiene como objetivo evitar la extinción de especies nativas y por último la Convención sobre Hábitats Naturales y Vida Silvestre Europeos (Convenio de Bern) tiene como finalidad promover la cooperación entre estados dando particular énfasis a las especies amenazadas y vulnerables (incluyendo especies migratorias).

2. Desarrollo embrionario

A. Descripción

Shine en 1983 optó por dividir el desarrollo embrionario de los reptiles en dos fases. La primera de gestación o preanidatoria (lapso en el cual el huevo es retenido en los conductos reproductores de la hembra desde la ovulación hasta la oviposición) y la segunda de incubación (desde la oviposición hasta la eclosión).

En las tortugas marinas una vez fecundado el huevo, las primeras fases de desarrollo del cigoto a una blástula con blastómeros de tamaño uniforme se lleva a cabo en el oviducto. En trabajos realizados con tortuga verde (*Chelonia mydas*), en huevos recién desovados no se ha observado desarrollo más allá de las primeras facetas de la gastrulación (Domanty, 1968; Parmenter, 1980; Blanck y Sawyer, 1981; Miller, 1985). El proceso se mantiene 9 días hasta que el huevo es ovipositado. Se desconoce el mecanismo que suspende el desarrollo durante este tiempo en el oviducto pero se tienen varias teorías, como los niveles altos de O₂ y CO₂ en el oviducto, a las necesidades térmicas y de humedad necesarias para el desarrollo, a la secreción de sustancias químicas que puedan inhibir el desarrollo por un tiempo y finalmente el movimiento constante de la misma hembra en el oviducto, que impide el proceso de orientación por parte de la gástrula hacia el polo animal del huevo (Parmenter, 1980).

El cascarón está formado por una capa inorgánica y otra orgánica; la composición mineral permite al embrión estar aislado y regular el paso de agua y minerales durante el desarrollo embrionario (Ewert, 1978; Miller, 1985; Chan y Solomon, 1989; Congdon y Gibbons, 1990), inmediatamente por debajo de esta capa inorgánica se encuentran una o dos membranas de fibras orgánicas, también conocidas como membranas del cascarón o membrana testácea, muy delgada, que contribuye a dar flexibilidad y expansión al cascarón evitando que se rompa al caer en la cámara durante la oviposición, la constitución de ambas capas difiere entre especies, pudiendo ser clasificadas por su dureza y flexibilidad (Ewert, 1978, 1985; Miller, 1985). En la

tortuga laúd la capa orgánica corresponde al 69% y la mineral al 31%. Su cascarón está definido como tipo pergamino o blando, tiende a expandirse uniformemente conforme absorbe agua del medio durante la incubación y asume una consistencia elástica; es frágil y quebradizo al final de la incubación y es factible observar como la capa superficial se desprende en pequeños gránulos (Chan y Solomon, 1989).

Dentro de la cámara de incubación existe intercambio de gases a través del cascarón que depende de las demandas de O₂ del embrión durante su desarrollo. La absorción de agua permite la expansión del saco vitelino por licuefacción de la albúmina (movimiento de agua a través de la membrana) provocando la adhesión de la membrana vitelina a la membrana del cascarón, lo que determina la orientación del disco embrionario. También se ha propuesto que el movimiento de la yema a través de la albúmina para ubicarse justo por debajo de la membrana del cascarón ayuda a desencadenar el proceso de fijación del embrión (Ackerman, 1980; Ackerman *et al.*, 1985; Blanck y Sawyer, 1981; Miller, 1985; Congdon y Gibbons, 1990).

En el punto de adhesión y/o fijación del embrión en el cascarón aparece una mancha blanca que se forma por una parcial resequedad del cascarón y que facilitará el intercambio gaseoso durante la respiración del embrión (Blanck y Sawyer, 1981; Chan, 1989). La mancha blanca puede aparecer a las 72 horas siguientes a la ovulación según Chan y Solomon (1989) conforme avanza el desarrollo, la membrana del cascarón ayuda a desencadenar el proceso de fijación y la mancha va cubriendo completamente el cascarón. En la tortuga laúd, algunos autores consideran que aparece después del cuarto o quinto día de incubación y otros más que son de 2 a 3 días en huevos fecundados, aunque es posible que la gástrula llegue a interrumpir definitivamente su desarrollo antes de iniciar la incubación sin observarse dicha mancha (Blanck y Sawyer, 1981; Miller, 1985; Withmore y Dutton, 1985; Chan, 1989).

B. Estudios realizados de desarrollo embrionario en tortugas

Se han realizado diversos estudios cuyo objetivo ha sido describir el desarrollo embrionario por estadio en tortugas. Agassiz (1857), describe la fecundación, organogénesis e histología de los órganos para la tortuga jicotea (*Trachemys scripta*). Deraniyagala (1939) propone 11 estadios embrionarios para la tortuga laúd (*D. coriacea*); el primer estadio es representado por un embrión en una fase bastante avanzada del desarrollo, de 5.5 mm de largo; cada estadio es caracterizada por la longitud del embrión, presencia y medidas de algunas estructuras que aparecen conforme el desarrollo avanza. Yntema (1968) considera 26 estadios para la tortuga lagarto dulceacuícola (*Chelydra serpentina*), los cuales fueron basados en la edad, temperatura y estructuras de los embriones. Crastz (1982) describió 31 estadios embrionarios para la tortuga laúd, el primero que describe es una gástrula tardía. Raynaud y colaboradores (1981, 1983) proponen criterios para distinguir un estadio de otro basados en la longitud de la cabeza para embriones de tortuga laúd. Miller (1985), elaboró una serie de estadios embriológicos combinando diversas tablas de desarrollo embrionario de tortugas marinas, donde incluyó los grados de desarrollo, velocidad de desarrollo, temperatura de incubación y tiempo durante el desarrollo en el cual el estadio fue definido; estima que los estadios 1 al 23 son parecidos en Chelonidos y Dermochelidos, que las diferencias aparecen a partir del estadio 24. Renous en 1988 describe particularidades del desarrollo embrionario de tortuga *D. coriacea*, como el desarrollo de la región faríngea, la formación del caparazón y el polimorfismo que presentan las escamas de la parte dorsal de la cabeza. En 1989, Renous y colaboradores consideraron otras características de desarrollo embrionario en esta especie; como la estructura, evolución de la región branquial, formación y desarrollo del caparazón y miembros. Guyot (1994) describe el desarrollo embrionario de la tortuga terrestre mediterránea (*Testudo hermanni*) en 26 estadios. López y Sarti (1988), establecieron una escala de identificación en campo de los estadios de desarrollo en embriones de tortuga laúd que no eclosionaron. Para esta serie embriológica se

consideran 8 estadios basados en cambios morfológicos observados en función del tiempo, tales como talla del embrión, del vitelo, coloración y estructuras anatómicas sin la ayuda de instrumentos de laboratorio (Cabral *et al.*, 1988). Cabe mencionar que esta tabla es la que actualmente se utiliza en el Proyecto Laúd, éste proyecto surgió en 1995, se encuentra dentro del Programa Nacional de Tortugas marinas (PNCTM) de la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP), México, y tiene como prioridades realizar la protección de hembras anidadoras de tortuga laúd, huevos y crías en las cuatro playas índice del Pacífico mexicano (Mexiquillo, Tierra Colorada, Cahuitán y Barra de la Cruz), el monitoreo de la anidación para conocer tendencias poblacionales, el monitoreo de los factores que afectan el éxito reproductivo de la población y el involucramiento de las comunidades locales en las actividades de conservación.

Como se puede observar, las diferencias entre las descripciones de cada autor resultan principalmente de las características usadas para describir el grado de desarrollo, la temperatura de incubación y el tiempo de desarrollo para la definición del estadio (Anaya, 1997).

A continuación se presenta una descripción de los estadios embrionarios que fueron utilizados para este proyecto según lo descrito por López y Sarti (1988):

Estadio I: Huevos en los que se detecta desarrollo aparente, en los que se encuentra cierto grado de vascularización en el polo animal del huevo y presencia de calcificación en el cascarón, puede verse o no el embrión a simple vista. Tiempo de desarrollo aproximado de 1 semana (Figura 2) (Cabral, 1988).

De acuerdo al periodo de incubación, Anaya (1997) realiza una descripción microscópica y en este estadio los embriones podrían presentar un área opaca, pelúcida, disco embrionario ovalado y placa primitiva paulatinamente se forma el blastoporo con abertura horizontal que después se convierte en un blastoporo en forma de herradura, se alarga y se cierra. El disco embrionario ocupa toda el área pelúcida, se forma el pliegue cefálico, parte del tubo neural, neuroporo posterior, canal neurentérico y tres pares de somitas.

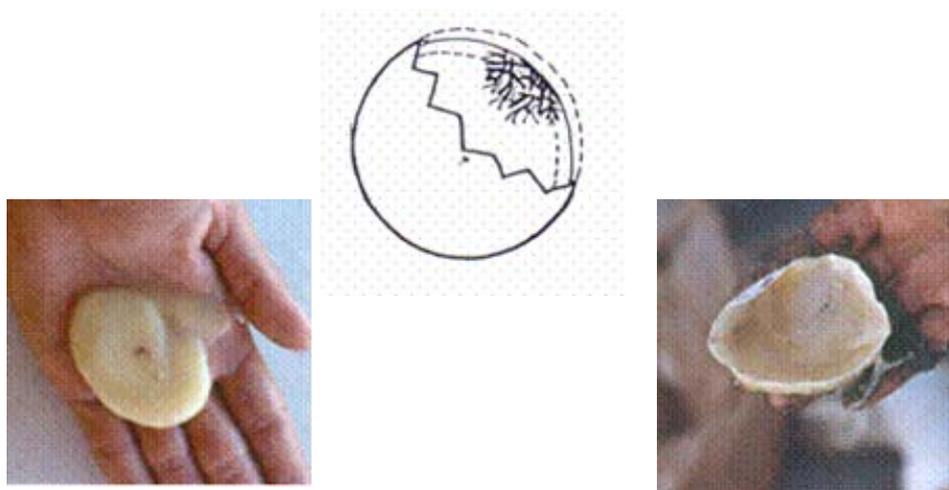


Figura 2. Estadio embrionario I (*Dermochelys coriacea*)
(Tomado de López y Sarti, 1988).

Estadio II: Embrión de aproximadamente 0.45 cm de longitud total. La cabeza formada pero sin características faciales. Embriones donde se puede ver el ojo pigmentado. Tiempo de desarrollo aproximado de 2 semanas (Figura 3) (Cabral, 1988).

Microscópicamente se observa la presencia de somitas (de 7 a 8) y corazón. Invaginación de la copa óptica. Los eritrocitos se encuentran concentrados en la zona cardiaca. El neuroporo anterior paulatinamente da origen a la ampolla neural, se forman las vesículas encefálicas primarias; prosencéfalo, mesencéfalo y rombencéfalo, el pliegue del intestino anterior y el tubo cardiaco, después se forman las vesículas encefálicas secundarias, vesículas ópticas y placa olfatoria (Anaya, 1997).

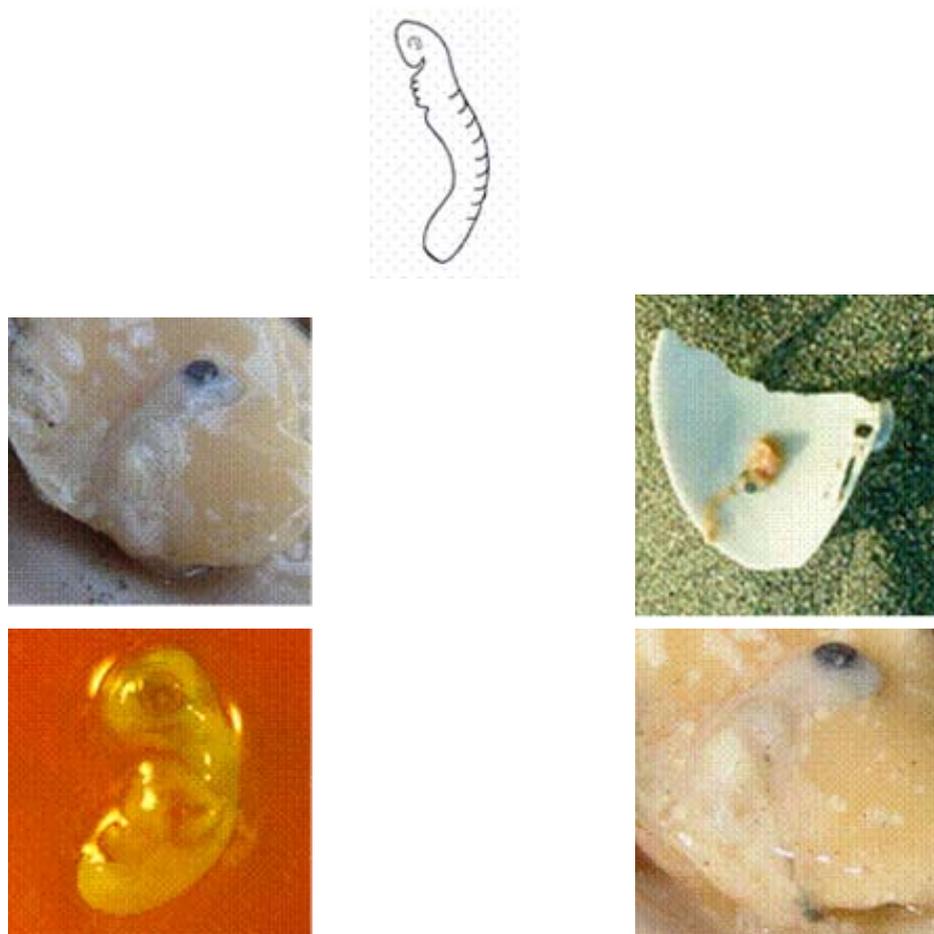


Figura 3. Estadio embrionario II (*Dermochelys coriacea*)
(Tomado de López y Sarti, 1988).

Estadio III: Embrión de aproximadamente 0.67 cm de longitud total. Presencia de una gran irrigación sanguínea en el vitelo. Cefalización y copas ópticas bien definidas. Ensanchamiento y pronunciación del área pectoral. Prolongación caudal bien definida. Embriones con ojos

pigmentados pero sin pigmento en el resto del cuerpo y con primordios en los miembros. Tiempo de desarrollo aproximado de 3 semanas (Figura 4) (Cabral, 1988).

Se observan cuatro arcos aórticos internamente y cuatro arcos branquiales externamente, los pares de somitas aumentan paulatinamente, en la región caudal se marca la cloaca, en la región dorsal se observa un ligero pliegue donde se formará el caparazón, paulatinamente los pliegues del caparazón se van engrosando, los ojos son de mayor tamaño, de aspecto globoso y con una ligera pigmentación grisácea, la maxila es más prominente que la mandíbula y tiene forma de gancho doble terminado en triangulo, las extremidades adquieren forma de paleta, la cola es puntiforme (Anaya, 1997).

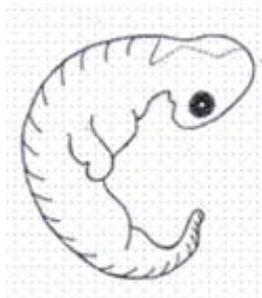


Figura 4. Estadio embrionario III (*Dermochelys coriacea*)
(Tomado de López y Sarti, 1988).

Estadio IV: Embrión de aproximadamente 2.12 cm de longitud total. Presencia de telencéfalo y diencéfalo, mesencéfalo y metencéfalo bien desarrollados y observables externamente. Copa

óptica y córnea bien formada, iris uniformemente pigmentado y pupila distinguible. La carúncula no se encuentra totalmente formada. El resto del cuerpo presenta el cierre de los pliegues quedando abierta la región abdominal por donde salen el pedúnculo alantoideo y el vitelino, este último se une al intestino posterior. Las extremidades presentan 4 surcos interdigitales bien desarrollados, las falanges y la prolongación caudal con osificación aparente. Embriones con caparazón, aletas y todas las estructuras externas formadas pero sin pigmentación. Tiempo de desarrollo aproximado de 4 semanas (Figura 5) (Cabral, 1988).

Los órganos que ocupan mayor espacio son el hígado y el corazón. Los ojos rodeados por el rudimento de un párpado inferior con pigmentación azul grisácea, con un halo externo café. (Anaya, 1997).

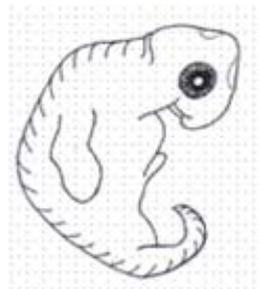


Figura 5. Estadio embrionario IV (*Dermochelys coriacea*) (Tomado de López y Sarti, 1988).

Estadio V: Embrión de aproximadamente 3.4 cm de longitud total, caparazón de 1.46 cm de ancho y 2.26 cm de largo. Se ha cerrado la carúncula a nivel anterior de las copas ópticas. La mandíbula inferior presenta una placa triangular en el mentón. La región anterior del plastrón se encuentra cerrada y hacia la región abdominal sobresale el pedúnculo vitelino, el cual se encuentra más próximo al embrión. El corazón presenta dos aurículas y un ventrículo bien desarrollados. El hígado totalmente formado. El mesonefro se encuentra en la región media ventral un poco desplazado hacia abajo. Las aletas presentan el margen liso. Inicio de pigmentación. Tiempo de desarrollo aproximado de 5 semanas (Figura 6) (Cabral, 1988).

El caparazón, aletas y cuello son grises y café oscuro, el plastrón es claro. En la parte inferior del engrosamiento de los ojos se observan unos pequeños pliegues pequeños que corresponden a los párpados superior e inferior. La cabeza se flexiona centralmente, sobre el hocico se aprecia la carúncula más prominente (Anaya, 1997).



Figura 6. Estadio embrionario V (*Dermochelys coriacea*) (Tomado de López y Sarti, 1988).

Estadio VI: Embrión de aproximadamente 5.42 cm de longitud total. El caparazón mide aproximadamente 2.48 cm de ancho y 3.71 cm. de largo. El cuerpo se encuentra pigmentado, excepto en las regiones de las quillas, el margen de las aletas y el pico. Las aletas presentan lobulaciones. El esqueleto se encuentra en su mayor parte osificado. El pedúnculo vitelino es menos evidente por la absorción del mismo. Embriones completamente formados con pigmentación. Tiempo de desarrollo aproximado de 6 semanas (Figura 7) (Cabral, 1988).

Los ojos se han aplanado, se delimitan los párpados superior e inferior, el plastón es de un color más claro, el resto del cuerpo es gris oscuro casi negro. En los bordes laterales de la mandíbula la pigmentación es blanca con gris, el cuerpo esta curvado rodeando al saco vitelino (Anaya, 1997).

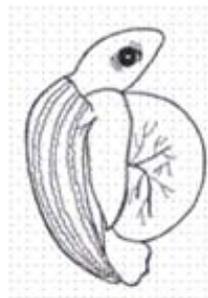


Figura 7. Estadio embrionario VI (*Dermochelys coriacea*)
(Tomado de López y Sarti, 1988).

Estadio VII: Embrión de aproximadamente 6.89 cm de longitud total. El caparazón mide aproximadamente 3.82 cm de ancho y 5.16 cm. de largo. Organismo totalmente desarrollado, el vitelo representa las 2/3 de la longitud total del embrión. Tiempo de desarrollo aproximado de 7 semanas (Cabral, 1988). La curvatura del caparazón es muy pronunciada, la pigmentación de todo el cuerpo es negra excepto el plastrón, los ojos se observan más alargados, casi en un plano vertical, el párpado superior es más ancho que el inferior, las aletas se aproximan caudalmente, envolviendo la cola (Anaya, 1997) (Figura 8).

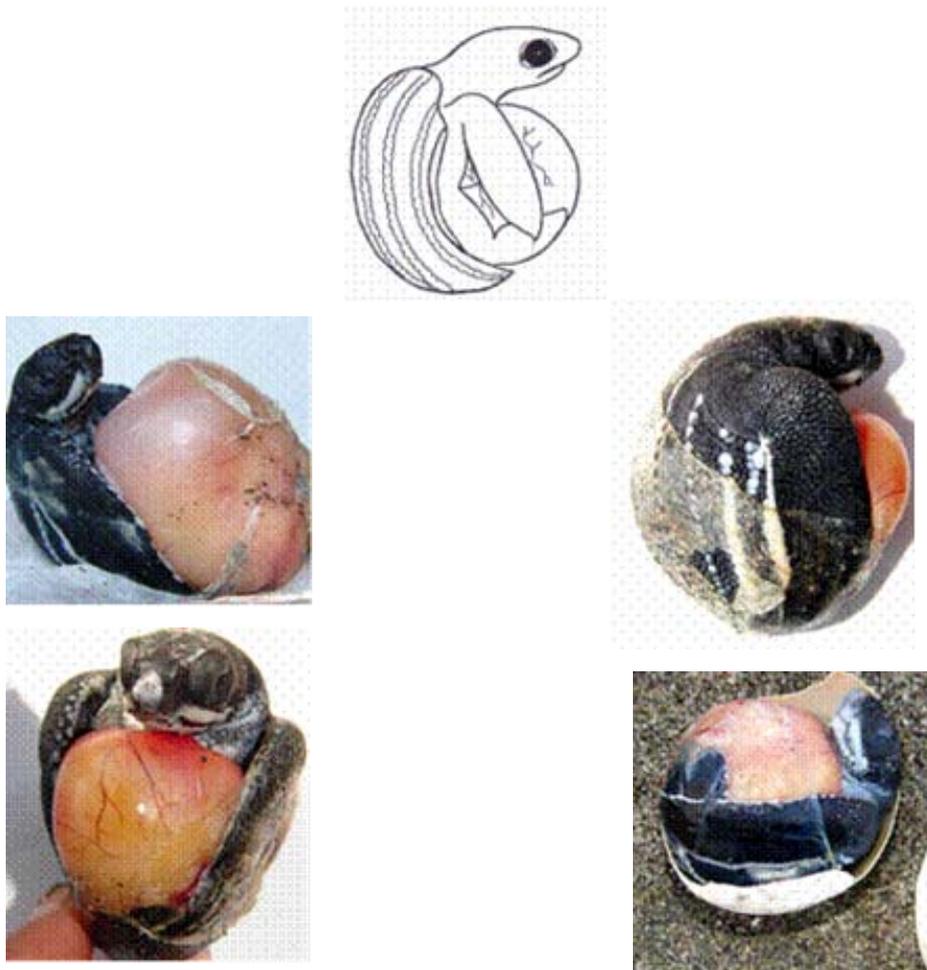


Figura 8. Estadio embrionario VII (*Dermochelys coriacea*)
(Tomado de López y Sarti, 1988).

Estadio VIII: Embrión de aproximadamente 7.76 cm. de longitud total. El caparazón mide aproximadamente 3.77 cm. de ancho y 5.41 cm. de largo. Embrión a término, el vitelo representa 1/3 de la longitud total. Tiempo de desarrollo aproximado de 8 semanas (Cabral, 1988). Las

escamas que están sobre los ojos carecen de pigmentación. El cuerpo ha perdido la curvatura tan pronunciada y ha tomado la posición normal aplanada. La hernia umbilical ha cerrado o permanece abierta con un poco de vitelo. Los ojos son alargados de forma vertical. Los pliegues en las axilas e ingles se encuentran más marcados. En el caparazón resaltan más las quillas de color blanco, en los embriones donde la hernia umbilical se ha cerrado se observa bien la quilla central, la cual está formada por dos hileras de escamas en los bordes de las aletas se delimitan una pequeña línea de escamas blancas. Gran parte de las crías eclosionan con la hernia umbilical cerrada pero hay otras que lo hacen con una parte del vitelo fuera del cuerpo (Anaya, 1997) (Figura 9).

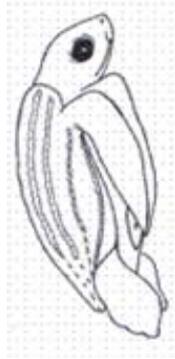


Figura 9. Estadio embrionario VIII (*Dermochelys coriacea*)
(Tomado de López y Sarti, 1988).

3. Importancia del ambiente de incubación

Las tortugas marinas son reptiles que presentan una serie de características que les permiten el éxito en el medio marino: como la modificación de sus extremidades en aletas con forma de remo, con las cuales pueden descender a grandes profundidades y realizar largas travesías (Wyneken, 1997). El caparazón está caracterizado por una reducción en la cantidad de material óseo y modificaciones en su perfil dorsal, haciéndolo más hidrodinámico (Watson y Granger, 1998). Tienen la capacidad para realizar inmersiones prolongadas ya que los pulmones son grandes y provistos con una estructura interna que facilita su ventilación, mientras que el transporte de oxígeno a través del sistema circulatorio es eficiente (Lutcavage y Lutz, 1997). Regulan las concentraciones salinas mediante las glándulas lacrimales, extrayendo el exceso de sales que se acumulan al ingerir agua del mar (Lutz, 1997). Tienen la capacidad de mantener la temperatura de su cuerpo por arriba de la temperatura del agua circundante ya que presentan una capa aislante y altas tasas metabólicas (Spotila *et al.*, 1997). Sin embargo, las hembras están ligadas al medio terrestre para ovipositar sus huevos donde se lleva a cabo el proceso de incubación, ambiente donde ocurre el desarrollo embrionario (Ackerman, 1997).

El desarrollo embrionario comienza con la fecundación del óvulo por el espermatozoide, formando el cigoto, paulatinamente seguirá la división y diferenciación celular en etapas denominadas segmentación, gastrulación y organogénesis: Existen factores ambientales que afectan directamente el desarrollo embrionario (Ruiz, 1988). Estos factores determinantes del desarrollo en el ambiente de incubación son: la temperatura, la humedad o potencial hídrico, la salinidad y el intercambio gaseoso entre oxígeno y bióxido de carbono (Ackerman, 1997), y son generados por la interacción de la estructura física de la playa (generalmente corresponde a ambientes sedimentarios del cordón litoral), componentes químicos, el clima local y la presencia o ausencia de vegetación (Folk, 1974). Dicho ambiente es dinámico ya que está influenciado por

la actividad biológica dentro del nido, la playa de anidación, la interacción entre especies y la temporalidad (Ackerman, 1997; Folk, 1974).

A. Humedad y Salinidad

Desde el momento en que los huevos son depositados en la arena y durante las primeras horas de la incubación, inician la absorción de agua del medio circundante, por lo que los huevos toman consistencia turgente y su peso aumenta alrededor del 5% (Boulon, 2000). El agua se almacena en la albúmina al inicio de la incubación y es complementada por el agua adquirida a través de la yema; el balance osmótico se realiza mediante el intercambio de agua y del intercambio de gases entre el huevo y el ambiente (Ackerman, 1997).

El porcentaje de humedad de la arena se ha correlacionado con el tiempo de incubación debido a que la evaporación conlleva una pérdida de energía, manifestándose en una disminución de la temperatura de la arena y por tanto en el tiempo de incubación (McGehee, 1979). Morris y colaboradores (1983) demostraron que a mayor humedad en el sustrato, mayor es el periodo de incubación en huevos de tortuga lagarto (*Chelydra serpentina*) al ser incubados a la misma temperatura, pero bajo diferentes condiciones de humedad. La humedad también afecta el porcentaje muerte embrionaria, cuando los huevos son expuestos a baja humedad durante periodos prolongados se presenta mayor muerte embrionaria (Packard *et al.*, 1987).

A altos niveles de salinidad en la arena se reduce la capacidad de los huevos para absorber agua y la humedad dentro de la cámara de incubación se ve reducida; en condiciones extremas o no óptimas, los huevos se observan contraídos y pueden dar como resultado la muerte del embrión (Bustard y Greenham 1968).

Tanto la humedad como la salinidad extremas (fuera del intervalo de tolerancia) inducen anomalías en los embriones, presentando deformidades generalmente en la columna vertebral, repercutiendo en el aspecto y éxito de sobrevivencia de las crías (Packard *et al.*, 1987).

B. Intercambio gaseoso

El intercambio gaseoso del embrión con el medio es bajo, ya que el oxígeno y el dióxido de carbono circulan sólo entre los espacios de la arena. Se da a partir de dos mecanismos: difusión y convección (Ackerman, 1977).

Siendo la principal fuente de intercambio gaseoso la difusión de gases, éste ocurre cuando hay una concentración diferencial de gases, en otras palabras, para obtener oxígeno se tiene que liberar el dióxido de carbono asociado al metabolismo embrionario, ésta concentración diferencial se establece entre el centro y el borde de la nidada, entre el borde de la nidada y la arena que lo rodea. El metabolismo de la nidada cambia con respecto al tiempo de incubación y por tanto existen diferentes concentraciones de gases de acuerdo a las necesidades de la nidada (Ackerman, 1997). La tasa de difusión de gas a través de la arena es menor que del aire. La presión parcial de oxígeno en la nidada decae significativamente con respecto al de la atmósfera en respuesta al incremento del metabolismo embrionario (Maloney, 1990).

El intercambio de gases por convección es inducida por la variación de la temperatura, cambios en la presión atmosférica o el desplazamiento del aire por la arena, provocando el movimiento de gases menos densos y cálidos hacia arriba mientras que los gases fríos y más densos descienden (Koorevaar, 1983; Prange y Ackerman, 1974).

Ackerman (1977) propone el Modelo de difusión Radial de gas, al medir la presión de oxígeno y dióxido de carbono en la arena alrededor y dentro de las nidadas de tortuga verde (*Chelonia mydas*) y tortuga caguama (*Caretta caretta*) en playas de anidación de Costa Rica y Florida. Observó que la arena determina el porcentaje de intercambio gaseoso en la misma y que la presión de dióxido de carbono decrece en el centro de la nidada al transcurrir la incubación. La cantidad de oxígeno disponible para un embrión depende de la posición en la que se encuentre el huevo dentro del nido, es decir si se encuentra en el centro de la nidada o en la periferia, por

lo que estas particularidades dentro de la misma nidada afectan el desarrollo de los embriones (Ackerman, 1977).

C. Temperatura

La temperatura de incubación varía durante el día y en ciclos estacionales afecta directamente el periodo de incubación, (Benabib, 1984; Ewert, 1985; Miller, 1997), la tasa de respiración durante el desarrollo (Ackerman, 1997; Booth, 1998b), la determinación sexual (Mrosovski e Yntema 1980; Miller y Limpus, 1981; Ackerman, 1997), la producción de crías y la muerte embrionaria (Ackerman, 1994; Benabib, 1984; Bustard y Greenham 1968).

La temperatura depende de factores como: la distancia donde se encuentra la nidada con respecto al mar, siendo los nidos más cercanos al agua los más húmedos y por lo tanto los más fríos, mientras que los más alejados son más secos y más calientes. La temperatura de la arena decrece con el incremento de la profundidad de la playa (Benabib, 1984), en el nido varía de acuerdo a la etapa de desarrollo en la que se encuentra el embrión, ya que a mayor desarrollo se incrementa la temperatura por el calor generado por el metabolismo de los embriones (Cabral *et al.*, 1988; Standora *et al.*, 1982; Maloney *et al.*, 1990; Godfrey *et al.*, 1997; Booth y Astill 2001).

La posición de cada huevo en la cámara de incubación influye en el ambiente en el que se desarrollarán los embriones. El incremento del desarrollo embrionario puede causar temperaturas espaciales diferentes dentro de la nidada (Standora *et al.*, 1982; Maloney *et al.*, 1990; Booth y Astill 2001).

a. Efecto de la temperatura en el periodo de la incubación

En estudios realizados en diferentes ambientes de incubación se ha observado que los huevos de tortugas marinas que al ser incubados temperaturas menores a las óptimas el desarrollo se retrasa, por lo que el periodo de incubación se alarga; mientras que a temperaturas elevadas se

presenta un periodo corto de incubación ya que se acelera el desarrollo, aumentando la posibilidad de anomalías en los embriones (Miller, 1997).

El periodo de incubación se incrementa si existen fluctuaciones de temperatura marcadas, independientemente de la temperatura media a lo largo de la temporada (Ewert, 1985). Cada temporada de anidación en las especies de tortuga se caracteriza por ciclos estacionales y cambios a lo largo del día influyendo notablemente en el periodo de incubación (Benabib, 1983).

Modelos de desarrollo embrionario en reptiles influenciado por la temperatura

El modelo Sharpe - De Michelle (1977), en huevos de lagartija de tres líneas (*Bassiana duperreyi*) (Figura 10) describe el comportamiento no lineal de la tasa de desarrollo a temperaturas de incubación altas, intermedias y bajas. Presentándose el desarrollo óptimo a temperaturas intermedias. El modelo lineal grados - horas (Figura 10) explica de forma sencilla a partir de una regresión lineal el desarrollo de embriones de tortuga de caparazón blando (*Carettochelys insculpta*) de agua dulce que puede ser aplicable a tortugas marinas, en éste se determina un intervalo de temperatura óptima para el desarrollo, mientras que a temperaturas extremas los embriones no sobreviven (Georges, 2005).

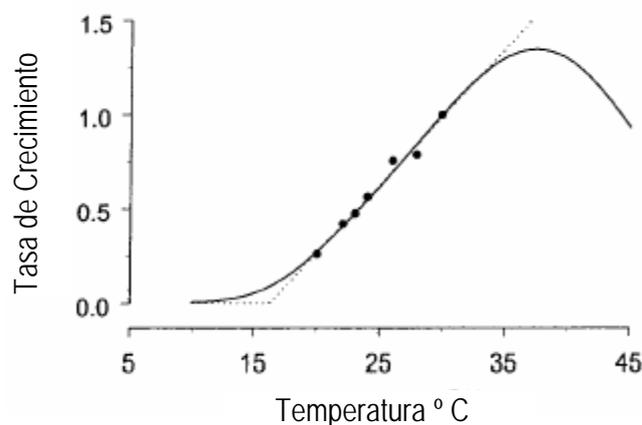


Figura 10. Modelos de desarrollo embrionario de Reptiles. Modelo Sharpe- De Michele (línea continua) y Modelo lineal grados.horas (línea punteada) (Tomado de Georges, 2005).

Ackerman (1994) describe la relación entre el periodo de incubación y la temperatura para la tortuga marina caguama (*Caretta caretta*) y para la tortuga carey (*Eretmochelys imbricata*) (Figura 11). El desarrollo embrionario de las tortugas marinas se da en un intervalo de temperatura entre los 25 y los 35° C (Miller, 1981). Generalmente, el periodo de incubación (I, en días) decrece con respecto al incremento de la temperatura de incubación (T, en ° C), esta reciprocidad del periodo de incubación se usa como un índice de desarrollo (R_d en días⁻¹). El intervalo de temperatura de tolerancia (TTR) para el desarrollo de los embriones de tortugas marinas incubadas a temperaturas constantes aparece entre los 25 ° C para caguama y 27 ° C para carey a los 33° C para caguama y 35° C para carey, recalcando que temperaturas arriba o abajo del intervalo de temperatura de tolerancia son letales para los embriones.

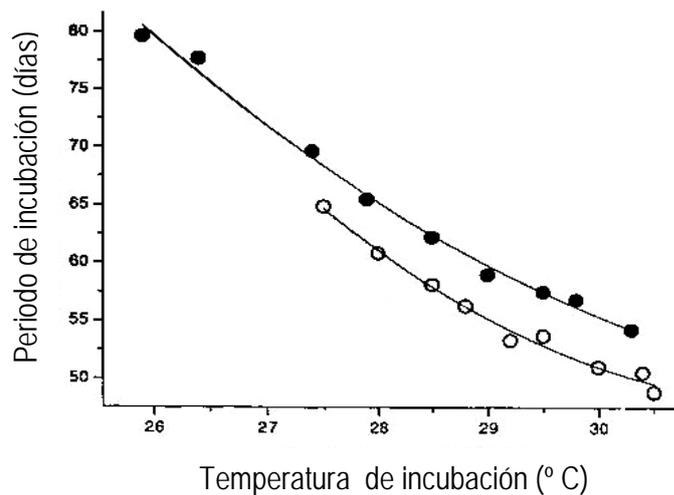


Figura 11. Influencia de la temperatura en el periodo de incubación. Los círculos blancos son registros de temperaturas tomadas para carey (*Eretmochelys imbricata*) y los círculos negros son registros de temperatura tomadas para tortuga caguama (*Caretta caretta*) (Tomado de Ackerman, 1994).

b. Efecto de la temperatura en la tasa de respiración

Los cambios en la temperatura de la nidada pueden influir directamente en el intercambio de gas y agua (Ackerman *et al.*, 1985). Los embriones son capaces de soportar fluctuaciones de temperatura durante la incubación, debido a que en su desarrollo realizan ajustes fisiológicos

para crecer y metabolizar, en respuesta a las variaciones de temperatura (Matsuzawa *et al.*, 2002). Booth (1998a) incubó huevos de tortuga de cuello corto (*Emydura signata*) bajo cuatro regímenes de temperatura, dos nidadas bajo temperaturas constantes (24 y 31° C) y otros dos bajo un tratamiento de distintas temperaturas. Tanto la masa del embrión, la talla y la tasa de respiración total (consumo de oxígeno) fueron determinados antes de eclosionar. Se observó que la temperatura de incubación durante la primera fase de incubación no tiene un efecto directo en la masa del embrión, la talla y el oxígeno consumido, el periodo de incubación varía inversamente con la temperatura de incubación, y la tasa pico de consumo de oxígeno varía directamente con la temperatura (Booth, 1998a).

c. Efecto de la temperatura en la determinación del sexo

Las tortugas marinas son organismos cuya determinación sexual está influenciada por el ambiente, el factor determinante es la temperatura (Bull, 1983). En estudios realizados con huevos de tortuga caguama (*Caretta caretta*) y tortuga verde (*Chelonia mydas*) variando las temperaturas a lo largo del tiempo de incubación, se observó que hay un periodo en el cual la determinación del sexo es sensible a la temperatura llamado periodo sensible primario; generalmente se encuentra en el segundo tercio del desarrollo, coincidiendo con la gonadogénesis (Mrosovski e Yntema, 1980; Miller y Limpus, 1981).

Vogt y Bull en 1982 mostraron que la determinación del sexo no sólo depende del periodo sensible primario, también de efectos acumulativos de la temperatura, de manera que las temperaturas a las que el embrión estuvo sujeto previamente también son importantes para la determinación sexual, este periodo se le conoce como periodo sensible secundario ya que el efecto es reversible.

La temperatura pivote o umbral es definida como la temperatura de incubación en la cual la proporción sexual resultante en la nidada es 1:1 es decir 50% machos y 50% hembras. Las

variaciones genéticas entre diferentes poblaciones de tortugas marinas y las variaciones de las condiciones ambientales de las playas localizadas a diferentes latitudes, implican que deben esperarse diferencias en la temperatura pivote de tortugas de la misma especie (Merchant, 2000). Aunque la temperatura pivote es un indicador fidedigno cuando se estiman las proporciones sexuales en condiciones naturales también es conveniente tener conocimiento de la temperatura TIT (transición de intervalos de temperatura) que se refiere a las temperaturas bajas en las que se producen 100% de machos y las temperaturas altas que dan como resultado en 100% hembras (Mrosovsky y Pieau, 1991).

Mrosovsky y colaboradores (1984) en costas de Surinam, encontraron la temperatura pivote de 29.5° C para tortuga laúd (*Dermochelys coriacea*). Benabib (1984), para esta misma especie, pero con nidadas incubadas *in situ* en Mexiquillo, Michoacán, menciona que en condiciones naturales hay una proporción de 32% de machos y 54% de hembras, la temperatura masculizante (100% machos) se encuentra en el intervalo de 26 a 28° C y la temperatura feminizante (100% hembras) entre 32 y 34° C, la temperatura pivote en el Playón se encuentra por debajo de 29.8° C. En Guyana Francesa y Surinam la temperatura umbral para tortuga laúd se encuentra entre los 28.75 y 29.75° C (Rimblot *et al.*, 1985). Dutton y colaboradores (1985) consideran la temperatura pivote para laúd entre los 28 y 30.5° C en poblaciones de Surinam. En costas de Malasia se encontró para laúd entre los 29.2 a 30.4° C (Chan y Liew, 1995). En Playa Grande, Costa Rica, Binckley y colaboradores (1998) encontraron que la temperatura pivote era de 29.4° C para la especie (Gamez, 1996; Ordoñez 1998; Gamez 2001).

d. Efecto de la temperatura en la producción de crías y muerte embrionaria

Bustard en 1971, incubó huevos de tortuga verde (*Chelonia mydas*) a diferentes temperaturas (23, 25, 30, 33, 35 y 38° C). Se separaron en grupos de 10 huevos y se sometieron a estas temperaturas. Para determinar el intervalo de temperatura a la cual sobreviven los embriones se

mantuvo la temperatura constante. El límite mínimo de temperatura para que eclosionaran los huevos fue de 25° C (equivalente al 20%) y el límite máximo de temperatura para que eclosionaran fue de 35° C (equivalente al 60%). Esto se puede observar con detalle en la Tabla 2.

Tabla 2. Porcentaje de eclosión en tortuga verde (*Chelonia mydas*) a diferentes temperaturas (°C) (Tomado de Bustard 1971).

TEMPERATURA ° C	PORCENTAJE DE ECLOSIÓN %
23	0
25	20
30	43
33	60
35	60
38	0

Para muchas especies se han delimitado temperaturas letales bajas y altas; los niveles letales son definidos como temperaturas a las cuales los huevos ya no son viables y por lo tanto no habrá eclosión (Wilhoft, Hotaling y Franks, 1983). En la Tabla 3 se mencionan temperaturas letales y de éxito de eclosión para algunas especies de tortugas.

Tabla 3. Temperaturas bajas y altas letales y de éxito de eclosión de tortugas (Tomado de ^aDrake y Spotila, 2002; ^bMrosovsky y Yntema, 1980; ^cDimond, no publ.; ^dBustard y Greenham, 1968; ^eMiller y Limpus, 1981; ^fYntema, 1968; ^gDimond, 1983; ^hYntema, 1978; ⁱDodge, com. pers.; ^jDodge, Dimond y Wunder, 1978; ^kVogt y Bull, 1982.)

Especie	Temperatura baja letal	Temperatura baja de éxito	Temperatura alta de éxito	Temperatura alta letal
<i>Dermochelys coriacea</i> (<i>T. marina</i>)	-	-	-	40.2 ^a
<i>Lepidochelys olivacea</i> (<i>T. marina</i>)	-	-	-	41.3 ^a
<i>Caretta caretta</i> (<i>T. marina</i>)	24 ^b	26 ^b	34 ^b	35 ^c
<i>Chelonia mydas</i> (<i>T. marina</i>)	20 ^d	27 ^e	33 ^e	38 ^d
<i>Chelydra serpentina</i> (<i>T. dulceacuícola</i>)	20 ^f	22 ^f	31.5 ^g	32.5 ^h
<i>Trionyx spiniferus</i> (<i>T. dulceacuícola</i>)	23 ^k	25 ^k	33 ^k	-
<i>Terrapene carolina</i> (<i>T. terrestre</i>)	22 ⁱ	24 ^j	32 ^j	34 ⁱ

Los embriones incubados a temperaturas bajas generalmente no presentan deformaciones, pero sí aumenta la mortalidad, ya que están expuestos a efectos adversos bióticos y abióticos (Ji y Du 2001; Du y Ji, 2002). Huevos con un régimen de temperaturas bajas, presentan un alto gasto metabólico por que el periodo de incubación es largo, por lo que las crías son pequeñas y tienen menores reservas de energía (Booth, 2000; Ji y Du, 2001).

La eclosión en crías en tortuga caguama (*Caretta caretta*), disminuye en nidadas donde la temperatura de la arena excede los 33° C durante la incubación, durante periodos constantes. Incluso si la temperatura de la arena permanece debajo de los límites letales, con el calor metabólico de la nidada se pueden superar estos niveles y morir los embriones o eclosionar antes de tiempo (Matsuzawa *et al.*, 2002).

Bell y colaboradores (2003) en Playa Grande, Costa Rica determinaron que el bajo éxito de eclosión de la tortuga laúd se debe a la alta muerte embrionaria que normalmente ocurre al inicio del periodo de incubación, es decir en las primeras etapas del desarrollo embrionario antes de que los embriones sean visibles al ojo humano.

Se identifican tres periodos críticos de muerte embrionaria, debido a factores como la temperatura y la humedad. La proporción más alta de muerte embrionaria se presentó en estadios tempranos, debido a que es un periodo sensible ya que el embrión no esta sujeto a la membrana del cascarón, y también a que fácilmente se contaminan o son infectados por bacterias; otro periodo crítico ocurre en los estadios intermedios este periodo se caracteriza por la determinación sexual y organogénesis y por último el otro periodo crítico se da en estadios avanzados esto se puede deber a su debilidad y deformidades como tamaño pequeño, paladar hendido o carecer de carúncula.

Porcentajes de Eclosión de la tortuga laúd en playas de anidación de todo el mundo

El porcentaje de eclosión de estas tortugas es muy bajo (entre el 20 y el 60%) con respecto a otras especies que se encuentra entre el 80% o más (Miller, 1997). Por ejemplo la tortuga marina

golfina (*Lepidochelys olivacea*) presentó un porcentaje de eclosión en la temporada 2005-2006 de 80.6% y para la tortuga marina prieta (*Chelonia mydas*) fue de 73.4%. En la Tabla 4 se presentan algunos porcentajes de eclosión para la tortuga laúd registrados en diferentes sitios de anidación mundial y durante diferentes años.

Tabla 4. Porcentaje de eclosión en diferentes playas de anidación de la tortuga laúd.

Fuente	Localización (Playa de anidación)	Porcentaje de eclosión (%)
Arauz y Naranjo, 1994.	Playa Grande, Costa Rica	31.4
Boulon <i>et al.</i> , 1996.	St. Croix, Sandy Point, E. U. A.	67.1
Caut <i>et al.</i> , 2006.	Guyana Francesa	38.2
Chan y Liew, 1996.	Rantau, Abang, Malaysia 1987-1991)	56.4
Eckert <i>et al.</i> , 1990.	St. Croix, Sandy Point, E. U. A.	53.7
Garner <i>et al.</i> , 2005.	St. Croix, Sandy Point, E. U. A. (vivero)	37.88
Garner <i>et al.</i> , 2005.	St. Croix, Sandy Point, E. U. A. (<i>In situ</i>)	42.66
Hilterman y Goverse, 2001.	Suriname, Matapica	52.7
Hilterman y Goverse, 2001.	Suriname, Babunsanti	10.6
Hilterman y Goverse, 2001.	Suriname, Samsambo	21.6
Hilterman y Goverse, 2002.	Suriname, Matapica	58.3
Hilterman y Goverse, 2002.	Suriname, Babunsanti	21.6
Hilterman y Goverse, 2003.	Suriname, Matapica	63.7
Hilterman y Goverse, 2003.	Suriname, Babunsanti	34.9
Hughes <i>et al.</i> , 1967.	Tongaland, Sudáfrica	76
Leslie <i>et al.</i> , 1996.	Tortuguero, Costa Rica	53.2
Machado y Chacón, 2002.	Playa del Parque Nacional Cahuita y Palaya negra-Puerto Viejo, Caribe Sur, Costa Rica	29.8
Maros <i>et al.</i> , 2003.	Playa Awala-Yalimapo, Guyana Francesa	35.9
Schwandt <i>et al.</i> , 1996.	Playa Grande, Costa Rica	53.8
Verhage y Moundjim, 2005.	Gabón, África Central	46
Whitmore y Dutton, 1985.	Suriname	50

En la Tabla 5 se muestran porcentajes de eclosión, sobrevivencia, avivamiento en nidadas *in situ* y reubicadas, a demás de temperaturas de incubación de algunas temporadas en el Playón de Mexiquillo, Michoacán desde 1988-2005, donde:

- 1) % eclosión 1 = (Cascarones / número de huevos sembrados) 100
- 2) % eclosión 2 = (Cascarones + crías eclosionando/ número de huevos sembrados) 100
- 3) % sobrevivencia = (Crías emergidas/ número de huevo) 100
- 4) % avivamiento = (Crías totales / número de huevo) 100

Tabla 5. Esquema general del éxito de eclosión, sobrevivencia, avivamiento y temperaturas de incubación registradas para la tortuga laúd en diferentes temporadas del Playón Mexiquillo, Michoacán, México, a partir de 1988 hasta el 2005.

Temporada	% eclosión ^{1,2} , sobrevivencia o avivamiento (corral)	% eclosión ^{1,2} sobrevivencia o avivamiento (<i>in situ</i>)	Temperatura Máxima y Mínima	Fuente
2004-2005	1) 42% 2) 47%	1) 49% 2) 65%	Testigos: máx. 32.3° C mín. 28.8° C	Sarti <i>et al.</i> , 2005.
2003-2004	1) 58% 2) 53%	1) 56% 2) 60%	En nidadas: máx. 33.6° C mín. 27.9° C Testigos: máx. 33.3° C mín. 28° C	Huerta <i>et al.</i> , 2004.
2000-2001	2) 46%	-	-	Huerta <i>et al.</i> , 2001.
1998-1999	2) 45%	-	-	García <i>et al.</i> , 1999.
1997- 1998	2) 32% 3) 26%	-	Testigos: máx. 33.5° C mín. 20.7° C	García <i>et al.</i> , 1998.
1996-1997	2) 55%	-	-	García <i>et al.</i> , 1997.
1995-1996	2) 49%	-	-	García <i>et al.</i> , 1996.
1992-1993	3) 45%	3) 74%	-	Sarti <i>et al.</i> , 1993.
1991-1992	3) 30% 4) 35%	- -	- -	Sarti <i>et al.</i> , 1992.
1989-1990	Primera zona: 3) 0% (octubre-		Testigos: máx. 36.5° C mín. 25.5° C	Sarti <i>et al.</i> , 1990.

	noviembre) 3) 26 al 69% (noviembre- diciembre)	3) 10 al 86%		
	Segunda zona: 4) 0% (octubre- noviembre) 4) 26 al 69% (noviembre- diciembre)	4) 10 al 86%		
<i>1988-1989</i>	3) 42% 4) 51%	3) 58% 4) 63%	- -	Sarti <i>et al.</i> , 1989.

II OBJETIVOS

Objetivo general

Determinar el efecto de la temperatura de incubación en la muerte embrionaria de la tortuga laúd, *Dermochelys coriacea* en el Playón Mexiquillo, Michoacán, México.

Objetivos particulares

- 🌐 Evaluación del éxito de incubación *in situ* y en los dos corrales El Farito y La Manzanilla.
- 🌐 Determinar la variación del periodo de incubación varía a lo largo de la temporada (por mes) y entre los sitios de incubación: *in situ* y en los dos corrales.
- 🌐 Comparar temperaturas de incubación *in situ* y en los dos corrales (El Farito y La Manzanilla).
- 🌐 Determinar la tendencia de algún estadio embrionario en mortalidad embrionaria.
- 🌐 Determinar el periodo de mayor mortalidad embrionaria a lo largo de la temporada de anidación (por mes).
- 🌐 Determinar si las temperaturas extremas se relacionan con la muerte embrionaria es decir, si existen diferencia significativa entre las temperaturas registradas en el periodo de incubación que provocan la muerte predominante en algún estadio embrionario.

III. ÁREA DE ESTUDIO

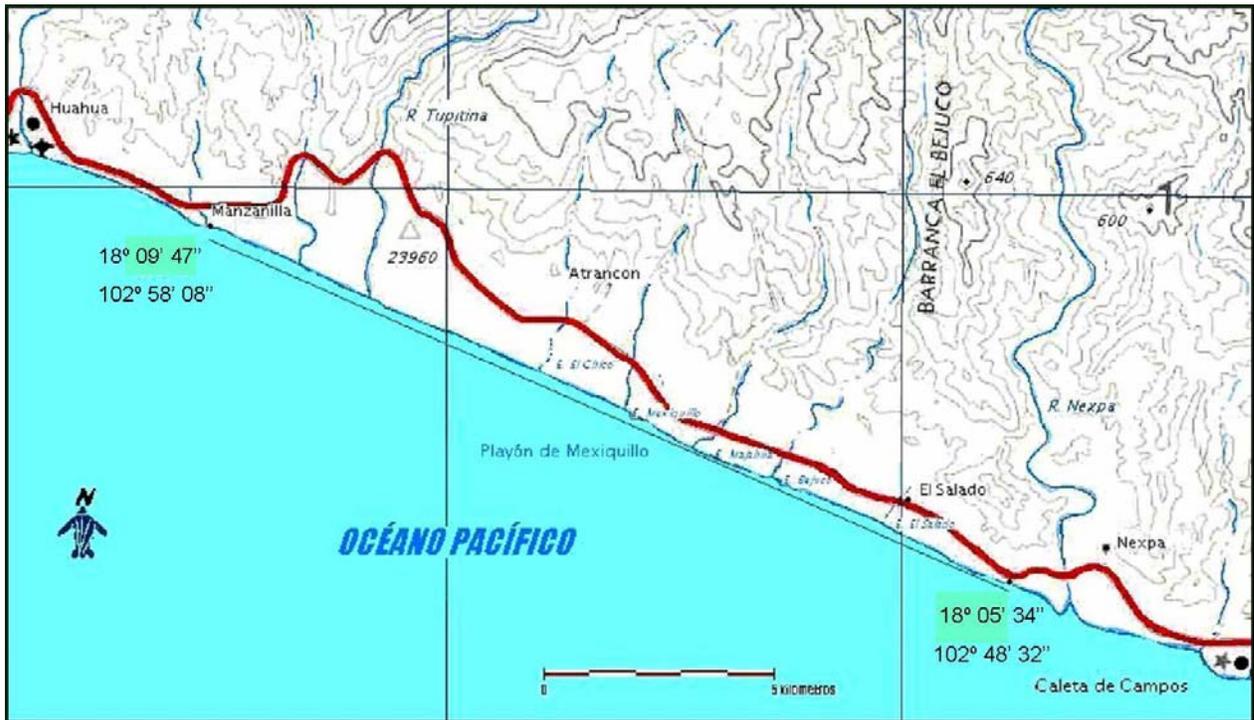


Figura 12. Ubicación del Playón Mexiquillo, Michoacán, México. Escala 1:1 000 000 Serie II. Carta topográfica 1:250000, Lázaro Cárdenas E13-6-9 INEGI.

El Playón de Mexiquillo está localizado a 80 km al Noroeste del Puerto Industrial Lázaro Cárdenas, Michoacán, en el municipio de Aquila. Tiene una extensión de aproximadamente 18 km y está ubicado entre las coordenadas $18^{\circ} 09' 47''$ N $102^{\circ} 58' 08''$ W y $18^{\circ} 05' 34''$ N $102^{\circ} 48' 32''$ W. El Playón está limitado por el extremo rocoso denominado "La Punta" ($18^{\circ} 05' 34''$ N; $102^{\circ} 48' 32''$ W) y la desembocadura del río "La Manzanilla" ($18^{\circ} 09' 47''$ N; $102^{\circ} 58' 08''$ W).

A lo largo del Playón se encuentran las desembocaduras de los arroyos El Salado, El Bejuco, La Majahua, Mexiquillo, El Chico, La Tupitina y el río El Tanque, además de otros arroyos y esteros temporales (Correa, 1974; INEGI, 1992).

Según la clasificación climática de Köppen modificada por García (1988), el clima en la zona es de tipo Awo (w)ig tropical lluvioso con lluvia en verano. La época de lluvias se presenta entre los meses de mayo y octubre (Correa, 1974). La temperatura ambiente media anual oscila entre los 24 a 28° C

(INEGI, 2007). Durante la temporada de anidaciones de laúd se registra una temperatura ambiental media de 32.1° C, con una máxima de 35° C y una mínima de 15° C (Sarti *et al.*, 1993; Huerta y Machuca, 2004). Se registra una precipitación pluvial anual de 604.8 mm³ (Enciclopedia de Municipios de México, 2005)

La vegetación original era de tipo bosque tropical subcaducifolio, con especies nativas como el uge, parota, primavera, tepeguaje y ceiba, entre otros, que a lo largo de la línea de costa se ha sustituido por especies de monocultivos como coco, papaya, sandía, cítricos, mango y plátano. Sobre la playa abundan especies rastreras como *Ipomea pes-caprae*, el pasto *Jouvea pilosa* y la leguminosa *Cannavalia maritima* conocidos como bejucos de mar (Correa, 1974; Benabib, 1983; Secretaría de Gobernación y Gobierno del Estado de Michoacán, 1988; INEGI, 1992; Chávez, 1998).

La fauna silvestre está representada por una gran diversidad de reptiles como iguana, boa, coralillo, serpiente de cascabel; mamíferos como armadillo, zorro, gato montés, jaguarundi, venado cola blanca; así mismo una gran variedad de aves como pericos, guacamayas, águila pescadora y aves acuáticas (Correa, 1974; INEGI, 1992; Chávez, 1998).

A lo largo del Playón se encuentran algunos caseríos y ranchos que tienen acceso a la playa, en su mayoría de no más de 50 personas, a excepción de La Manzanilla con una población más grande. El poblado más cercano es Caleta de Campos, ubicado a 9 km al suroeste y Huahua a 3 km del extremo al noroeste.

Gracias a la trayectoria de trabajo en el Playón de Mexiquillo ha sido posible generar la base de datos mas completa, continua y de mayor tiempo de monitoreo en México para tortuga laúd. El Playón de Mexiquillo está considerado como la playa de mayor importancia en el estado de Michoacán y una de las 4 principales en México, por su densidad de anidación se considera como playa índice.

IV. MÉTODO

1. Protección de nidadas

Se realizaron recorridos de playa para la observación de hembras anidadoras y colecta de nidadas. Las nidadas de tortuga laúd se colectaron directamente de la cloaca o bien con la mano de la cámara de incubación. Se resguardaron en bolsas plásticas tipo camiseta con capacidad de 3 kg. Cada nidada se identificó con una ficha de campo.

Debido a las condiciones de inseguridad de la zona, el grupo de trabajo sólo realizó un recorrido de monitoreo nocturno diario en cuatrimotos, acatando la disposición de la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA) y la Secretaría de Marina (SEMAR), en horario y alcance; comprendiendo desde la Punta hasta Tupitina (14 km) mientras que de Tupitina a La Manzanilla (4km) fue monitoreado por personas de la comunidad.

Las nidadas colectadas se transportaron a un corral de incubación. Se instalaron dos corrales, uno a cada extremo de la playa, delimitados por malla ciclónica. El corral de El Farito midió 40 x 15m (en éste se sembraron las nidadas colectadas de la Punta hasta Tupitina) y el de La Manzanilla 15 x 25m (se sembraron nidadas colectadas de la Tupitina a La Manzanilla generalmente).

En cada corral, los nidos se construyeron en forma, profundidad y compactación semejante a los nidos naturales de la especie. Cada nido se hizo a 80 cm de profundidad, a 1 m de distancia uno del otro en filas alternadas, identificándose con una estaca rotulada con la fecha de colecta, número consecutivo de nido y número de huevos sembrados.

Cuando se construyó el corral de El Farito, se observó que la arena estaba muy seca, debido a la poca precipitación que hubo en la temporada de lluvias, por lo que se regó a saturación con agua dulce dejando reposar la zona, previo a la siembra de nidadas. Nunca se regó cuando ya había nidadas incubándose.

Algunas nidadas se dejaron *in situ*, las cuales se identificaron desde el inicio del periodo de incubación colocando una estaca rotulada para su localización en la fecha de emergencia de crías y exhumación del contenido posterior a la emergencia. Estuvieron bajo supervisión constante para evitar su saqueo o depredación.

Una semana previa a la fecha estimada de emergencia de las crías, en cada nido se colocó una trampa circular de malla de alambre para evitar que se dispersaran y poder hacer las cuantificaciones necesarias. Cada trampa se cubrió con una malla fina de tela (tricot) para evitar que se infestaran de larvas de moscas y proporcionarles sombra. Una vez que las crías emergieron se liberaron en cuanto mostraron signos de movilidad y alta energía, colocándolas sobre la arena antes del nivel de la línea intermareal permitiendo que por sí mismas llegaran al mar.

Entre el 19 de noviembre del 2005 al 16 de marzo del 2006, se colectaron 99 nidadas de tortuga laúd de las cuales:

- 75 se reubicaron en el corral El Farito
- 8 se reubicaron en el corral La Manzanilla
- 16 se mantuvieron *in situ*

2. Temperatura de incubación

Se midió la temperatura de incubación en nidadas de tortuga laúd, para lo cual se utilizaron dos tipos de termosensores:

- El termopar: es un circuito formado por dos metales distintos que produce una diferencia de voltaje cuando se encuentran a temperaturas diferentes. La temperatura se lee con un teletermómetro, en grados celsius. Los termopares utilizados fueron tipo J (intervalo de -190°

C a 100° C) con una resolución de 1° C; la lectura se hizo con un teletermómetro Cole-Parmer Digi-Sense, resolución 0.1° C.

- o El datalogger: es un sistema electrónico que tiene la capacidad de registrar y almacenar temperaturas de acuerdo a su programación previa; está diseñado para soportar niveles altos de humedad, lo que da la seguridad de no fallar en la arena. Se utilizó el StowAway TidbiT Submersible Datalogger (intervalo de -4° C a +37° C), y resolución de 0.16° C, programados para registros de datos cada hora durante todo el periodo de incubación.

A. Colocación de Termopares y Dataloggers *in situ* y en los corrales de incubación

Los termopares fueron colocados a partir de diciembre, mientras que los datalogger se colocaron a partir de enero.

a. Corral El Farito

Termopares. Se colocaron 3 unidades testigos alineados a lo ancho del corral, perpendiculares al mar a 80 cm de profundidad (a nivel de la cámara de incubación de las nidadas de tortuga laúd). Con estos tres termosensores se hicieron dos ciclos de toma de temperatura cada hora durante 24 hr para determinar la hora de temperatura máxima y mínima en el corral. El primer ciclo se realizó un ciclo el 7 de diciembre del 2005 (al principio de la temporada) y el segundo el 13 de enero del 2006, por considerar que las condiciones ambientales se habían modificado agregando un termopar más en la otra zona del vivero (Termopar D). La toma de temperatura se realizó diariamente durante toda la temporada, a las horas de las temperaturas máximas y mínimas (Figura 13 y 14).

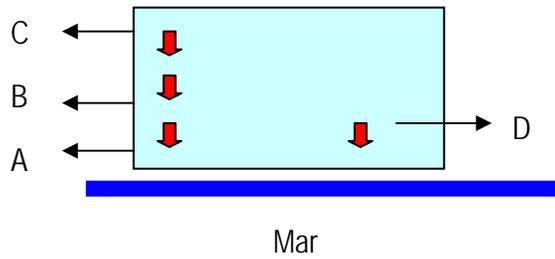


Figura 13. Localización de termopares testigo.

Se colocaron 3 termopares en nidadas incubadas. El punto sensible del dispositivo se colocó en la parte media de la nidada, evitando que fuera un riesgo para la salida de las crías. Los registros de temperatura se tomaron a la misma hora que los termopares testigos (Figura 14).

Datalogger. Se colocó un datalogger dentro de una nidada en este corral. El dispositivo se ubicó en la parte media de la nidada, evitando que fuera un riesgo para la salida de las crías (Figura 14).

b. Corral La Manzanilla

Se colocó un datalogger testigo, es decir a 80 cm de profundidad, ya que no era posible tomar temperatura con termopares por la distancia que hay que recorrer (18 km). A este corral sólo se asistía en las mañanas, durante el recorrido de censo por lo que variaba la hora de llegada (Figura 14).

c. *In situ*

Se colocó un datalogger en una nidada *in situ*, localizada en las inmediaciones del corral de El Farito (Figura 14).

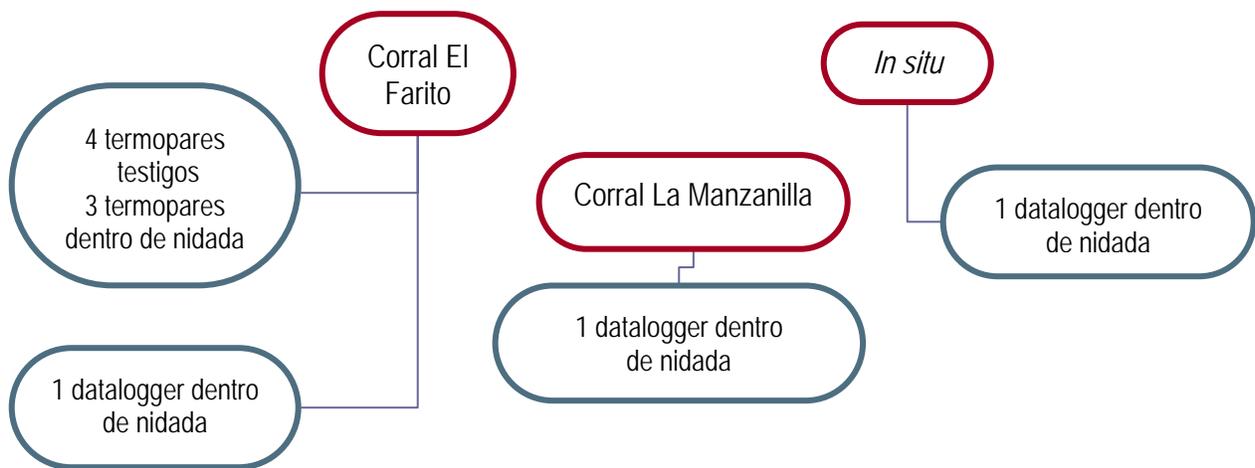


Figura 14. Ubicación de sensores de temperatura.

3. Temperatura ambiente

A las horas determinadas para tomar las temperaturas máximas y mínimas de los termopares, se registró también la temperatura y humedad ambiental mínima y máxima, con un termómetro Radio Shack, modelo 3 A05 (con un intervalo de temperatura de -50°C a 70°C , y un intervalo de humedad relativa de 25% a 95%).

4. Análisis de datos

A la información obtenida se le aplicó un análisis estadístico no paramétrico, en virtud de simplemente disponer de pocos datos, los cuales no se consideraron que tuvieran adicionales características como provenir de una cierta función de distribución de probabilidad, el paquete estadístico utilizado fue el GRAD PAD, Prism versión 4.0. y Microsoft Excel versión 12.0 (Office 2007) para desarrollar las pruebas que no se encontraron en los paquetes estadísticos revisados como el SPSS y el STATISTICA, entre otros.

A. Sensores de temperatura.

- a) Hipótesis nula: No existen diferencias estadísticamente significativas entre los registros de termopares y dataloggers, para lo cual se realizó la prueba de análisis de medias Mann-Whitney (para dos grupos).
- b) Hipótesis nula: No existen diferencias estadísticamente significativas entre los registros de mortalidad embrionaria en nidadas con sensor y sin éste, para lo cual se realizó un análisis de medias Mann-Whitney y análisis de varianza, igualdad de varianzas para dos grupos.

B. Evaluación del éxito de incubación

Después de la emergencia de las crías, se exhumó el contenido de los nidos clasificándolo en:

- crías dentro del nido: vivas (cv) y muertas (cm)
- cascarones (casc)
- crías eclosionando: vivas (cev) y muertas (cem)
- embriones: vivos (ev) y muertos (em)
- huevos sin desarrollo aparente (hsda)

Los embriones muertos fueron clasificados de acuerdo a la serie utilizada en el Proyecto Laúd, ya que las diferencias entre las descripciones del desarrollo embrionario de cada autor resultan principalmente de las características usadas para describir el grado de desarrollo, la temperatura de incubación y el tiempo de desarrollo para la definición del estadio (Anaya, 1997). Sin embargo, es posible ver que la mayoría implica procesos de laboratorio difíciles de establecer en campo, por lo que la escala de López y Sarti (1988), fue la utilizada en este proyecto, ya que era la más adecuada para las condiciones de campo.

La evaluación del éxito de incubación se calculó mediante los siguientes parámetros:

Tabla 6. Parámetros para evaluar el éxito de incubación.

Parámetro	Fórmula
Periodo de incubación	Fecha de emergencia – fecha de puesta
Porcentaje de eclosión ¹	$(\text{Cascares} / \text{total huevos sembrados}) * 100$
Porcentaje de eclosión ²	$(\text{Cascares} + \text{crías eclosionando} / \text{total huevos sembrados}) * 100$
Porcentaje de mortalidad	$\text{Embriones muertos} / \text{total de huevos sembrados} * 100$
Porcentaje de huevos sin desarrollo aparente	$\text{Huevos sin desarrollo aparente} / \text{total de huevos sembrados} * 100$

El periodo de incubación es el número de días transcurridos entre la fecha de emergencia y la fecha de puesta.

Se calcularon dos porcentajes de eclosión, debido a la diferencia de criterios utilizados por otros grupos de trabajo, lo que permite que la información generada sea comparable con ellos.

El porcentaje de mortalidad es número de embriones muertos entre el total de huevos sembrados.

La determinación se efectuó a partir de la apariencia externa del huevo como cascarón calcificado, turgencia evidente por absorción de agua y/o la presencia de la mancha blanca, y se identificó el estadio en el que se encontraba, por observación directa del embrión.

El porcentaje de huevos sin desarrollo aparente (hsda), incluye a los huevos que en apariencia no contienen un embrión. Se pueden observar líquidos (huevos con clara totalmente líquida, la yema puede estar o no gelificada o presentarse en grumos; al parecer hay absorción de agua en las primeras horas del desarrollo), cocidos (clara gelificada, yema espesa o grumosa), podridos (no existe diferencia entre yema y clara, coloración azul-negro y mal olor típico), secos (aunque no presenta aberturas, al revisarse la yema está completamente seca y pegada a las paredes del cascarón).

Para el porcentaje de eclosión, mortalidad y huevos sin desarrollo aparente se realizó un análisis de medias (Kruskal Wallis) para identificar si hay diferencias significativas entre los tres sitios de

incubación. La hipótesis nula para estos parámetros es: No hay diferencia significativa entre los tres sitios de incubación (*in situ* y los corrales de incubación) respecto al porcentaje de eclosión, mortalidad y huevos sin desarrollo aparente.

En el caso del periodo de incubación se realizó un análisis de medias (Kruskal Wallis) entre los periodos de incubación *in situ* y en corrales, además de un análisis de medias del periodo de incubación en los meses en los que transcurrió la temporada.

- a) Hipótesis nula: No hay diferencia significativa entre los tres sitios de incubación (*in situ* y los corrales de incubación).
- b) Hipótesis nula: No hay diferencia significativa en el periodo de incubación en el transcurso de la temporada.

C. Relación temperatura - muerte embrionaria

Se realizó una descripción de temperaturas a lo largo de la temporada 2005-2006, las hipótesis estadísticas relacionadas son:

- a) Hipótesis nula: No existen diferencias estadísticamente significativas entre los registros de temperatura *in situ* y los dos corrales: El Farito y La Manzanilla, para lo cual se realizó un análisis de medias Kruskal Wallis y análisis de varianzas, prueba de igualdad de varianzas para tres o más grupos.
- b) Hipótesis nula: No existen diferencias estadísticamente significativas en la predominancia de estadios embrionarios durante la temporada y para cada sitio de incubación, para lo cual se realizó un análisis de medias Kruskal Wallis como Mann-Whitney y análisis de varianza con la prueba igualdad de varianza para dos grupos y para tres o más grupos. Para identificar los estadios que difieren entre sí se realizó una post prueba de comparación múltiple no paramétrica.

- c) Hipótesis nula: No existen diferencias estadísticamente significativas en predominancia embrionaria en el transcurso de la temporada (por meses), para lo cual se realizó un análisis de medias Kruskal Wallis. No existen diferencias estadísticamente significativas en las temperaturas registradas durante los 8 estadios embrionarios en las nidadas monitoreadas con sensor se realizó la prueba Kruskal Wallis. Para identificar los estadios que difieren en el registro de temperaturas se realizó una post prueba de comparación múltiple no paramétrica.

En las prueba para comparar 3 o más grupos será dado el valor T, mientras que para comparar solo 2 grupos será dado el valor U (Conover, 1999). Se utilizó un nivel de significancia de 0.05 por lo que si el valor de significancia de la prueba (P) es menor a éste se rechaza la hipótesis.

V. RESULTADOS

1. Diferencia entre lecturas de termopares y dataloggers

Para determinar si existían diferencias significativas entre los registros de los dos termosensores empleados (testigos y los que monitorean nidadas) se realizó un análisis de medias e igualdad de varianzas (Tabla 7).

Tabla 7. Pruebas estadísticas que determinan diferencias significativas entre las lecturas de los dos sensores.

	Prueba	Kruskal Wallis	Igualdad de Varianzas
Termopares – Dataloggers (temperatura mínimas)	T	751.107717	426.3771223
	P	<0.001*	<0.001*
	Prueba	Kruskal Wallis	Igualdad de Varianzas
Termopares – Dataloggers (temperatura máximas)	T	742.358761	448.8968954
	P	<0.001*	<0.001*

Según la prueba si hay diferencias significativas entre los dos sensores esto debido posiblemente a que la temperatura registrada por los dataloggers fue de mejor resolución que la registrada por los termopares, la primera se dio con una resolución de 0.16° C, y en el caso de los termopares la resolución fue de 1° C.

La temperatura registrada por los dataloggers se mantuvo constante a lo largo del día, es decir no varió más de un grado por día, mientras que registrada por los termopares varió más de un grado en un mismo día.

Además de que los registros de temperatura por estos sensores se dieron en fechas diferentes, los termopares fueron colocados al inicio y los dataloggers a la mitad de la temporada (los dataloggers estuvieron disponibles en enero) En la Figura 15 se muestra la temperatura promedio registrada por estos dos sensores.

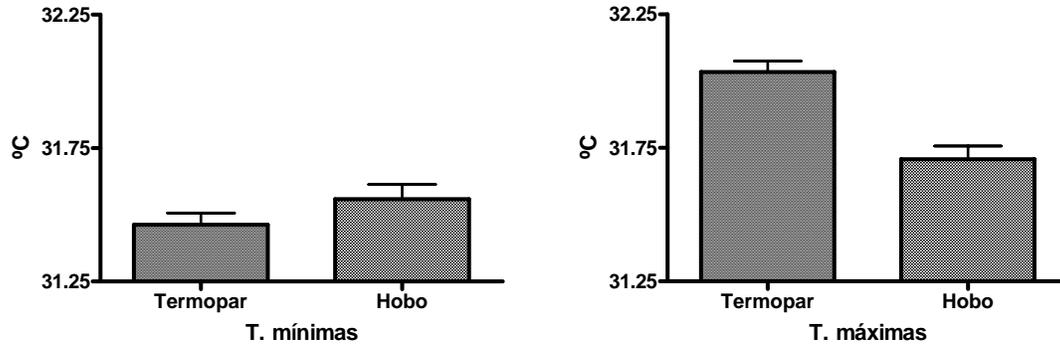


Figura 15. Temperatura promedio registrada en termopares y dataloggers.

En la Figura 15 se muestra que la temperatura mínima promedio de los termopares fue de 31.45° C y la de los dataloggers fue de 31.55° C, en cuanto a la temperatura máxima promedio fue de 32.05° C y la de los dataloggers es de 31.70° C.

A. Termopar testigo / termopar dentro de nidada

Al comparar las temperaturas registradas por un termopar testigo con respecto al que monitoreó la nidada en los mismos días, se observó que existe diferencia significativa, esto se puede deber al calor metabólico generado por los propios embriones (Tabla 8).

Tabla 8. Prueba estadística que determina diferencias significativas entre las lecturas de termopar testigo y termopar dentro de nidada.

	Prueba	Kruskal Wallis
T. testigo –T. nidada (temperatura mínimas)	T	1076
	P	0.0001*
T. testigo –T. nidada (temperatura máximas)	Prueba	Kruskal Wallis
	T	1013
	P	0.0001*

En la Figura 16 se graficó la temperatura mínima y máxima promedio de termopares testigo y dentro de la nidada. La temperatura mínima promedio del primero fue de 30.5° C, mientras que la del segundo fue de 31.2° C, las temperaturas máximas promedio fueron: 31° C en el primero y 31.8° C

en el segundo, estas diferencias concuerdan con los datos de calor producidos por embriones de tortuga laúd (Godfrey, 1997).

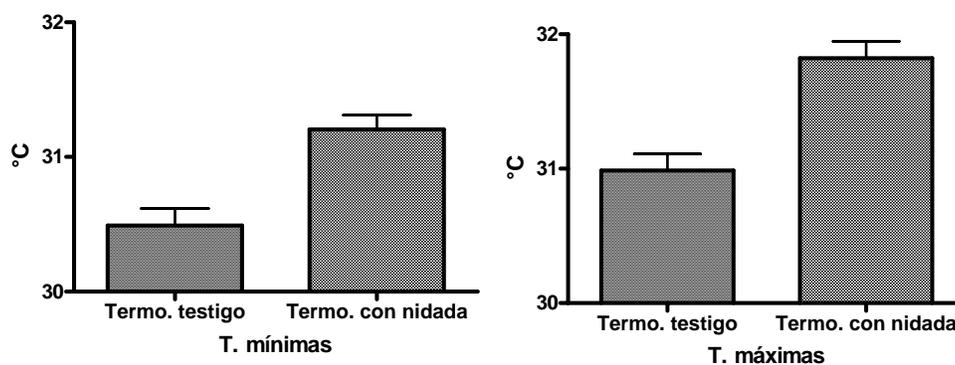


Figura 16. Temperatura promedio registrada en termopares testigo y con nidada.

B. Datos comparables de nidadas con sensor y sin sensor

Para la información correspondiente a la muerte embrionaria se realizó un análisis de medias y de igualdad de varianzas para determinar si era posible generalizar los datos obtenidos en la temporada entre nidadas monitoreadas con sensor y sin éste. Los resultados del mismo se presentan en la Tabla 9.

Tabla 9. Pruebas estadísticas que determinan diferencias significativas entre datos de muerte embrionaria en nidadas con sensor y sin este.

Estadio embrionario	Prueba	Mann Whitney	Igualdad de Varianzas
I estadio embrionario			
	U	3625	212489
	P	>0.25	>0.25
II estadio embrionario			
	U	625	14236.5
	P	>0.25	>0.25
III estadio embrionario			
	U	255	4210.5
	P	>0.25	>0.05
IV estadio embrionario			
	U	413	8553.5
	P	>0.25	>0.05
V estadio embrionario			
	No se puede realizar		

VI estadio embrionario			
	U	324	5523
	P	<0.05*	>0.25
VII estadio embrionario			
	U	865	25583.5
	P	>0.25	>0.25
VIII estadio embrionario			
	U	4657.5	12.5
	P	<0.05*	>0.05

El análisis entre los estadios embrionarios I, II, III, IV y VII no presentaron diferencias significativas entre el número de embriones en nidadas con sensor y sin éste, en el caso de los estadios IV y VIII si hay diferencia, sin embargo el número de datos a comparar fue pequeño por lo que se aumenta el error en la prueba, mientras que en el estadio V no fue posible realizar la prueba ya que no hubo registro de éstos en nidadas no monitoreadas y por tanto no fue posible su comparación.

En promedio el número de embriones del estadio I en nidadas con sensor fue de 23 y sin éste de 15. En el estadio II el promedio con sensor fue de 11 y sin éste de 5, En el estadio III el promedio con sensor fue de 3.5, y sin éste de 1.5, el promedio de embriones para el estadio IV en nidadas con sensor fue de 2 y sin éste de 3. Embriones del estadio V sólo se presentaron en nidadas sin sensor con un promedio de 2. En el estadio VI en nidadas con sensor un promedio de 1 y sin él de 2. En el estadio VII se tuvieron 18 embriones en promedio en nidadas con sensor y 5 sin éste por último se presentó 1 embrión en promedio en estadio VIII tanto para nidadas con y sin sensor.

2. Evaluación del éxito de incubación

Los resultados del éxito de incubación de la especie en la temporada 2005-2006 en nidadas incubadas *in situ* como en los dos corrales de incubación, se muestran en la Tabla 10.

Tabla 10. Parámetros de evaluación de éxito de incubación, se presenta el promedio (Prom), desviación estandar (D.S.), mínimo (Min) y máximo (Max).

Parámetro	Corral El Farito				Corral La Manzanilla				<i>In situ</i>			
	Prom	D. S.	Min	Max	Prom	D. S.	Min	Max.	Prom	D. S.	Min	Max.
Periodo de incubación (días)	56.25	2.08	53	62	57.16	3.19	54	62	57.44	3.88	52	66
eclosión ¹ (%)	26.48	21.62	0	85.19	29.98	26.06	0	66.67	63.43	19.84	15.15	96.92
eclosión ² (%)	32.49	25.92	0	90.14	39.12	34.88	0	81.48	67.49	18.99	15.15	96.92
Mortalidad embrionaria (%)	33.21	23.10	1.25	97.26	30.89	30.38	8.64	100	20.97	20.05	1.54	84.85
Huevos sin desarrollo aparente (%)	34.30	26.10	0	95	30	29.62	0	89.23	11.55	10.25	0	41.28
Huevos por nido	72.07	13.04	29	98	69.87	15.91	45	86	61.05	19.56	29	109

En El Farito el periodo de incubación (56 ± 2.08 días) fue más corto que en el de La Manzanilla e *in situ*, sin embargo no se registran diferencias significativas, el valor de la prueba (análisis de medias) fue de 2.278 y la P de 0.3202.

Los porcentaje de eclosión obtenidos tanto en el corral de El Farito ($26.48\% \pm 21.62$ - $32.49\% \pm 25.92$) como La Manzanilla (29.98 ± 26.06 - 39.12 ± 34.88) fueron menores a simple vista a los registrados en temporadas pasadas, cuyo valor fue alrededor del 50% (Sarti *et al.*, 2005; Huerta *et al.*, 2004; Huerta *et al.*, 2001; García *et al.*, 1999). Mientras que en el nido con incubación *in situ* el porcentaje de eclosión (63.43 ± 19.84 - 67.49 ± 18.99), se encontró dentro del intervalo presentado en temporadas pasadas para el Playón, ya que para la temporada 2004-2005 el promedio fue de 49^1 - 65^2 (Sarti *et al.*, 2005) y para la temporada 2003-2004 el promedio fue de 60^1 (Huerta *et al.*, 2004). En la temporada se observan diferencias significativas en los porcentajes de eclosión entre nidadas *in situ* y corrales con un valor T de 19.42 y una P < 0.001*.

La mortalidad embrionaria promedio se dio en mayor proporción en los corrales, con porcentajes de 33.21 para El Farito y 30.89% para La Manzanilla; *in situ* presentó menor valor (20.97%). Sin embargo la prueba estadística no arroja diferencias significativas entre estos tres sitios de incubación, el valor de la prueba fue de 5.172 y la P de 0.0753.

En cuanto al porcentaje de huevos sin desarrollo aparente (hsda), las nidadas reubicadas presentaron porcentajes elevados, el corral de El Farito 34.30% y corral de La Manzanilla 30%, mientras que *in situ* se registró aproximadamente la tercera parte de hsda con respecto a los reubicados (11.55%), la prueba estadística arroja un valor de 13.29 y una P de 0.0013*.

3. Variación del periodo de incubación

El análisis de medias muestra que no hay diferencia significativa en el periodo de incubación entre los corrales e *in situ*, el valor de la prueba fue de 2.278 y la P de 0.3202. La Figura 17 grafica el promedio del periodo de incubación por sitio.

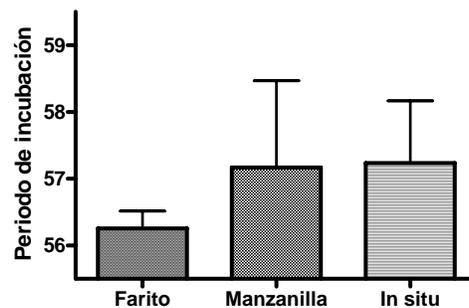


Figura 17. Periodo de incubación promedio para los tres sitios de anidación.

En la gráfica se observa que El Farito presentó en promedio el periodo de incubación más corto (56.25 días), en La Manzanilla el periodo de incubación promedio fue de 57.17 días e *in situ* fue de 57.23 días.

Ya que a temperaturas más elevadas los periodos de incubación se vieron reducidos y viceversa.

También se realizó un análisis de medias con el fin de determinar si en el transcurso de la temporada el periodo de incubación es el mismo, comparando el periodo de incubación por mes, el mes corresponde al inicio de la incubación de cada nidada, arrojando un valor de Kruskal Wallis de 5.317 y una P de 0.2563, por lo que estadísticamente no hay diferencias significativas en el periodo de incubación a lo largo de la temporada. En la Figura 18 se grafica el promedio del periodo de incubación por mes.

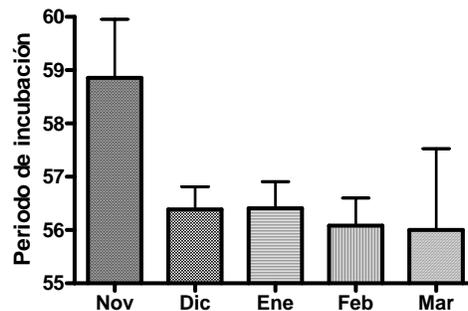


Figura 18. Periodo de incubación promedio por mes a lo largo de la temporada.

En la gráfica se observa que noviembre (nidadas que iniciaron su periodo de incubación en este mes) presentó el periodo de incubación más largo, esto concuerda con la estacionalidad donde las temperaturas fueron más bajas, en promedio en noviembre las nidadas fueron incubadas en 58.87 días, en diciembre 56.39, en enero 56.41, febrero presentó un periodo de incubación de 56.08 días y marzo de 56 días.

4. Temperaturas en la temporada de anidación 2005-2006

A Temperatura de incubación

Como se mencionó en el método se realizaron dos ciclos de temperatura con termopares en la temporada ya que las condiciones ambientales se habían modificado. En la Figura 19 y 20 se muestran las temperaturas registradas. Se determinó que la hora máxima en el primer ciclo fue a las

16 hr (33.26° C), la mínima a las 10 hr (31.1° C), mientras que para el segundo ciclo la hora máxima fue a las 13 hr (31.8° C) y la mínima a las 8 hr (30.52° C).

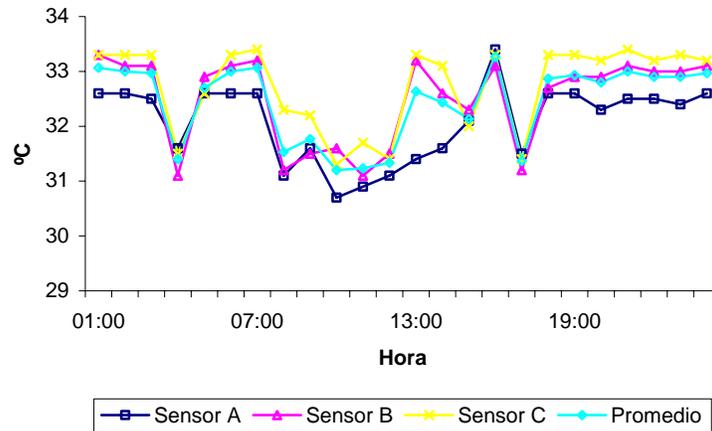


Figura 19. Primer ciclo de 24 hrs de toma de temperatura de la arena a nivel de la cámara de incubación de nido de laúd, para determinar la temperatura máxima y mínima del día.

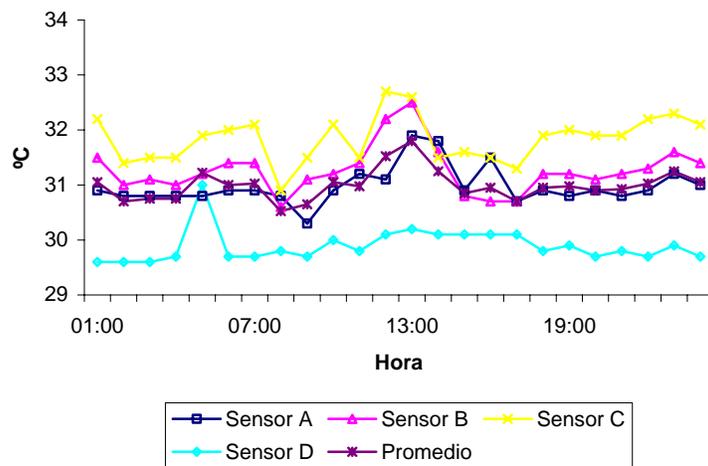


Figura 20. Segundo ciclo de 24 hrs de toma de temperatura de arena a nivel de la cámara de incubación de nido de laúd, para determinar la temperatura máxima y mínima del día.

Las lecturas entre los termopares testigos fueron parecidas, excepto el termopar D (Figura 20) que presentaron lecturas bajas, esto se debió a que en esta zona los registros de temperatura fueron inmediatos al riego. El termopar A presentó temperaturas menores visibles en los dos ciclos, esto se debió a su mayor cercanía al mar (mayor humedad) respecto a los otros sensores.

Las temperaturas registradas por los 4 termopares testigos no variaron entre si, la diferencia de temperatura más alta en el mismo día fue el 13 de enero de 2006 con 3.1° C de diferencia entre una toma y otra registrado por el sensor B. En la Figura 21 se muestra la temperatura máxima y mínima promedio registrada por los termopares.

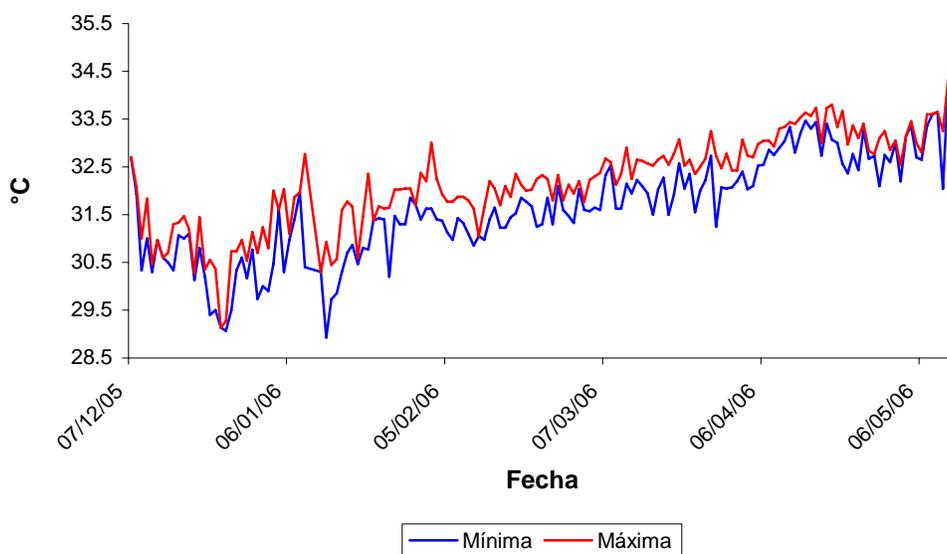


Figura 21. Temperatura promedio registrada por termopares del 7 de diciembre de 2005 al 12 de mayo de 2006.

A lo largo de la temporada se observó un incremento en la temperatura, ya que ésta inició en invierno y finalizó en el transcurso de la primavera. Se observó una declinación en la temperatura a finales de diciembre y en el transcurso de enero, pero posteriormente fue aumentando de forma paulatina.

Las temperaturas promedio, mínimas y máximas registradas por termopares testigos se presentan en la Tabla 11.

Tabla 11. Temperaturas promedio, desviación estandar (D.S.), mínimas y máximas registradas por termopares testigos durante la temporada 2005-2006.

TERMOPAR	Promedio	D.S.	Mínima	Máxima
A	31.78	1.19	28.2	34.4
B	31.98	0.95	28.3	34.1
C	32.38	0.86	29.8	34.2
D	31.02	0.94	28.0	33.3

La temperatura mínima registrada por el sensor A fue el día 13 de enero de 2006, la temperatura mínima registrada por el sensor B fue el mismo día, el sensor D registró la menor temperatura un día después, mientras que el sensor C registró la temperatura más baja el 24 de diciembre de 2005. La temperatura máxima registrada por el sensor A fue el 11 de mayo de 2006, el sensor C registra la temperatura máxima el mismo día, el sensor B el 16 de marzo de 2006 y el sensor D el 21 de marzo de 2006.

El registro de temperaturas por dataloggers fue a partir del 18 de enero de 2006 y al igual que en los termopares, se observó un paulatino aumento de la temperatura conforme transcurrió la temporada en la Figura 22 se muestra el comportamiento.

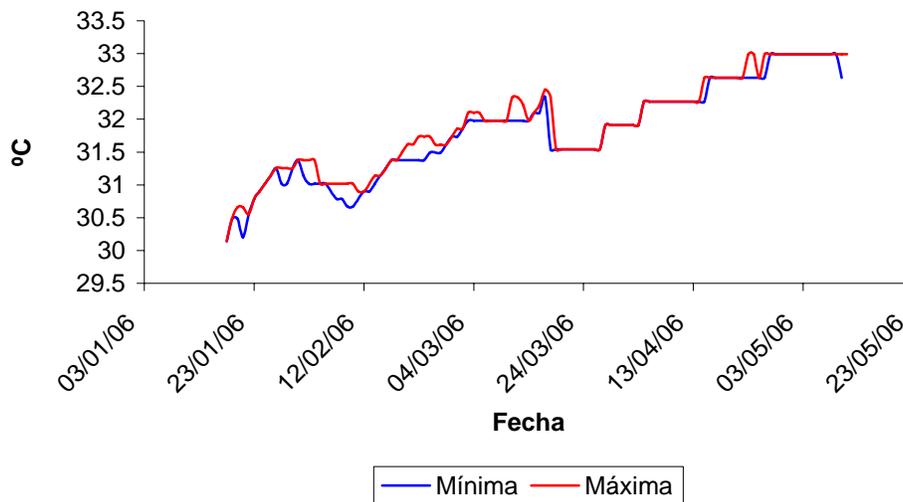


Figura 22. Temperatura promedio registrada por dataloggers del 18 de enero de 2006 a 11 de mayo de 2006.

La temperatura mínima registrada por los dataloggers fue en El Farito y la máxima *in situ*; esto se debe posiblemente a que se encuentran localizadas en zonas diferentes del Playón (18 km de distancia entre uno y otro), presentado características físicas, químicas y biológicas diferentes. El datalogger en La Manzanilla fue utilizado como testigo, las temperaturas promedio, máximas y mínimas registradas por los dataloggers se presentan en la Tabla 12.

Tabla 12. Temperaturas mínimas y máximas registradas por dataloggers durante la temporada 2005-2006.

DATALOGGER	Promedio	D.S.	Mínima	Máxima
El Farito	31.64	0.75	30.14	32.63
La Manzanilla	31.63	0.82	30.48	32.99
In Situ	31.63	0.69	30.68	33.19

La temperatura mínima registrada en el periodo de estudio ocurrió de la siguiente forma: en El Farito fue registrada el 19 de enero de 2006, en La Manzanilla fue del 20 al 24 de enero de 2006 y del 10 al 15 de febrero de 2006, mientras que *in situ* fue el 22 de enero de 2006.

La temperatura máxima registrada en El Farito fue el 17 de marzo de 2006, en La Manzanilla fue del 23 de abril al 11 de mayo de 2006 (tomando en cuenta que el datalogger registró más días en comparación con los dataloggers con nidada) mientras que en nidadas *in situ* fue el 17 de marzo de 2006.

Las lecturas de temperaturas mínimas y máximas de dataloggers y termopares variaron entre sí, las primeras fueron más precisas, además de que los tiempos en los que se colocaron estos dos tipos de sensores no fueron los mismos

B. Temperatura y humedad ambiental

La temperatura ambiental registrada en la temporada presentó un comportamiento diferente a la de incubación, ya que las condiciones entre los dos medios varían (Figura 23).

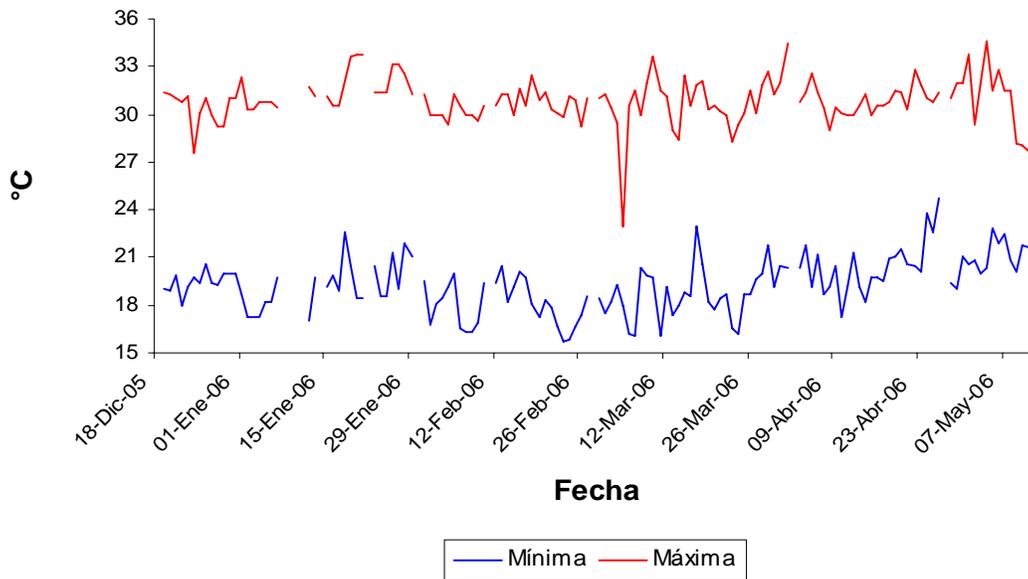


Figura 23. Temperaturas ambientales mínimas y máximas, temporada 2005-2006.

La temperatura ambiental se mantuvo entre los 19.45 y los 30.46° C en el periodo de diciembre de 2005 a enero de 2006, y entre los 19.35 y 30.86° C de enero a mayo de 2006; la mínima registrada fue de 17.3 y 15.7° C, respectivamente, mientras que la máxima fue de 32.3 y 34.6° C para el primer y segundo periodo de registro. La humedad relativa se mantuvo entre el 63.5-67% y 54-80% para el primer y segundo periodo de registro, con un promedio general de 72%.

5. Temperaturas de incubación: corral El Farito / corral La Manzanilla / *in situ*

Para determinar si las temperaturas de incubación en los tres sitios de estudio variaron, se realizó un análisis de medias y de igualdad de varianzas en dataloggers (Tabla 13).

Tabla 13. Pruebas estadísticas que determinan diferencias significativas entre las lecturas de los dataloggers en los corrales de incubación e *in situ*.

	Prueba	Kruskal Wallis	Igualdad de Varianzas
Temperaturas mínimas (tres sitios de incubación)	T	0.51402224	53.83340541
	P	0.77336	<0.001*
Temperaturas máximas (tres sitios de incubación)	Prueba	Kruskal Wallis	Igualdad de Varianzas
	T	1.72192178	78.42762605
	P	0.422756	<0.001*

No se encontró diferencias significativas en el análisis de medias entre los corrales e *in situ*, la nidada monitoreada en este último fue cercana al corral El Farito, por lo que las temperaturas fueron muy parecidas entre sí, las distancias del corral a la línea de marea fueron parecidos entre los dos corrales por lo que presentan temperaturas semejantes. Sin embargo en el análisis de igualdad de varianzas si hubo diferencias significativas entre éstos, y posiblemente se debe a que los días de registro variaron; en La Manzanilla los registros abarcaron del 20 de enero al 11 de mayo de 2006, mientras que en El Farito e *in situ* sólo abarcaron el periodo de incubación del 18 de enero al 18 de marzo del 2006. En la Figura 24 se graficaron los promedios mínimos y máximos de los dataloggers para los tres sitios de incubación.

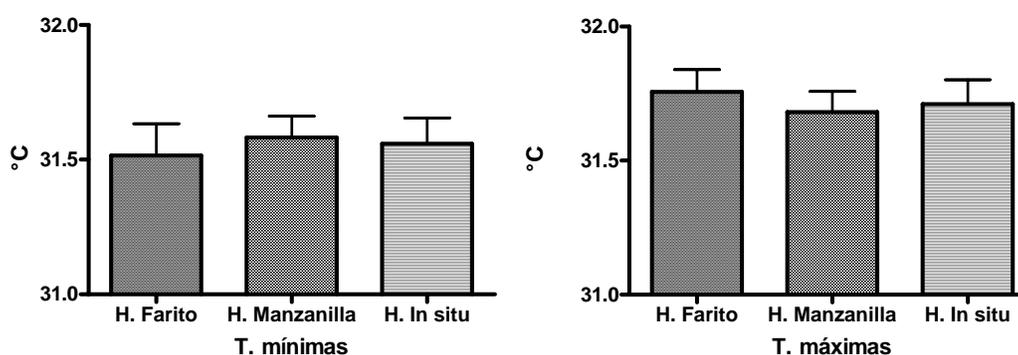


Figura 24. Temperatura promedio registrada en los dos corrales de incubación e *in situ*.

La temperaturas promedio registradas para El Farito fueron de (31.51° C – 31.75° C) mínima y máxima respectivamente, para La Manzanilla fueron de (31.6° C – 31.67° C) e *in situ* fueron de (31.56° C – 31.7° C). Hubo menor variación de temperatura en el corral La Manzanilla a pesar de presentar mayor tiempo de registro ya que el sensor fue testigo.

A continuación se presentan las temperaturas registradas en los sensores testigos y dentro de las nidadas, los valores no corresponden a las gráficas por que se trabajaron como datos independientes las temperaturas mínimas y máximas, mientras que en las tablas se presenta el promedio en su conjunto:

Tabla 14. Temperaturas (°C) registradas en sensores testigos en los tres sitios de incubación.

	El Farito				La Manzanilla				<i>In situ</i>			
	Prom	D.S.	Min	Max	Prom	D.S.	Min	Max	Prom	D.S.	Min	Max
Termopar	31.79	0.98	28.00	34.40	-	-	-	-	-	-	-	-
Datalogger	-	-	-	-	31.63	0.82	30.48	32.99	-	-	-	-

Las temperaturas registradas en los sensores dentro de nidadas fueron:

Tabla 15. Temperaturas (°C) registradas en sensores dentro de nidadas en los tres sitios de incubación.

	El Farito				La Manzanilla				<i>In situ</i>			
	Prom	D.S.	Min	Max	Prom	D.S.	Min	Max	Prom	D.S.	Min	Max
Termopar	31.25	0.79	28.90	34.30	-	-	-	-	-	-	-	-
Datalogger	31.64	0.75	30.14	32.63	-	-	-	-	31.63	0.69	30.68	33.19

6. Tendencia de muerte embrionaria

Para determinar si existe predominancia de estadios embrionarios en la temporada para los tres sitios de incubación, se realizó un análisis de medias, donde el valor de la estadística para la prueba Kruskal Wallis fue de 273.563905 y el nivel de significancia fue de $<0.05^*$, se realizó una post prueba de comparación múltiple no paramétrica (Conover, 1999) para identificar que estadios difieren entre sí. Los resultados se muestran en la Tabla 16.

Tabla 16. Estadios embrionarios que presentan diferente distribución.

Estadio I diferente a:	II, III, IV, V, VI, VII, VIII
Estadio II diferente a:	III, IV, V, VI, VIII
Estadio III diferente a:	I, II, VII, VIII
Estadio IV diferente a:	I, II, VII, VIII
Estadio V diferente a:	I, II, VII, VIII
Estadio VI diferente a:	I, II, VII, VIII
Estadio VII diferente a:	III, IV, V, VI, VIII
Estadio VIII diferente a:	I, II, III, IV, V, VI, VII

El estadio I presentó un mayor número de embriones con respecto a los otros 7, los estadio II y VII fueron parecidos, mientras que los estadios III, IV, V y VI fueron parecidos entre sí y difieren de los estadios tardíos VII y VIII. En la Figura 25 se muestra el número de embriones muertos por estadio promedio.

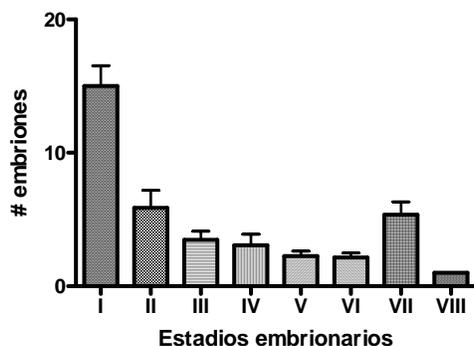


Figura 25. Número de casos registrados por estadio embrionario en los tres sitios de incubación.

En el estadio embrionario I se presentaron 15 casos por nido en promedio, el estadio II presentó 6, el estadio III 3.5 por nido, 3 el estadio IV, 2 embriones en los estadios V y VI, el estadio VII presentó 5 embriones por nido y 1 embrión el estadio VIII.

Para determinar la predominancia de estadios embrionarios en cada uno de los sitios de incubación, se realizó un análisis de medias y de igualdad de varianzas (Tabla 17).

Tabla 17. Predominancia de estadios embrionarios en tres sitios de anidación.

Estadio embrionario	Prueba	Kruskal Wallis Mann Whitney	Igualdad de Varianzas
I estadio embrionario			
	T	3.2186972	7.44763337
	P	0.200018	0.024142*
II estadio embrionario			
	T	0.01897752	11.9491448
	P	0.990556	0.002543*
III estadio embrionario			
	U	264	1.30220077
	P	>0.25	>0.05
IV estadio embrionario			
	T	1.5952205	4.39142568
	P	0.450404	0.111279
V estadio embrionario			
	U	236.5	28093.2325
	P	>0.25	>0.25
VI estadio embrionario			
	T	3.126097	3.09348631
	P	0.209496	0.21294
VII estadio embrionario			
	T	1.82650459	11.0657481
	P	0.401217	0.003955*
VIII estadio embrionario			
	No se puede realizar		

El análisis de medias no indicó diferencias significativas entre el número de embriones muertos por estadio en los tres sitios de incubación; el análisis de igualdad de varianza resultó con diferencias en el estadio I, II y VII, esto se debe a que hay nidadas donde el número de embriones fue elevado. Cada sitio de incubación presentó particularidades en cuanto a la predominancia de embriones, por lo cual se realizó un análisis de medias para cada sitio.

En El Farito se presentó una T de 77.04, el valor de significancia fue $P < 0.0001^*$, al hacer la post prueba de comparación múltiple no paramétrica se determinó que el estadio I era diferente a los

estadios II, III, IV, V, VI, VII y VIII, el resto no presentaron diferencias entre sí. En la Figura 26, se muestra el número de embriones promedio por estadio.

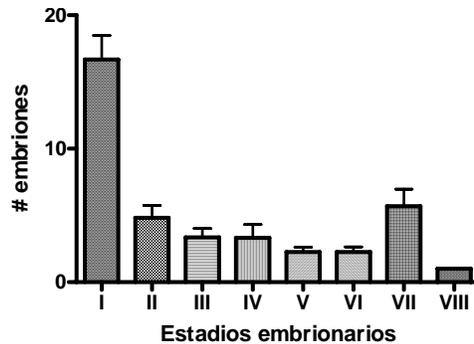


Figura 26. Número de casos registrados por estadio embrionarios en El Farito.

En promedio el número de embriones en el estadio I fue de 16.68, en el II fue de 4.79, el III presentó 3.36, el estadio IV 3.33, el V y VI presentaron 2.25 embriones, el VII, presentó 5.7 embriones y por último el estado VIII presentó 1 embrión. En La Manzanilla no fue posible realizar ninguna prueba, ya que no se presentaron embriones del estadio embrionario V y VIII. En la Figura 27 se observa la predominancia de los estadios tempranos (I y II) y también embriones del estadio VII.

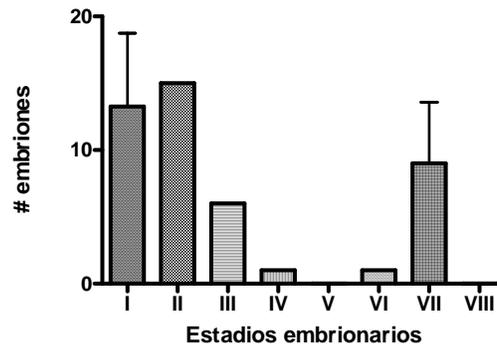


Figura 27. Número de casos registrados por estadio embrionario en La Manzanilla.

El promedio de embriones en el estadio I fue de 13.3, en el II se presentaron 15, 6 en el III, 1 en los estadios IV y VI, mientras que en el VIII fueron 9. En los dos corrales se observó mayor abundancia de embriones en estadios tempranos (I y II).

En nidos *in situ* tampoco fue posible realizar un análisis de medias, ya que no se presentaron los estadios embrionarios III y VIII, además que se registró un menor número de embriones por estadio (Figura 28).

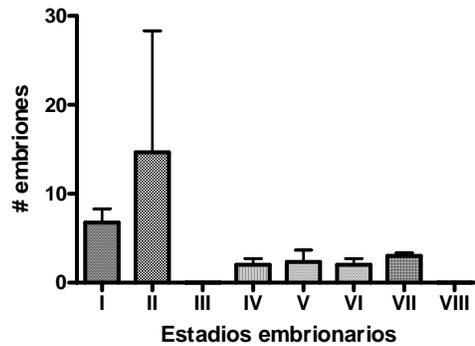


Figura 28. Número de casos registrados por estadio embrionario en nidadas *in situ*.

En promedio se presentaron 6.75 embriones en el estadio I, en el II 14.67, en los estadios IV y VI registraron 2 embriones, en el V fueron 2.33 y por último en el VII se observaron 3 embriones. Al igual que en La Manzanilla se registró un número mayor de embriones en el estadio II, en los tres sitios de incubación el número de embriones catalogados en estadios III, IV, V y VI fue bajo.

Se realizó un análisis de medias para determinar si los estadios embrionarios se distribuyen de igual forma en todos los meses. El resultado de la prueba Kruskal Wallis fue de 15.25 y una P de 0.009331*, se realizó una post prueba de comparación múltiple no paramétrica para determinar los meses (a partir del día de anidación) que no fueron parecidos, noviembre presentó el número de embriones muertos más elevado y difiere de diciembre, enero, febrero, marzo (Figura 29).

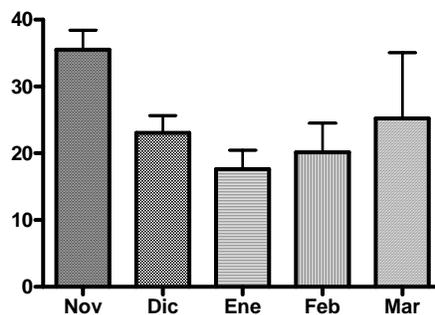


Figura 29. Distribución de los estadios embrionarios por mes.

En promedio noviembre presentó 35.5 embriones muertos de diferentes estadios, mientras que diciembre tuvo 23.06, enero 17.60, febrero 20.14 y marzo 25.2.

7. Variación de temperaturas por estadio embrionario

Se dividió el registro de datos durante el periodo de incubación en los ocho estadios embrionarios de acuerdo a la clasificación utilizada en el Proyecto laúd (López y Sarti, 1988), considerando que cada estadio corresponde a una semana de incubación, bajo el supuesto de que todos los embriones inician su desarrollo al mismo tiempo, con la finalidad de determinar si existen temperaturas extremas que concuerden con el alto porcentaje en algunos estadios embrionarios.

A. Nidada 1 (Termopar El Farito)

No fue monitoreada durante todo el lapso de incubación, el periodo de incubación fue de 57 días, iniciando el 19 de noviembre del 2005 y finalizó el 15 de enero del 2006, la primera toma de temperatura fue el 7 de diciembre, 18 días no registrados, estos días pertenecieron a los primeros estadios donde ocurrió la muerte de los embriones, se sembraron 49 huevos de los cuales 6 fueron hsda, 1 cv, 1 ev y 41 em, con relación a estos últimos se encontraron de la siguiente manera: 27 del estadio I, 12 del II y 2 del III. Los resultados del análisis de medias (Kruskal Wallis) para determinar si las temperaturas registradas por estadio difieren se muestran en la Tabla 18.

Tabla 18. Resultados de la prueba Kruskal Wallis con respecto a temperaturas entre cada estadio embrionario de la nidada 1.

Prueba	T. mínimas	T. máximas
T	5.947	6.212
P	0.2031	0.1838

No hay una diferencia significativa entre las temperaturas registradas en los estadios IV, V, VI, VII y VIII. Se observó que la temperatura de la nidada fue mayor que la testigo en promedio por estadio, sin embargo el rango de temperatura fue mayor en testigo (28.9° C a 32.7° C) que en nidada (29.4 a 32.3° C).

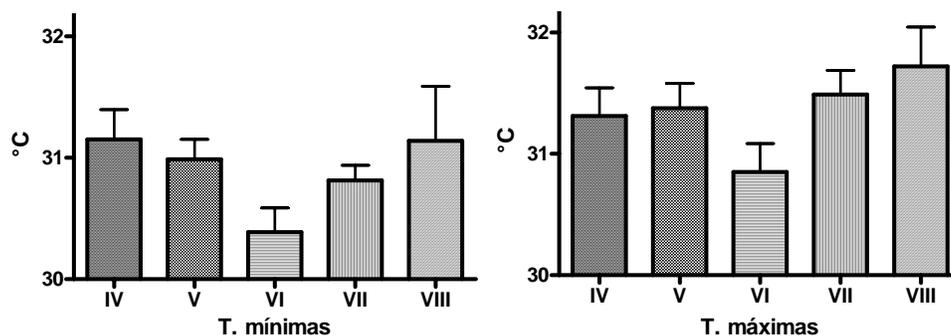


Figura 30. Temperaturas promedio mínimas y máximas en nidada 1.

El estadio VI presentó una menor temperatura promedio con respecto a los otros estadios, abarcó del 23 de diciembre al 30 del mismo mes, en un rango de 29.4° C a 31.8° C con una diferencia de 2.4° C. Sin embargo las temperaturas entre los estadios no cambiaron más de 1° C.

B. Nidada 2 (Termopar El Farito)

El periodo de incubación abarcó del 6 de diciembre de 2005 al 1 de febrero 2006 (57 días), se sembraron 71 huevos, de los cuales 16 fueron cv, 15 hsda y 39 em. Los resultados del análisis de medias entre los registros de temperatura se muestran en la Tabla 19.

Tabla 19. Resultados de la prueba Kruskal Wallis con respecto a temperaturas entre estadios embrionarios de la nidada 2.

Prueba	T. mínimas	T. máximas
T	27.00	26.91
P	0.0003*	0.0003*

La prueba indicó que sí existe una diferencia significativa entre las temperaturas registradas a lo largo del periodo de incubación. El desarrollo embrionario de la nidada se dio en un rango de 29.3° C

a 33.4° C (diferencia de 4.1° C), mientras que el rango de temperatura de los testigos fue de 28.9 a 32.7° C (diferencia de 3.8° C). El rango de temperatura en el que se encontraron los embriones del estadio I fue de 30.1° C a 31.9° C presentando el mayor porcentaje de muerte embrionaria (31 embriones) con una diferencia de 1.8° C. El rango de temperatura en el que se encontraron los embriones del estadio II fue de 30.3° C a 31.8° C (diferencia de 1.5° C). Solo un embrión se encontró en el estadio VIII, el rango de temperatura es de 31.7° C a 33.3° C, (diferencia de 1.6° C).

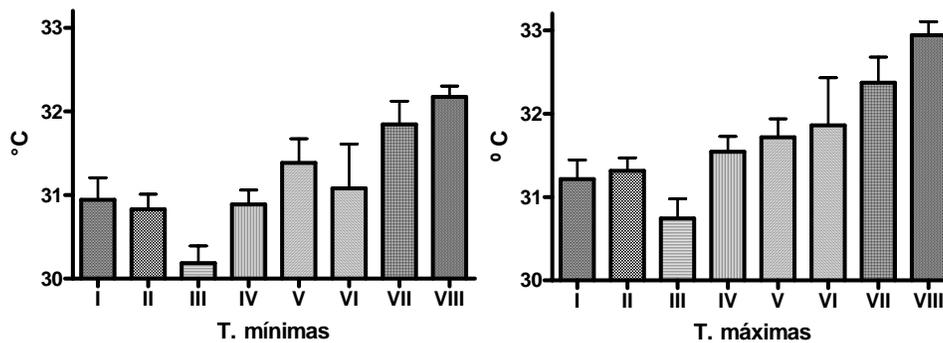


Figura 31. Temperaturas promedio mínimas y máximas en nidada 2.

El registro de temperatura menor se dio en la semana correspondiente al tercer estadio, y el de la mayor en el estadio VIII (Figura 31). Los resultados de la post prueba de comparación múltiple no paramétrica, para identificar los grupos que no presentan temperaturas en común se muestran en la Tabla 20.

Tabla 20. Estadios que difieren en temperaturas de nidada 2.

T. mínimas	T. máximas
III / VII, VIII	I / VII, VIII
	II / VII, VIII
	III / VII, VIII

Los estadios embrionarios con menor y mayor temperatura promedio respectivamente fueron el III y el VIII respectivamente. El estadio embrionario III presentó una temperatura promedio (30.4° C) mientras que el estadio VIII presentó la mayor temperatura promedio (32.4° C).

C. Nidada 3 (Termopar El Farito)

El periodo de incubación abarcó del 15 de diciembre de 2005 hasta el 9 de febrero de 2006, 56 días en total, fueron 52 huevos de los cuales 32 fueron cv, 7 hsd y 13 em de los cuales 8 son del estadio I, 2 del II, 1 del III y 2 del IV. Los resultados del análisis de medias para determinar si las temperaturas son diferentes a lo largo del periodo de incubación se muestran en la Tabla 21.

Tabla 21. Resultados de la prueba Kruskal Wallis con respecto a temperaturas entre estadios embrionarios de la nidada 3.

Prueba	T. mínimas	T. máximas
T	31.78	34.46
P	<0.0001*	<0.0001*

La prueba indica que sí hubo una diferencia significativa entre las temperaturas de incubación por estadio embrionario. El desarrollo se dio en un rango de 28.9° C a 34.3° C (diferencia de 5.4° C). Las temperatura en las que se encontraron los embriones del estadio I fue de 29.3° C a 31.7° C (diferencia de 2.4° C). Mientras que en los testigos la temperatura registrada para estos días fue de 28.1° C a 31.1° C (diferencia de 2.2° C). El rango de temperatura en que se encontraron los embriones del estadio II fue de 28.9° C a 30.8° C (diferencia de 1.9° C).

Mientras que en termopar testigo se registró 28.3 a 30.3° C (diferencia de 2° C). El rango de temperatura en que se encontraron los embriones del estadio III fue de 29.7 a 31.7° C (diferencia de 2° C). Mientras que en testigo fue de 29.4 a 31.3° C (diferencia de 1.9 ° C). En el caso de los embriones del estadio IV las temperaturas variaron de 29.9 a 31.8° C (diferencia de 1.9° C). Mientras que en testigo fue de 28.2 a 32.2° C (diferencia de 4 ° C). En la Figura 32 se muestran las temperaturas promedios registradas por estadio embrionario.

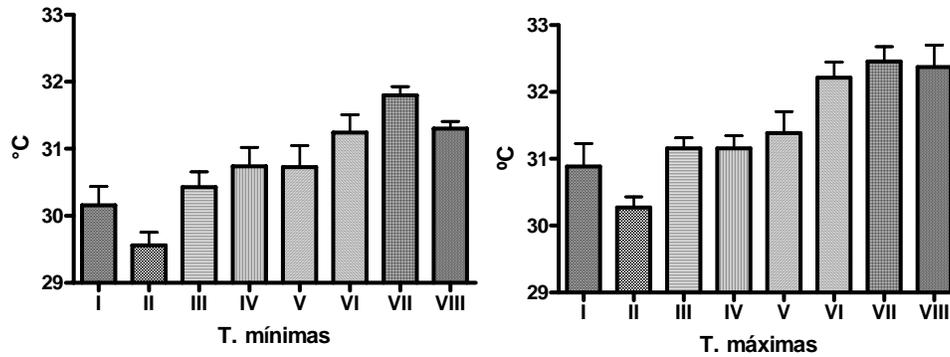


Figura 32. Temperaturas promedio mínimas y máximas en nidada 3.

En la Tabla 22 se muestran los resultados de la post prueba de comparación múltiple no paramétrica, que identifica los estadios que presentan temperaturas diferentes.

Tabla 22. Estadios que difieren en temperaturas de nidada 3.

<u>T. mínimas</u> <u>I / VII</u> <u>II / VI, VII, VIII</u> <u>III / VII</u>	<u>T. máximas</u> <u>II / VI, VII, VIII</u>
--	--

Las temperaturas a las que fueron sometidos los embriones de estadios tempranos (I, II y III) resultaron diferentes de los estadios avanzados (VI, VII y VIII) esto se debe al calor generado por los propios embriones y a los cambios microambientales.

D. Nidada 4 (Datalogger El Farito)

El periodo de incubación fue de 55 días, iniciando el 18 de enero de 2006 finalizando el 18 de marzo de 2006, se sembraron 85 huevos de los cuales 20 fueron hsd y 65 em: 37 son del estadio I y 28 del II. Los resultados del análisis de medias para identificar si diferían las temperaturas entre los estadios embrionarios se muestran en la Tabla 23.

Tabla 23. Resultados de la prueba Kruskal Wallis con respecto a temperaturas entre estadios embrionarios de la nidada 4.

Prueba	T. mínimas	T. máximas
T	51.46	50.33
P	<0.0001*	<0.0001*

La temperatura mínima registrada fue de 30.1° C y la máxima alcanzó 32.6° C (diferencia de 2.5° C). La temperatura mínima registrada en el estadio I fue de 30.1° C y la máxima fue de 30.8° C con una diferencia de 0.7 ° C, con un promedio de 30.5. La temperatura mínima correspondiente al estadio II fue de 30.8° C y la máxima fue de 31.5° C con una diferencia de 0.7° C al igual que en el estadio I, el promedio fue de 31.4° C (Figura 33).

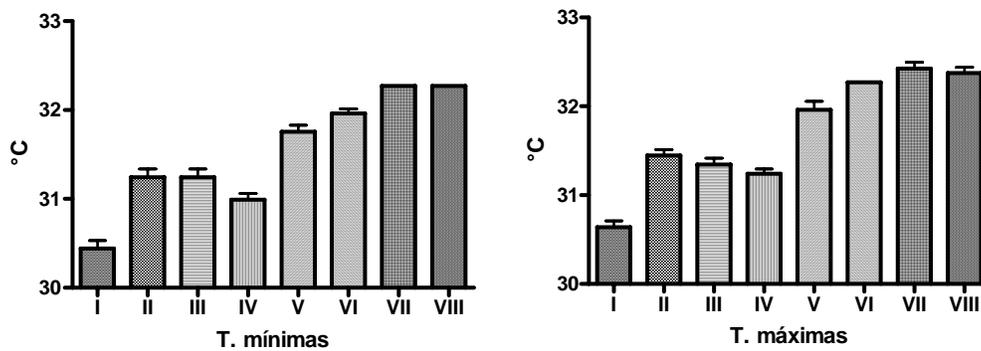


Figura 33. Temperaturas promedio mínimas y máximas en nidada 4.

La prueba determinó que sí hubo diferencia significativa entre las temperaturas registradas en los diferentes estadios embrionarios, para identificar a los estadios que presentan temperaturas diferentes se realizó una post prueba de comparación múltiple no paramétrica, los resultados se observan en la Tabla 24.

Tabla 24. Estadios que difieren en temperaturas de nidada 4.

T. mínimas	T. máximas
I / V, VI, VII, VIII	I / V, VI, VII, VIII
II / VII, VIII	III / VII, VIII
III / VII, VIII	IV / VI, VII, VIII
IV / VII, VIII	

Los embriones de estadios tempranos (I, II, III) fueron incubados a temperaturas bajas con respecto a los embriones de estadios tardíos (VII y VIII).

E. Nidada 5 (Datalogger *in situ*)

El periodo de incubación comenzó el 22 de enero de 2006 al 17 de marzo de 2006, 54 días en total, se sembraron 53 huevos, 35 fueron cev, 4 cv, 2 cm dentro del nido y 12 em de los cuales 6 se encontraron, en el estadio I, 1 del estadio IV, 1 del V y 4 del VI. Se realizó un análisis de medias resultando diferencia significativa entre las temperaturas por estadio embrionario (Tabla 25).

Tabla 25. Resultados de la prueba Kruskal Wallis con respecto a temperaturas entre estadios embrionarios de la nidada 5.

Prueba	T. mínimas	T. máximas
T	47.65	50.16
P	<0.0001*	<0.0001*

La temperatura mínima registrada fue de 30.7° C y la máxima alcanzó 33.2° C (diferencia de 2.5° C). El registro de temperaturas de la nidada 4 (corral El Farito) es muy parecida a ésta. En la Figura 34 se observa el aumento de temperatura en el transcurso del periodo de incubación. La temperatura mínima correspondiente al estadio I fue de 30.7° C y la máxima fue de 31.4° C con una diferencia de 0.7° C registrándose 6 embriones en este estadio. Mientras en el IV la temperatura mínima fue de 30.7 la máxima fue de 31.4° C, hubo un embrión en esta etapa. Las temperaturas máximas y mínimas fueron las mismas a las registradas en el estadio I. En el V se registró un embrión, la temperatura mínima en ésta etapa fue de 31.4° C y la máxima fue de 32.3° C, con una diferencia de 0.9° C. Por último se registraron 4 embriones del estadio VI, la temperatura mínima fue de 31.8° C y la máxima fue de 32.5, con una diferencia de 0.7° C.

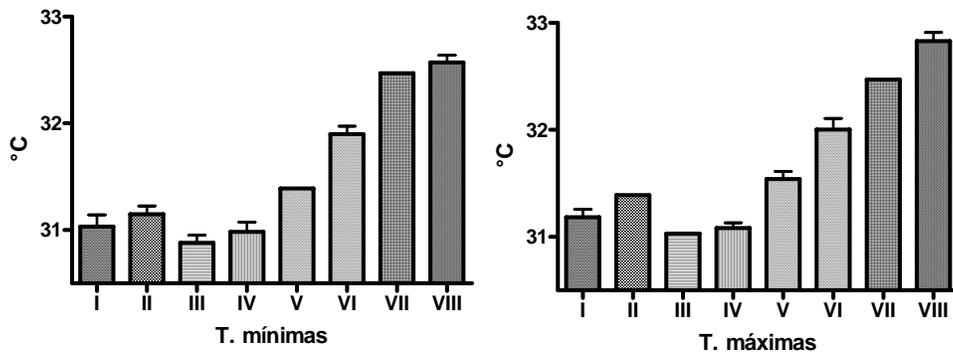


Figura 34. Temperaturas promedio mínimas y máximas en nidada 5.

Los estadios embrionarios que registran temperaturas diferentes se presentan en la Tabla 26, teniendo en común la variación de temperatura entre los estadios primarios y últimos.

Tabla 26. Estadios que difieren en temperaturas de nidada 5.

T. mínimas	T. máximas
I / VI, VII, VIII	I / VI, VII, VIII
II / VII, VIII	III / VI, VII, VIII
III / VI, VII, VIII	IV / VI, VII, VIII
IV / VII, VIII	

VI. DISCUSIÓN

1. Diferencia entre lecturas de termopares y dataloggers

El termopar presenta grandes ventajas para registrar las temperaturas en las playas de anidación, ya que la temperatura puede ser registrada en el momento deseado y se pueden tomar medidas de emergencia para las nidadas que se encuentren en posible peligro, además de ser económico y medir un amplio intervalo de temperaturas. Su principal limitación es la precisión del sistema son inferiores a un grado centígrado, son difíciles de obtener, además de dañarse fácilmente debido al ambiente corrosivo de las playas, por lo que se pierden ocasionalmente registros de temperatura (Medrano, 2002).

El datalogger presenta las siguientes ventajas: el registro exacto de temperatura a la hora programada, soporta ambientes corrosivos, el tamaño del aparato es pequeño, por lo que puede ser introducido en las nidadas, sin que éstas se vean afectadas. La desventaja es que los registros de temperatura sólo pueden ser observados al final de la programación, en este caso al final del periodo de incubación.

Los termosensores testigos, presentaron temperaturas menores a las reportadas para nidadas debido al calor metabólico generado durante el desarrollo de los embriones, estudios realizados por Godfrey y colaboradores (1997) con tortuga laúd se observó que a partir del día 25 de desarrollo, el centro de la nidada presenta en promedio un aumento de temperatura del 0.5° C con respecto a la arena (a la misma profundidad), mientras que los huevos que se encuentran en la orilla del nido experimentan menor calor metabólico y comienza el aumento de temperatura de 0.5° C a los 45 días de incubación.

En el caso de nidadas de tortuga verde *Chelonia mydas*, el calor generado por el desarrollo embrionario provoca que la temperatura varíe en un intervalo de 5 a 6° C mayor a la temperatura de la arena a la misma profundidad (Bustard y Greenham, 1967).

2. Evaluación del éxito de incubación

El periodo de incubación para *D. coriacea* en la temporada estudiada fue menor a lo reportado para temporadas pasadas para el Playón, de 60 a 65 días (Huerta *et al.*, 2005), en otras playas como Tortuguero, Costa Rica el periodo promedio se ha reportado de 63.20-68.20 días (Runemark, 2006), en Gandoca, Costa Rica de 62.24 días (Chacon *et al.*, 1996), en Matapica, Surinam de 67.0 ± 2.3 días (Hilterman y Moverse, 2002), en Babunsanti, Surinam el periodo fue de 64.8 ± 3.2 días y de 62.4 ± 2.99 días en Sandy Point, Islas Virginia, E. U. A (Alexander *et al.*, 2002), Esta variación se debe a las condiciones particulares del Playón, en el presente trabajo sólo se tomó en cuenta la temperatura como factor de muerte embrionaria, a pesar de que la humedad, salinidad, intercambio gaseoso entre otros factores influyen determinadamente.

El porcentaje de eclosión fue bajo tanto en el corral El Farito como en La Manzanilla, en comparación a las últimas 4 temporadas donde se obtuvo un intervalo de 42-58%, sin embargo hay registros en el Playón de 26 a 69% de eclosión (García *et al.*, 1998; Sarti *et al.* 1990). Las nidadas *in situ* se encuentra dentro del intervalo presentado en temporadas pasadas para el Playón con porcentajes hasta del 86% (Sarti *et al.* 1990). En otros sitios de anidación se encuentran porcentajes muy bajos del 10.6% en Babunsanti, Surinam (Hilterman y Goverse, 2001) y muy altos de 96.7% en Rantau, Abang, Malaysia (Chan *et al.*, 1985) lo cual depende de las condiciones específicas de la playa de anidación (temperatura, humedad, salinidad), de la temporada y del manejo de los huevos.

La mortalidad embrionaria se presenta en mayor proporción en nidadas reubicadas respecto a las nidadas *in situ*, esto se puede deber al manejo inadecuado de las nidadas ya sea por el tiempo de superficie (tiempo en el cual las nidadas se encuentran fuera del sitio de incubación), movimientos y construcción de la cámara de incubación, además de factores como la temperatura, humedad y salinidad (Blanck y Sawler, 1981; Chan *et al.*, 1985). Por las características propias del desarrollo embrionario de las tortugas marinas, el efecto del manejo durante la reubicación de las nidadas se puede presentar como mortalidad embrionaria temprana. Los huevos que muestran mortalidad embrionaria en estadios tardíos se puede deber a cambios físico-químicos del ambiente de incubación y no a la mortalidad inducida por el manejo de la nidada (García, 1998).

En cuanto a los huevos sin desarrollo aparente, en nidadas reubicadas se presentó un mayor porcentaje, esto se puede deber: a la forma de colecta del huevo, el tiempo que pasó fuera de la cámara y la distancia recorrida (García, 1998). Existen programas en los que el tiempo de superficie no puede ser menor a 6 hr e inclusive llega a las 48 hr de la oviposición (Gil *et al.*, 1993), esto depende de las distancias que deban recorrerse para la reubicación, el intervalo crítico de sensibilidad al movimiento se ha establecido de las 12 hr a los 14 días después de ser desovados (Limpus *et al.*, 1979; Parmenter, 1980; Miller y Limpus, 1981). En la tortuga laúd se plantea una tolerancia al manejo de 5 hr (Chan *et al.*, 1985; Eckert y Eckert 1990). En la secuencia normal de una noche de trabajo en el Playón de Mexiquillo, se procuró no rebasar esta tolerancia.

3. Variación del periodo de incubación

Sarti y López (1989) estudiaron el efecto de la temperatura en el periodo de incubación de tortuga laúd, las nidadas fueron sometidas a 15, 25, 30 y 35° C; a 15° C no se desarrollaron los embriones a

simple vista, a 25, 30 y 35° C no todos los estadios embrionarios de la serie embriológica del Proyecto Laúd estaban presentes.

Para el estadio I, a una temperatura de 25° C, fue alcanzado a los 20, 27 y 34 días, a los 30° C de temperatura de incubación el estadio I se observó en 8, 13, 20, 27, 34, 43 y 48 días, mientras que a temperaturas de 35° C se alcanzó a 8, 13 y 20 días.

A 25° C se observan embriones que alcanzaron el estadio II a 34, 48 y 55 días después de su incubación, mientras que a 30° C este mismo estadio fue alcanzado a 15, 20, 34, 43, 55 y 64 días y por último a 35° C se alcanzó a 27 y 34 días.

Existe una relación entre el periodo de incubación y la temperatura; es decir que embriones que experimentan temperaturas altas se desarrollan rápido, con respecto a las que se mantienen en bajas (Andrews, 2004; Deeming y Ferguson, 1991).

En el caso de la tortuga verde *Chelonia mydas*, a temperaturas de 23 a 25° C se presenta un periodo de incubación de 94 días (Packard y Packard, 1988), mientras que a 32° C tienen un periodo de 49 días (Bustard y Greenham, 1969), las nidadas incubadas a temperaturas menores a 23° C rara vez eclosionan, a temperatura mayores a 33° C mantenidas por largos periodos tampoco eclosionan, las temperaturas tienen una relación inversa con la duración de la incubación (Miller, 1985). En playas de anidación las nidadas son incubadas a temperaturas entre los 24 a 33° C (Ewert, 1979). La disminución en 1° C en la temperatura de nidadas de *Chelonia mydas* provoca un aumento de 5 días en el periodo de incubación (Mrosovsky, 1988). Los resultados de desarrollo embrionario a temperaturas constantes en laboratorio varían respecto a las nidadas naturales ya que se encuentran expuestos a fluctuaciones diarias (Doody, 1999). Tanto a lo ancho y largo de la playa existen pequeñas oscilaciones de temperatura por efecto de la marea e influencia de la vegetación, estos cambios provocan disminución en el metabolismo de los embriones alargando su desarrollo (Benabib, 1984; Whitmore y Dutton, 1985).

En la tortuga de río, *Emydura signata*, el periodo de incubación varía inversamente con la temperatura de incubación y la tasa de consumo de oxígeno varía directamente con la temperatura de incubación. (Booth, 1998b).

En el estudio realizado por Radder y colaboradores (2002) en huevos de lagartija verde *Calotes versicolor* incubados a temperaturas mayores a las naturales eclosionaron más rápidamente. La tasa de desarrollo a 35° C es alta mientras que a temperaturas menores a 23° C es baja. Esto es reportado para otras especies de lagartijas (Van Damme *et al.*, 1992; Overall, 1994; Shine y Harlow, 1996). En el estudio en tortuga galápagos europeo *Emys orbicularis*, se observó que los embriones expuestos a temperaturas altas presentan un periodo de incubación más rápido (Vladimirova *et al.*, 2005).

Un periodo corto de incubación, inducido por altas temperaturas, podría ser ventajoso para esa nidada ya que tendrían menos riesgos de depredación, disturbio ambiental o ataque de algún microorganismo (Snow, 1982).

Los huevos incubados a temperaturas bajas generalmente no presentan deformaciones sin embargo aumentan la mortalidad embrionaria ya que están expuestos a efectos adversos bióticos y abióticos (Ji y Du 2001; Du y Ji, 2002). Los huevos con un régimen de temperaturas bajas tienen un alto gasto metabólico porque el periodo de incubación es largo y las crías son pequeñas presentando menores reservas de energía (Booth *et al.*, 2000; Ji y Du, 2001; Du y Ji, 2002).

En tortuga de caparazón suave lisa *Apalone mutica*, al ser sometida a temperaturas fluctuantes altas ($\pm 4^{\circ}$ C) presentan un periodo de incubación mayor, mientras que a fluctuaciones menores ($\pm 2^{\circ}$ C), menor es el periodo de incubación (Ashmore y Janzen, 2003).

Las temperaturas en la nidada varían con respecto a la registrada en la arena alrededor de ésta, en nidadas de tortuga caguama *Caretta caretta* se observa una relación entre la temperatura de la arena y el periodo de incubación. Se observa también una relación entre los picos de emergencia

de crías y las altas temperaturas (Matsuzawa *et al.*, 2002). El periodo de incubación en las primeras nidadas de la temporada en Minabe, Japón fueron más largos que las últimas nidadas de la temporada, ya que la temperatura era más baja al inicio (Mayo) que al final de esta (Agosto) (Matsuzawa *et al.*, 2002).

Según el análisis estadístico del periodo de incubación en la temporada, no hay diferencia significativa en los corrales con respecto a las nidadas *in situ*, en promedio se observan una ligera diferencia entre el periodo de incubación del corral El Farito, con respecto al corral La Manzanilla e *in situ*. En lo que se refiere al periodo de incubación en el transcurso de la temporada tampoco se muestran diferencias estadísticas, sin embargo se observa una reducción mínima en el periodo de incubación en el transcurso de la temporada, debido a los cambios estacionales.

4. Temperaturas en la temporada de anidación 2005-2006

El régimen de temperatura a los que se encuentran sujetos los huevos de reptiles en su ambiente natural no es constante ya que existen fluctuaciones de temperatura a lo largo del día generados por el ciclo de calor durante el día y la noche, el incremento de temperatura durante la primavera y el descenso durante el invierno (Booth, 1998b). Sin embargo las fluctuaciones diarias a las que son sometidas las nidadas de tortugas marinas en condiciones naturales son menos extremas que las de las tortugas de agua dulce, ya que las primeras se encuentran a mayor profundidad presentando un menor grado de oscilación en la temperatura (Packard y Packard 1988), además de que las tortugas marinas ponen un mayor número de huevos, generando mayor calor durante la incubación y menores fluctuaciones (Godfrey *et al.*, 1997). Sin embargo están sujetas a variaciones en la temperatura a lo largo y ancho de la playa (Hewavisenthi y Parmenter, 2002). Las fluctuaciones de temperatura diarias en las playas generalmente son menores a 1° C en el caso de nidadas de

tortuga laúd (*Dermochelys coriacea*), tortuga verde (*Chelonia mydas*), tortuga caguama (*Caretta caretta*) y tortuga aplanada (*Natator depressus*) en un ciclo día-noche (Hewavisenthi y Parmenter, 2002).

En el presente estudio la temperatura registrada por los termosensores se incrementó a lo largo de la temporada, ya que comenzó en el invierno y terminó en primavera. En el Playón las temperaturas de incubación se encontraron en un intervalo de 30.14 a 34.4° C, semejante a lo observado en temporadas pasadas del Playón, por ejemplo en la temporada 2004-2005 la temperatura se encontró en un intervalo de 28.8 a 32.3° C (Sarti *et al.*, 2005), en la temporada 2003-2002 se encontró dentro de un intervalo de 27.9 a 33.3° C (Huerta *et al.*, 2004). Las temperaturas ambientales en otras playas de anidación se encuentran generalmente dentro de los 24 a 35° C (Bustard, 1971), por ejemplo en playas del Florida se encuentran entre los 26 a 32° C (Estes *et al.*, 2005), en Fethiye, Turquía 26.7 a 32.1° C (Yakup *et al.*, 2006), el Playón se encontró dentro del intervalo, sin embargo es más reducido el intervalo de temperatura tendiendo a temperaturas altas.

En muchos casos, las temperaturas en las playas de anidación son relativamente constantes a lo largo del periodo de incubación, en el caso de las nidadas de tortuga laúd en la temporada se encontraron fluctuaciones de hasta 5 ° C durante todo el periodo de incubación. Cada playa presenta sus particularidades, la temperatura en ella es determinada por el intercambio de la energía térmica en la capa superficial con el límite climático y la transmisión de calor dentro de la arena (Campbell, 1985; Hillel, 1980).

La temperatura ambiental en el Playón se encontró en un intervalo de 15.7° C - 34.6° C, con un promedio de 25.08° C los días fueron soleados, el 15 de diciembre de 2005 llovió ligeramente, la humedad ambiental relativa fue de 54 a 80%, con un promedio de 72%, esto se encuentra dentro del intervalo registrado en el Playón, es importante tomar en cuenta estos factores ya que participan interactuando con el ambiente de incubación.

5. Temperaturas de incubación: corral El Farito / corral La Manzanilla / *in situ*

La temperatura varía temporal y espacialmente, cada nido presenta condiciones diferentes (Packard *et al.*, 1985; Hewavisenthi y Parmenter, 2002). La temperatura de incubación es determinante para el buen desarrollo embrionario. En trabajos de conservación se suma el manejo del que es objeto la nidada en su conjunto durante la reubicación (Limpus, 1979; Parmenter, 1980; Chan *et al.*, 1985; Eckert y Eckert, 1990).

El método de reubicación en ocasiones ha resultado más efectivo para determinadas especies y áreas; con tortuga caguama por ejemplo, del área de Jekyll Island, Estados Unidos, las nidadas reubicadas presentaron mayor porcentaje de eclosión (92%) que aquellas incubadas *in situ* (87%) (Wyneken *et al.*, 1988). Para la tortuga laúd no es así, las nidadas *in situ* presentan un desarrollo más favorable, en la temporada los porcentajes de eclosión fueron: 63.43¹ y 67.49² sin embargo la reubicación de nidadas es necesaria en el Playón ya que presenta un intenso saqueo, por lo que al mejorar las técnicas es posible asegurar un número aceptable de crías liberadas (García, 1998). El porcentaje de eclosión en el corral El Farito fue: 26.48¹ y 32.49², mientras que en La Manzanilla fue: 29.98¹ y 39.12², registrándose diferencia significativa entre las nidadas reubicadas y las nidadas *in situ*. En cuanto al porcentaje de muerte embrionaria en nidadas *in situ* es menor (20.97) respecto al corral El Farito (33.21) y corral La Manzanilla (30.89), sin embargo no se registran diferencias significativas. El desarrollo desfavorable para nidadas de tortuga laúd reubicadas, coincide con trabajos realizados en Costa Rica con la misma especie, donde también los porcentajes fueron evidentemente menores para las nidadas reubicadas, con 34% de muerte embrionaria, mientras que *in situ* sólo representó el 8.6% (Hirth y Ogren, 1987). En St. Croix, Sandy Point, E. U. A, el éxito de eclosión en nidadas *in situ* es del 42.66%, mientras que en vivero es menor (37.88%) (Garner *et al.*, 2005).

La diferencia podría atribuirse a la temperatura, cuando ésta decrece, existen reducciones en el transporte de oxígeno o aumentos de dióxido de carbono en los tejidos siendo desfavorable para la respiración de las crías en el interior de la cámara (Ackerman, 1980). Por lo anterior es importante mantener a las nidadas reubicadas en condiciones parecidas a las que se encuentran *in situ*. Para seleccionar la ubicación de los viveros en los trabajos de conservación del Playón, se ha tomado en cuenta la conducta de selección del sitio de anidación de las hembras para establecerlos (Cruz., *et al.*, 1985; López *et al.*, 1987; Sarti *et al.*, 1989); al parecer no es de manera azarosa y su distribución determina las condiciones físico-químicas y biológicas de la incubación, ya que las hembras de tortuga laúd en el Playón prefieren desovar en la franja de la playa ubicada entre los 12 y los 14 m de distancia al mar (Cruz *et al.*, 1985; López y Sarti, 1988). También es necesario mantener la profundidad de la cámara y la compactación de la arena al cubrir la nidada (García, 1998).

Las crías de nidos *in situ* emergen en conjunto la misma noche, siendo pocas las que quedan atrapadas en el interior del nido, mientras que en el vivero la emergencia ocurre por intervalos abarcando varias fechas o cualquier hora del día. La mortalidad de crías dentro del nido se puede explicar entre otras cosas, por la disponibilidad de oxígeno en el ambiente al final del desarrollo. Trabajos realizados dentro de la cámara de incubación muestran que el oxígeno se reduce progresivamente aumentando la concentración de dióxido de carbono en el interior. Durante esta etapa las crías realizan una actividad muy fuerte que se ve apoyada por un efectivo metabolismo anaeróbico, pero que puede ser alterado al no existir una suficiente disponibilidad de oxígeno (Raj, 1976; Ackerman, 1981; Dial, 1987). Los métodos de exhumación de nidadas en el vivero del Playón de Mexiquillo, se han establecido de manera que se pretende evitar un periodo de permanencia prolongada dentro de la cámara de las crías, recuperandolas lo más rápido posible después de la primera emergencia, (la exhumación se realiza el mismo día) (García, 1998).

Las temperaturas registradas en nidadas *in situ* y reubicadas no presentan diferencias estadísticas, respecto a las medias, por lo que la selección del corral no fue una limitante en el desarrollo embrionario, sin embargo el manejo de las nidadas pudo haber afectado el desarrollo embrionario.

6. Tendencia de muerte embrionaria

Whitmore y Dutton (1985); Wyneken y colaboradores (1988); Sarti y López (1989) describieron alta proporción de muerte embrionaria temprana en tortuga laúd, con respecto a estadios tardíos. Aproximadamente se presentó la mitad de muerte embrionaria antes de los días 22 a 24 del periodo de incubación en Surinam, los embriones no presentaron pigmentación de los ojos, por lo que se concluyó que la alta tasa de mortalidad se debía al rompimiento de las membranas extraembrionarias (Blanck y Sawyer, 1981; Whitmore y Dutton, 1985). En el presente estudio también se observó una muerte diferencial embrionaria, donde predominaron estadios tempranos, en El Farito el estadio I fue el que más se presentó, mientras que en La Manzanilla e *in situ*, el estadio II fue más abundante, el VI se presentó menor proporción y los estadios III, IV, V, VI, VIII no se presentaron en la mayoría de las nidadas.

Bell y colaboradores (2003), realizaron un estudio de muerte embrionaria de tortuga laúd, en laboratorio se registró mayor muerte embrionaria en el estadio 6 (61%), según la serie embriológica de Miller (1985) o I según la clasificación de Bell y colaboradores(2003) o I-II en la serie embriológica que se utilizó en este trabajo, el 21% de embriones se concentra en el estado 22 de Miller (1985) o II de Bell y colaboradores (2003) o III en la serie utilizada para este proyecto y por último el 15% en el estado 30 (Miller,1985) o III (Bell *et al.*, 2003) o VII-VIII en la serie utilizada para este proyecto, mientras que el 3% perteneció a huevos sin desarrollo aparente. En la revisión de nidadas en Playa

Grande, Costa Rica, se presenta una menor proporción del estadio I-II (24%), III (4%), VII-VIII (22%) según la escala utilizada para este proyecto y el 50% de huevos sin desarrollo aparente. En el estudio se aclara que hay una subestimación de fertilidad, ya que se cae en errores al identificar embriones en estadios de desarrollo temprano y más aún en estados de descomposición. La mayor mortalidad ocurre en estadios tempranos, el manejo parece no ser la causa de la muerte en estos estadios porque el embrión todavía no se sujeta a la membrana. La salud maternal, contaminantes químicos o infecciones bacterianas podrían estar jugando un papel importante en la muerte embrionaria (Bell *et al.*, 2003). En el Playón la distribución de estadios embrionarios son parecidos en los corrales e *in situ*, donde los estadios tempranos se caracterizan en la mayoría de las nidadas. Los embriones que han muerto dentro del oviducto y en los primeros días en la cámara, no son fácilmente detectables si no se tiene la precaución o la facilidad de observar la mancha blanca o coloración del cascarón al final de la incubación (Chan *et al.*, 1985; Whitmore y Dutton, 1985). Es posible que algunos embriones de menos de 3 semanas puedan desintegrarse por el tiempo que se tarda en ser revisado el huevo y lleguen a incluirse en los HSDA. Etapas embrionarias posteriores a la gastrulación se llevaron al cabo después de que el huevo fue reubicado tomando en cuenta el tiempo y las condiciones necesarias para la orientación del disco embrionario (Chan, 1989; Chan *et al.*, 1985; Ewert, 1978, 1985); el desarrollo embrionario a partir de este momento dependió del efectivo intercambio gaseoso, de un ambiente hídrico y de temperaturas óptimas sin ser extremas. El huevo que llegó sin alteraciones hasta el vivero, sin verse afectadas sus membranas (Blanck y Sawyer, 1981), mantuvo su desarrollo aún después de ser reubicado, por lo que la mortalidad embrionaria probablemente se debió a modificaciones en el ambiente de incubación (García, 1998). Noviembre presentó mayor muerte embrionaria, esto concuerda con lo referido en informes anteriores donde se plantea la muerte diferencial al inicio y final de la temporada.

7. Variación de temperaturas por estadio embrionario

La alta mortalidad embrionaria en reptiles sometidas a temperaturas extremas de incubación, es atribuida en general a una interrupción en su proceso fisiológico (Packard y Packard, 1988; Van Damme, 1992; Shine y Harlow, 1996).

Las temperaturas a las que cesa el desarrollo embrionario varía de acuerdo a la especie (Yntema 1978, Ewert 1979). La temperatura crítica máxima en *D. coriacea* es de 40.2° C (Drake y Spotila, 2002). El intervalo de tolerancia de los embriones de tortuga laúd son de 25-27° C a 33-35° C (Ackerman, 1997). Se encontró una correlación positiva entre la mortalidad embrionaria y las temperaturas mínimas de incubación >22° C en tortuga laúd en Tortuguero, Costa Rica (Runemark, 2006). La actividad de las crías emergidas es baja a altas temperaturas, probablemente por que hay una inhibición en los movimientos musculares (Moran *et al*, 1999).

La tasa de mortalidad de lagartija *Calotes versicolor* está relacionada inversamente con la temperatura de incubación (Radder *et al.*, 2002). Matsuzawa y colaboradores (2002) demuestran la relación entre las altas temperaturas y la mortalidad embrionaria en *Caretta caretta*.

En el presente trabajo no se registraron temperaturas letales para la especie, las nidadas monitoreadas, se encontraron en un intervalo de 28.9 – 34.3° C, sin embargo se presentó un elevado porcentaje de mortalidad en estadios tempranos, se presentó un menor porcentaje de muerte embrionaria en nidadas *in situ*, no se rebasó el tiempo de tolerancia de manejo para la especie sin embargo es posible no haber formado bien el pozo donde se colocaron los huevos, si no se compactó la arena de forma adecuada, posiblemente el intercambio de gases fue insuficiente o también se pudieron ver afectados por el movimientos al ser reubicados, ya que los huevos fueron transportados en cuatrimotos y probablemente con esos movimientos el embrión no logró fijarse al cascarón.

El desarrollo embrionario de las tortugas marinas se da en un intervalo de 25 a 35° C, (Ackerman, 1994), Miller (1997) asume que raramente se desarrollan a temperaturas mayores a 34° C. En la temporada, pocas ocasiones se registraron valores superiores a los 34° C, los cuales corresponden a meses calurosos (Marzo a Mayo), donde hay pocas nidadas incubadas pues la temporada está por finalizar. Sin embargo el mayor registro de muerte embrionaria se da precisamente al inicio y al final de la temporada, por lo que hay otros factores que limitan el desarrollo embrionario y las temperaturas letales varían de acuerdo a la playa de anidación.

El tamaño de la nidada tanto en número y masa altera las condiciones de temperatura y humedad dentro del nido, aumentando la primera en general, además de que en un nido muy grande el calor puede ser mayor en la zona interna y los huevos periféricos pueden reducir el intercambio de gases del centro (Eckert y Eckert, 1988; Hall, 1988; Wallace *et al.*, 2003). Por lo anterior la posición de los huevos dentro del nido es importante (Standora *et al.*, 1982; Maloney *et al.*, 1990; Booth y Astill 2001). Las nidadas de tortuga laúd presentan una gran masa limitando el flujo de gases con la arena, provocando una situación particular en el desarrollo embrionario de esta especie (Wallace *et al.*, 2003).

El avance en el desarrollo embrionario causa aumento y diferencias de temperaturas dentro de la misma nidada (Ackerman, 1981; Standora *et al.*, 1982; Maloney *et al.*, 1990; Booth y Astill 2001). Los cambios de temperatura debido al calor metabólico, podría afectar el desarrollo de embriones vecinos (Ackerman *et al.*, 1994). La variación de desarrollo dentro de la misma nidada también resulta de diferencias genéticas (Seigel y Ford 1991; Cagle *et al.*, 1993).

La temperatura de la arena puede permanecer debajo de los límites letales, sin embargo con el calor metabólico de la nidada se puede superar estos niveles y cesar el desarrollo de los embriones o eclosionar antes del tiempo (Matsuzawa *et al.*, 2002).

En el estudio del desarrollo embrionario de la tortuga lagarto *Chelydra serpentina*, Birchard y Reiber (1995), proponen que el mismo se divide en dos fases: en la primera etapa hay una diferenciación (blastulación, gastrulación y neurulación) y el crecimiento del embrión es bajo. Mientras que en la segunda etapa se caracteriza por ser rápido y unos días antes de eclosionar la tasa de crecimiento baja. Birchard y Reiber (1995) consideran que la temperatura tiene un efecto en el desarrollo de los embriones en la primera etapa y que los embriones no pueden compensarla, y en la segunda etapa el embrión presenta una aclimatación.

Las temperaturas en el nido son influenciadas por las superficiales de la arena, la absorción del calor a través de la arena es lenta y el calentamiento es gradual, esto permite la protección de los huevos a los rayos solares durante el día, minimizando el calentamiento mientras que en la noche se presentan temperaturas parecidas (Guinea, 1994). Cuando la temperatura superficial de la arena es alta, mueren los embriones que se encuentran en la parte superior de la nidada (tercera parte), impidiendo la emergencia de las crías que se encuentran debajo de ellas (Guinea 1994). Es por esto que cuando la temperatura de la arena es muy alta y se acerca el día de emergencia de la nidada, es necesario sombrear o rociar agua para proteger a las crías del calor cuando emergen (Matsuzawa *et al.*, 2002).

El desarrollo de reptiles se encuentra sujeto a fluctuaciones en la temperatura de incubación en su ambiente natural, por lo que los embriones presentan un mecanismo fisiológico que les permite desarrollarse sin verse afectados (Booth 1998b).

Georges y colaboradores (1994) sugirieron que las fluctuaciones de temperaturas podrían afectar el desarrollo embrionario, encontraron que las fluctuación de $\pm 8^{\circ}$ C de la media de 26° C no tuvo efecto en el periodo de incubación en la tortuga *Caretta caretta*, pero en el caso de la lagartija *Bassiana duperreyi* con un mayor grado de fluctuación de $\pm 9.75^{\circ}$ C en su temperatura media de 23° C redujo sustancialmente el periodo de incubación. Para huevos de tortuga verde *Chelonia mydas* se observó

que los embriones no pueden sobrevivir a fluctuaciones mayores a 8° C (Bustard y Greenham, 1967). La presencia de temperaturas letales durante el periodo de incubación en tortuga de caparazón suave lisa *Apalone mutica* se puede ver mitigado por las fluctuaciones a bajas temperaturas (Ashmore y Janzen, 2003). La temperatura en el centro de la nidada de *Natator depressus* es mayor en un promedio de 7° C a la registrada en la arena a la misma profundidad (Hewavisenthi y Parmenter, 2002).

Los cambios en la temperatura de incubación también influyen en el intercambio de gases y agua (Ackerman *et al.*, 1985). La difusión de gases en la arena es restringido y el consumo de oxígeno en el nido aumenta con el desarrollo embrionario (Ackerman 1980), a temperaturas altas se acelera la tasa de metabolismo, provocando posiblemente la sofocación de los embriones (Matsuzawa *et al.*, 2002). El efecto de la temperatura en el consumo de oxígeno durante el desarrollo embrionario de tortuga galápagos europeo *Emys orbicularis*, depende del estadio embrionario en el que se encuentre, ya que las necesidades varían de acuerdo a su desarrollo (Vladimirova *et al.*, 2005).

En la temporada se registraron fluctuaciones mayores a 5° C en nidadas de laúd, en el transcurso de la incubación, al analizar las temperaturas por estadio embrionario se encontraron diferencias estadísticas, en todas las nidadas se observó que los estadios tempranos fueron sometidos a temperaturas diferentes a los tardíos, la mayoría de los embriones muertos fueron de estadios tempranos, sin embargo las temperaturas se encontraron dentro del intervalo de tolerancia, y fueron parecidas entre sí. Ya que hubo pocas nidadas muestreadas, es necesario aumentar el tamaño de la muestra, para tener conclusiones precisas que expliquen el fenómeno.

Experimentos en el laboratorio indican que tanto la temperatura como el potencial hídrico influyen en los fenotipos de los reptiles, sin embargo el último es determinante en la sobrevivencia embrionaria, periodo de incubación, masa y talla de los neonatos esto también se observa en condiciones naturales (Cagle *et al.*, 1993).

En el estudio presentado por Booth (1998a), con embriones de tortuga de río (*Emydura signata*) observa que la temperatura no tiene un efecto directo en la masa y tamaño del neonato, similar a lo reportado para huevos de tortuga de caparazón suave *Trionyx triunguis* (Leshem *et al.*, 1991). Sin embargo, la lagartija verde *Calotes versicolor* a temperaturas altas presenta un mayor tamaño, asumiendo que se debe a la aceleración de la embriogénesis (Radder *et al.*, 2002), en el cocodrilo australiano *Crocodylus johnstoni*, a temperaturas elevadas el tamaño del neonato es menor en comparación con embriones incubados a temperaturas bajas (Whitehead y Seymour, 1990). Los embriones de tortuga lagarto *Chelydra serpentina* alcanzaron mayores medidas cuando fueron incubados a temperaturas bajas (26° C), que en ambientes cálidos (31° C), las ventajas claras de ser más grandes son la habilidad de capturar presas con mayor facilidad (Packard *et al.*, 1987). En el caso de la tortuga de caparazón blando de China *Pelodiscus sinensis*, se observa que a temperaturas de incubación extremas menores a 23° C y mayores a 34° C se presentaron crías de menor tamaño y por tanto con menores posibilidades de sobrevivencia, en comparación con temperaturas de incubación moderadas que presentan tamaños mayores (Du y Ji, 2002).

Es necesario el control de otras variables y un muestreo prolongado para determinar los factores limitantes del desarrollo embrionario.

VII. CONCLUSIONES

- El periodo de incubación fue menor a lo reportado en temporadas pasadas.
- El porcentaje de eclosión fue bajo en los corrales en comparación a las últimas cuatro temporadas.
- En cuanto a los huevos sin desarrollo aparente se presentó un mayor porcentaje en nidadas reubicadas, con respecto a las *in situ*, atribuido al manejo de nidadas.
- El régimen de temperatura a los que se encontraron sujetos las nidadas de tortuga laúd en su ambiente natural no fue constante ya que existieron fluctuaciones de temperatura a lo largo del día, de la temporada; por lo que cada nido presentó condiciones diferentes.
- Las temperaturas de incubación se encontraron dentro del intervalo de temperaturas presentadas para el Playón y en lo reportado para las playas de anidación de ésta tortuga.
- Hay mayor muerte embrionaria en nidadas reubicadas que *in situ*. El Farito presentó el mayor porcentaje de muerte embrionaria debido posiblemente al tiempo en que fue reubicado (tiempo de superficie), mientras que en La Manzanilla el tiempo de reubicación fue menor.

- Las temperaturas registradas en nidadas *in situ* y reubicadas no presentaron diferencias estadísticas, por lo que la temperatura al parecer no fue un factor diferencial determinante en la muerte embrionaria de nidadas reubicadas.
- Las nidadas incubadas en el Playón tanto *in situ* como reubicadas, se encontraron dentro del intervalo de tolerancia de los embriones de tortuga laúd (25--35° C) y no hubo registros en la temporada de temperatura crítica para la especie (40.2° C).
- Se reportó mayor muerte embrionaria en estadios tempranos (I y II) a lo largo de la temporada, coincidiendo con informes anteriores para el Playón.
- Noviembre presentó mayor muerte embrionaria (35.5%) respecto a los siguientes meses de la temporada de anidación.
- El Farito presentó mayor número de embriones en estadio I y mientras que *in situ* y La Manzanilla el estadio II fue el que se presentó con mayor frecuencia.
- En el estudio se identifican temperaturas estadísticamente diferentes entre los estadios tempranos y tardíos, sin embargo ambas se encontraron dentro del intervalo de tolerancia por lo que no se puede afirmar que la temperatura fue un factor determinante en la muerte embrionaria.

- No se encontraron diferencias significativas en el periodo de incubación entre las nidadas *in situ* y reubicadas.
- Con respecto al análisis estadístico del periodo de incubación en el transcurso de la temporada, no hubieron diferencias significativas, sin embargo noviembre es el mes que presenta un periodo de incubación más largo y marzo el menor.

VIII. SUGERENCIAS

- El ambiente de incubación está conformado por muchos factores, tanto termales como no termales (humedad, salinidad, intercambio gaseoso) y en su conjunto afectan el desarrollo embrionario, por lo que la temperatura en condiciones naturales por si sola no está siendo un factor determinante o limitante para el desarrollo embrionario por lo que es necesario el control de otras variables, además de un muestreo prolongado.
- En la medida de lo posible se deberá reducir el tiempo de superficie de las nidadas, para así minimizar los efectos ocasionados por el manejo a la nidada.
- Es importante ahondar en la forma de verificar la fertilidad de los huevos para evitar subestimar porcentajes de mortalidad embrionaria.

IX. REFERENCIAS

- Ackerman, R. A., R. Seagrave, R. Dmiél. 1985. Water and Heat Exchange Between Parchment-shelled Reptile Eggs and Their Surroundings. *Copeia*. 3: 703-711.
- Ackerman, R. A. 1977. The respiratory gas exchange of sea turtle nests (*Chelonia*, *Caretta*). *Respir. Physiol.* 31:19-38.
- Ackerman, R. A. 1980. Physiological and Ecological Aspects of Gas Exchange by Sea Turtle Eggs. *Amer. Zool*, 20: 575-583.
- Ackerman, R. A. 1981. Growth and gas exchange of embryonic sea turtles (*Chelonia*, *Caretta*). *Copeia*. 4: 757-765.
- Ackerman, R. A. 1994. Temperature, time, and reptile egg water exchange. *Isr. J. Zool.* 40: 293-306.
- Ackerman, R. A. 1997. The nest environment and the embryonic development of sea turtles. En: *The Biology of Sea Turtles*. P. L. Lutz y J. A. Musick (eds.), CRC Press, New York. pp. 83-106.
- Agassiz, L. 1857. Embriology of the turtle. *Contr. Nat. Hist. Vol II. Boston, U.S.* 2: 523-621.
- Alexander, J. L., S.T. Deishley, K. L. Garrett, W. Coles, P. H. Dutton, y D. L. McDonald Dutton. 2002. Tagging and nesting research of leatherback sea turtles (*Dermochelys coriacea*) on Sandy Point St. Croix, U.S. Virgin Islands. U. S. Fish and Wildlife Publication. 43 pp.
- Anaya R. M. 1997. Determinación de las fases del desarrollo embrionario de la tortuga marina *Dermochelys coriacea*. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias. UNAM. México D. F.
- Andrews, R. M. 2004. Embryonic development. En Deeming, D. C. (ed.), *Reptilian incubation: environment, evolution, and behavior*, Nottingham University Press, UK. pp. 75-102
- Araúz-Almengor, M y R. Naranjo. 1994. Status of marine turtles *Dermochelys coriacea*, *Chelonia agassizii*, and *Lepidochelys olivacea* at Playa Naranjo, Parque Nacional Santa Rosa, Costa Rica. 14th Annual Symposium on Sea turtle Biology and Conservación. Hilton Head Island, South Carolina, U.S.A. 1-5 marzo (Poster).
- Ashmore, G. M. y F. J. Janzen. 2003. Phenotypic variation in smooth softshell turtles (*Apalone mutica*) from eggs incubated in constant versus fluctuating temperatures. *Oecologia*. 134: 182-188.
- Bell, B. A., J. R. Spotila, F. V. Paladino y R. D. Reina. 2003. Low reproductive success of leatherback turtles, *Dermochelys coriacea*, is due to high embryonic mortality. *Biol Conserv* 115: 131-138.
- Benabib, M. N, 1984. Efecto de la temperatura de incubación, la posición del nido y la fecha de anidación en la determinación del sexo de *Dermochelys coriacea*. Tesis de Maestría, Facultad de Ciencias. UNAM. México D. F.

- Benabib, M. N. 1983. Algunos aspectos de la biología de *Dermochelys coriacea* en el Pacífico mexicano. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias. UNAM. México D. F.
- Binckley, C. A., J. R. Spotila, K. S. Wilson y F. V. Paladino. 1998. Sex determination and sex ratios of Pacific leatherback turtles, *Dermochelys coriacea*. *Copeia*. 1998:291-300.
- Birchard, G. F. y C. L. Reiber. 1995. Effect of temperature on growth metabolism and CAM vascular density of the snapping turtle *Chelydra serpentina* embryo. *Physiological Zoology* 68: 799-811.
- Blanck, C. y R. Sawyer. 1981. Hatchery practices in relation early embryology of the loggerhead sea turtle, *Caretta caretta* (Linné). *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 49: 167-177.
- Booth, D. T. 1998a. Effects of incubation temperature on the energetics of embryonic development and hatchling morphology in the Brisbane river turtle *Emydura signata*. *Comp. Physiol.* 168 (5): 399 – 404.
- Booth, D. T. 1998b. Incubation of turtle eggs at different temperatures: do embryos compensate for temperature during development? *Physiol Zool.* 71 (1): 23 -26.
- Booth, D. T. 2000. Incubation of eggs of the Australian broad-shelled turtle, *Chelodina expansa* (Testudinata: Chelidae), at different temperatures: effects on pattern of oxygen consumption and hatchling morphology. *Aust J. Zool.* 48: 369-378.
- Booth, D. T. y K. Astill. 2001. Temperature variation within and between nests of the green sea turtle, *Chelonia mydas* (Chelonia:Cheloniidae) on Heron Island, Great Barrier Reef. *Aust J. Zool* 49: 71-84.
- Boulon, R. H. 2000. Reducción de las Amenazas a los Huevos y las Crías, Protección In Situ, Técnicas de Investigación y Manejo para la Conservación de las Tortugas Marinas. En K. L. Eckert, K. A. Bjorndal, F. A. Abreu-Grobois, M. Donnelly Eds. Grupo especialista en Tortugas Marianas UICN/CSE publicación No.4. pp. 192-198.
- Boulon, R. P. Dutton y D. McDonald. 1996. Leatherback Turtles (*Dermochelys coriacea*) on St. Croix, U.S. Virgin Island: Fifteen Years of Conservation. *Chelonian Cons. Biol.* 2: 141-147.
- Bull, J. J. 1983. Evolution of Sex Determining Mechanisms. Benjamin / Cummings, Menlo Park, California.
- Bustard, H. R., Greenham, P. M. 1968. Physical and Chemical factors affecting hatching in the green sea turtle, *Chelonia mydas*. *Ecology* 49: 269 – 276.
- Bustard, H. R. 1971. Temperature and Water Tolerances of Incubating sea Turtle Eggs. *British Journal of Herpetology* 4 (8): 196- 198.
- Cabral, M., L. Cuevas, R. Domínguez, R. García, L. Sánchez, G. Santos. 1988. Efecto de las Diferentes Temperaturas (15, 25, 30 y 35 ° C) sobre el Desarrollo embrionario de la Tortuga Laúd (*Dermochelys coriacea*). Tesis de Licenciatura, Facultad de Ciencias, UNAM. México D. F.

- Cagle, K., G. Packard, K. Miller y M. Packard. 1993. Effects of the microclimate in natural nests on development of embryonic painted turtles, *Chrysemys picta*. *Function. Ecol.* 7: 653-660.
- Campbell, G. S. 1985. *Soil Physics: transport models for soil-plant systems*. New York, Elsevier. 150 pp.
- Caut, S., V. Hulin y M. Girondot. 2006. Impact of density-dependent nest destruction on emergence success of Guianan leatherback turtles (*Dermochelys coriacea*). *Animal Conservation* 9: 189-197.
- Chacón, D., A. McLarney, y B. Vanegas. 1996. Reproduction and conservation of the leatherback sea (Testudines: Dermochelyidae) on Gandoca, Costa Rica. *Revista de Biología Tropical* 44 (2): 853-860.
- Chan, E. H. 1989. White Spot Development, Incubation and Hatching Success of Leatherback Turtle (*Dermochelys coriacea*) Eggs from Rantau Abang, Malaysia. *Copela*. (1): 42- 47.
- Chan, E. H. y H. C. Liew. 1995. Incubation temperatures and sex-ratios in the Malaysian leatherback turtle, *Dermochelys coriacea*. *Biol. Conserv.* 74: 169-174.
- Chan, E. H. y S. E. Solomon. 1989. The structure and function of the eggshell of the Leatherback turtle (*Dermochelys coriacea*) from Malaysia, with notes on attached fungal forms. *Animal Technology*, 40: (2).
- Chan, E. H., H. U. Salleh, H.C. Liew. 1985. Effects of handling on hatchability of eggs of the leatherback, *Dermochelys coriacea*. *Pertanika*. 8: 265-271.
- Chan, E.H., y H.C. Liew. 1996. Decline of the leatherback population in Terengganu, Malaysia, 1956-1995. *Chelonian Conservation and Biology* 2: 196-203.
- Chávez, A. 1998. Las regiones Geoecológicas. En *Catálogo de biodiversidad en Michoacán*. SEDUE.
- Congdon, J. D. y J. W. Gibbons. 1990. Turtle Eggs: Their Ecology and Evolution. En: Gibbons, J. W. 1990. *Life History and Ecology of the Slider Turtle*. Smithsonian Institution Press. Washington D. C. 8: 109 -123.
- Conover, W. J. *Practical Nonparametric Statistics*. 1999. John Wiley and Sons, Inc, Tercera edición. 271-313
- Convención Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestre (CITES). Sitio en internet: www.cites.org
- Convención sobre la Conservación de Especies Migratorias de Animales Silvestres (CMS). Sitio en internet: www.cms.int
- Correa, P. G. 1974. *Geografía física del estado de Michoacán*. Gobierno del estado, Morelia, Michoacán. 459 pp.
- Crastz, F. 1982. Embryological stages of the marine turtle *Lepidochelys olivacea*. *Rev. Biol. Tropical*. 30 (2): 113-120.

- Cruz, W., A. Sarti, A. Villaseñor, B. Jiménez, M. Robles y T. Ruíz. 1985. Informe de Trabajo de investigación y conservación de la tortuga laúd (*Dermochelys coriacea*) en Mexiquillo, Michoacán. (Temporada de Anidación 1984-1985). SEDUE. Subdelegación de Ecología. Michoacán.
- Deeming, D. C. y Ferguson, M. W. 1991. Physiological effects of incubation temperature on embryonic development in reptiles and birds. En Egg incubation: its effects on embryonic development in birds and reptiles. Deeming and M. W. Ferguson Eds. Cambridge University Press, Cambridge. pp. 147–171.
- Deraniyagala, P. E. 1939. The tetrapod reptiles of ceylan. Vol I. Testudinales and Crocodylians. Ceylon J. Sci. Colombo Mus. Publ. Londres. 1:25-102.
- Dial, B. E. 1987. Energetics and performance during nest emergence and the hatching frenzy in loggerhead sea turtles (*Caretta caretta*). Herpetologica. 43 (3): 307-315.
- Dimond, M. T. 1983. Sex of turtle hatchlings as related to incubation temperature. Proc. 6th Reptile Symp. Captive Prop. Husb. Zool. Conserv. (Thurmont, Maryland, 1982), pp. 88-101.
- Dodge, C., H. Dimond, T. Marie, C. Wunder. 1978. Effect of temperature on the incubation time of eggs of the eastern box turtle (*Terrapene carolina carolina* Linne). En: Proceedings of the Florida and interregional conference on sea turtles; 1976 July 24-25; Jensen Beach, FL. Florida Marine Research Publications. No. 33. St. Petersburg, FL: Florida Department of Natural Resources, Marine Research Laboratory: 8-11. [61851].
- Domanty, J. S. 1968. Notes on development and breeding habitats of *Chelonia mydas*. Acta Manilana Ser. A. Nat. Appl. Sci., 4: 87-109.
- Doody, J. S. 1999. A test of comparative influences of constant and fluctuating incubation temperatures on phenotypes of hatchling turtles. Chelonian Conversation and Biology 3: 529–531.
- Dowling, H. G. y W. E. Duellman. 1978. Systematic Herpetology: A Synopsis of Families and Higher Categories. Hiss Publications, New York. 1974 –1978.
- Drake, D. L. y J. R. Spotila. 2002. Thermal tolerances and the timing of sea turtle hatchling emergence. Journal of Thermal Biology 27 (1): 71-81.
- Du, W., Ji, X. 2002. Effects of incubation temperature on duration of incubation, hatching success, and hatchling traits in the gray rat snake, *Ptyas korros* (Colubridae). Acta Ecologica Sinica. 22 (4): 548-553.
- Dutton, P., S. Davis, T. Guerra y D. Owens. 1996. Molecular phylogeny for marine turtles based on sequences of the ND4-Leucine tRNA and control regions of mitochondrial DNA. Mol. Phyl. and Evol. 5 (3): 511 –521.
- Dutton, P., C. Whitmore, N. Mrosovsky. 1985. Masculinisation of leatherback (*Dermochelys coriacea*) hatchlings from eggs incubated in styrofoam boxes. Biol Conserv. 31: 249–264.

- Eckert, K. L. 1991. The Biology and Population status of Marine Turtles in the North Pacific Ocean. Final Report. NOAA/NMFS. 119 pp.
- Eckert, K. L. y S. A. Eckert. 1988. Pre-reproductive movements of leatherback sea turtles (*Dermochelys coriacea*) nesting in the Caribbean. *Copeia*, 1988:400-406.
- Eckert, K. L. y S. A. Eckert. 1990. Embryo mortality and hatch success in situ and translocated leatherback sea (*Dermochelys coriacea*) turtle eggs. *Biological Conservation*. 53: 37-46.
- Enciclopedia de Municipios de México, 2005. Estado de Michoacán. Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal, Gobierno del Estado de Michoacán.
- Estes, J., T. Wibbels, J. Wyneken, T. Tucker, L. Ehrhart, R. Carthy, R. Scarpino, E. Martin, M. Bresett, C. Johnson, B. Ball, J. Schmid, J. Vaughn, S. Condran, J. Grimes, y P. Clark. 2005. Temperature comparison of loggerhead sea turtle nesting beaches throughout Florida. *Ecology and Evolutionary Biology*. Poster United States. 27th Sea Turtle Symposium. Myrtle Beach, South Carolina, USA.
- Ewert, M. 1979. The embryo and its egg: Development and natural history. En: M. Harless & H. Morlock. Eds. *Turtles: perspectives and research*. John Wiley, Nueva York. pp. 333-413
- Ewert, M. A. 1978. The embryo and it's egg: Development and Nature History. In: *TURTLES Perspectives and Research*, Marion Harless and Henry Moriock. A. Wiley-interscience Publication. pp. 270-328, 333-413.
- Ewert, M. A. 1985. Embryology of Turtles. In *Biology of the Reptiles*. Development A. Ed. Carl Hans. Ed. John Wiley and Sons. New York, USA, 14 (3).
- Folk, R. L. 1974. Petrology of sedimentary rocks. Hemphill Pub. Co. Austin, Texas, 182p.
- Frair, W., R. Ackman y N. Mrosovsky. 1972. Body temperature of *Dermochelys coriacea*: warm turtle from cold water. *Science* 177: 791-793.
- Gamez, L. G. 1996. Descripción Histológica para la determinación sexual de las gónadas de crías recién eclosionadas de la tortuga marina *Dermochelys coriacea*. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias. UNAM. México D. F.
- Gamez, L. G. 2001. Proporción sexual de crías de la tortuga laúd (*Dermochelys coriacea*) obtenidas mediante dos técnicas de incubación (Vivero y cajas de poliuretano). Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias. UNAM. México D. F.
- García, D. M. 2000. Estudio de la filopatría y tamaño poblacional de hembras anidadoras de tortuga laúd, *Dermochelys coriacea*, así como parámetros relacionados con su biología reproductiva en el playón de Mexiquillo, Michoacán. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias. UNAM. México D. F.

- García, T. 1998. Evaluación del traslado de nidos de tortuga marina *Dermochelys coriacea* como técnica de conservación en el playón de Mexiquillo, Michoacán. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias. UNAM. México D. F.
- García, T., M. R. Blanco y C. O. Espinosa. 1997. Informe final. Programa de protección y conservación de tortugas marinas. Campamento Tortuguero Mexiquillo. Delegación Michoacán. INE-SEMARNAP. 35 pp.
- García, T., M. Rodríguez, E. Ordoñez y P. Huerta. 1996. Protección de tortuga laúd (*Dermochelys coriacea*) y tortuga golfinia (*Lepidochelys olivacea*) en el Playón de Mexiquillo, Mich. Y evaluación de algunas de sus características reproductivas durante la temporada 1995-1996. Informe Final. Delegación Michoacán. INE-SEMARNAP. 35 pp.
- García, T., E. Ordoñez. 1998. Secretaria del Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca. Instituto Nacional de Ecología, Delegación Michoacán, Informe Final de Actividades Campamento Mexiquillo 1997 – 1998.
- García, T., E. Ordoñez, M. García, R. Huerta. 1999. Secretaria del Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca. Instituto Nacional de Ecología, Delegación Michoacán, Informe Final de Actividades Campamento Mexiquillo 1998 – 1999.
- Garner, J., S. Garner y W. Coles. 2005. Tagging and nesting research of leatherback sea turtles (*Dermochelys coriacea*) on Sandy Point St. Croix, U.S. Virgin Islands. U.S. Fish and Wildlife Publication. 58pp.
- Georges A., K. Beggs, J. Young, J. Doody. 2005. Modelling Development of Reptile Embryos under Fluctuating Temperature Regimes. *Physiological and Biochemical Zoology* 78 (1): 18-30.
- Gil H., E. Miranda y R. Vázquez. 1993. Protección e Investigación de la Tortuga Carey *Eritmochelys imbricata* (Linnaeus. 1766) en Isla Albos, Quintana Roo. Temporada 1990. En: J. Frazier (ed.) Memorias del IV Taller Regional sobre Programas de Conservación de Tortugas Marinas en la Península de Yucatán. Celebrado en Mérida. Yuc. México del 11 al 13 de Marzo de 1991.
- Godfrey, M., R. Barreto y N. Mrosovsky. 1997. Metabolically-generated heat in sea turtles nests and its potential effect on the sex ratio of hatchlings. *Journal of Herpetology* 31: 616-619
- Greer, A., J. Lazell, y R. Wright. 1973. Anatomical evidence for a countercurrent heat exchanger in the leatherback turtle (*Dermochelys coriacea*). *Nature*. pp 244: 181.
- Guinea, M. L. 1994. Nesting Seasonality of the flatback sea turtle *Natator depressus* (Garman) at Fog Bay, Northern Territory. In: James, R. (ed). Proceedings of the Australian Marine turtle Conservation Workshop, 14-17 November 1990, Gold Coast. Australia Nature Conservation Agency, Canberra. pp 150-153.
- Guyot, G., C. Pieau y S. Renous. 1994. Développement embryonnaire d'une tortue terrestre, la tortue d'Hermann. *Testudo hermanni* (Gmelin, 1789). *Ann. Sc. Nat. Zool. Paris*. 15: 115-137.

- Hall, K.V. 1988. The Relationship Between Body Size and Reproductive Characteristics in the Leatherback Sea turtle (*Dermochelys coriacea*). In: B.A. Schroeder (Editor), 1988. Proceedings of the Eighth Annual Conference on Sea turtle Biology and Conservation. NOAA Technical Memorandum NMFS-SEFC-214, 146p. pp. 29-32.
- Hewavisenthi, S. y C. Parmenter. 2002. Incubation environment and nest success of the flatback turtle (*Natator depressus*) from a natural nesting beach. *Copeia*. 302- 312.
- Hillel, D. 1980. Fundamentals of Soil Physics. London, Academic Press, Inc. Ltd. 413 p.
- Hilterman, M. y E. Goverse, 2002. Aspects of nesting and nest success of the leatherback turtle (*Dermochelys coriacea*) in Suriname, 2001. Guianas Forests and Environmental Conservation Project (CFECP). Technical Report, World Wildlife Fund Guianas / Biotopic Foundation, Amsterdam, the Netherlands, 34p.
- Hilterman, M. y E. Goverse. 2001. Aspects of nesting and nest success of the leatherback turtle (*Dermochelys coriacea*) in Suriname, 2000. Guianas Forests and Environmental Conservation Project (CGECP). Technical Report, World Wildlife Fund Guianas / Biotopic Foundation, Amsterdam, the Netherlands, 44p.
- Hilterman, M. y E. Goverse. 2003. Aspects of nesting and nest success of the leatherback turtle (*Dermochelys coriacea*) in Suriname, 2002. Guianas Forests and Environmental Conservation Project (CGECP). Technical Report, World Wildlife Fund Guianas / Biotopic Foundation, Amsterdam, the Netherlands, 31p.
- Hirth, H. y L. Ogren. 1987. Some Aspects of the Ecology of the Leatherback Turtle *Dermochelys coriacea* at Laguna Jalova, Costa Rica. NOAA Technical Report NMFS 56. 14 pp.
- Houghton, J. y G. Hays. 2001. Asynchronous emergence by loggerhead turtle (*Caretta caretta*) hatchlings. *Naturwissenschaften*, 88:133–136.
- Hykle, D. 1999. International conservation treaties, p.228-231. En: K. L. Eckert, K. A. Bjorndal, F. A. Abreu Grobois y M. A. Donnelly (eds.), Research and Management Techniques for the Conservation of Sea Turtles. IUCN/SSC Marine Turtle Specialist Group Publ. No. 4. Washington, D.C.
- Huerta, R., J. Medina, L. Sarti y P. Dutton. 2005. Informe Final de los Resultados de Protección y Monitoreo de la población de tortugas marinas, con énfasis en la tortuga laúd *Dermochelys coriacea* durante la temporada de anidación 2004-2005 en el Santuario para Tortugas Marinas Mexiquillo, Mich. DGVS-SEMARNAT. KUTZARI Asoc. para el estudio y Conservación de las Tortugas Marinas A.C.
- Huerta, R., 2001. Informe Final de Investigación de las Actividades de Conservación desarrolladas en la playa de México durante la temporada 2000-2001. En Sarti y Barragán (Eds.) Conservación y Evaluación de la población de la tortuga laúd *Dermochelys coriacea* en el Pacífico Mexicano, Temporada de anidación 2003-2004. DGVS-SEMARNAT. Kutzari Asociación para el Estudio y Conservación de las Tortugas Marinas, A. C.

- Huerta, R. y C. Machuca 2004. Informe Final de Investigación de las Actividades de Conservación desarrolladas en la playa de México durante la temporada 2003-2004. En Sarti y Barragán (Eds.) Conservación y Evaluación de la población de la tortuga laúd *Dermochelys coriacea* en el Pacífico Mexicano, Temporada de anidación 2003-2004. DGVS-SEMARNAT. Kutzari Asociación para el Estudio y Conservación de las Tortugas Marinas, A. C. 36 pp.
- Hunghes, G., R. Bass, A.J., Mentis, M.T., 1967. Further studies on marine turtles in Tongaland, I. The Lammergeyer 3, 6–54.
- INEGI. 1992. Anuario estadístico del estado de Michoacán. INEGI. pp 75.
- INEGI. 2007. Mapa de temperatura media anual, División Municipal. Sitio del INEGI en Internet: www.inegi.gob.mx
- Ji, X., W. Du. 2001. Effect of thermal and hydric environments on incubating eggs and hatchling traits in the cobra, *Naja naja atra*. Journal of Herpetology 35 (2): 186-194.
- Koorevar, P., G. Menelik y C. Dirksen. 1983. Elements of Soil Physics. Elsevier. New York, 228 pp.
- Leshem, A., A. Ar y R. Ackerman. 1991. Growth, water, and energy metabolism of the soft-shelled turtle (*Trionyx triunguis*) embryo: effects of temperature. Physiol Zool 64: 568–594.
- Leslie, A., D. Penick, J. Spotila, F. Paladino, 1996. Leatherback turtle, *Dermochelys coriacea*, nesting and nest success at Tortuguero, Costa Rica, in 1990–1991. Chelonian Conservation and Biology 2, 159–168.
- Limpus, C., V. Baker y J. Miller, 1979. Movement induced mortality of loggerhead eggs. Herpetologica, 35 (4): 335:338.
- López, S. y A. Sarti. 1988. Programa de Investigación y Conservación en el Área Protegida para Tortugas Marinas en la Zona Sur de Michoacán. Informe de Biología de Campo. Facultad de Ciencias, UNAM. 88 pp.
- López, S., A. Sarti y A. Iñatiz. 1987. Aspectos pesqueros y conservación de la tortuga marina en Mexiquillo, Michoacán. Informe de Biología de Campo. Facultad de Ciencias. UNAM. 141 pp.
- Lutcavage, M. y P. Lutz. 1997. Diving physiology. En: The Biology of Sea Turtles. P. L. Lutz y J. A. Musick (eds.), CRC Press, New York. pp. 277-296.
- Lutz, P. L. 1997. Salt, water, and pH balance in sea turtles. En: The Biology of Sea Turtles. P. L. Lutz y J. A. Musick (eds.), CRC Press, New York. pp. 343-361.
- Machado, J. D. Chacón. 2002. Informe Temporada 2002 anidación de la tortuga Baula (*Dermochelys coriacea*) en la Playa del Parque Nacional Cahuita y Playa Negra- Puerto Viejo, Caribe Sur, Costa Rica. Proyecto para la Conservación de las Tortugas Marinas del Caribe Sur, Salamanca Costa Rica. 41pp.

- Maloney, J., E. Darian-Smith, Y. Takahashi, y C. Limpus. 1990. The environment of the embryonic loggerhead turtle (*Caretta caretta*) in Queensland. *Copeia*. 1990:378-387
- Maros, A., A. Louveaux, M. Godfrey y M. Girondot. 2003. *Scapteriscus didactylus* (Orthoptera, Gryllotalpidae), predator of leatherback turtle eggs in French Guiana. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 249: 289-296
- Márquez, M. R. 1990. FAO Species Catalogue. Vol. 11: Sea Turtle 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 pp.
- Márquez, M. R., A. Villanueva y C. Flores. 1981. Anidación de la Tortuga Laúd *Dermochelys coriacea schlegelii* en el Pacífico Mexicano. *Ciencias Pesquera*. 1(1).
- Matsuzawa, Y., K. Sato, W. Sakamoto y K. Bjorndal. 2002. Seasonal fluctuations in sand temperature: effects on the incubation period and mortality of loggerhead sea turtle (*Caretta caretta*) pre-emergent hatchlings in Minabe, Japan. *Marine Biology* 140: 639-646.
- McGehee, M. A. 1979. Factors affecting the hatching success of loggerhead sea turtle eggs (*Caretta caretta*). Master of Science Thesis, Univ. Central Florida, Orlando Florida.
- Medrano, S. 2002, Termopares. La Guía Metas. *Metrólogos asociados*. 2: 74 pp.
- Merchant, H. L. 2000. Determinación del sexo en crías. En: *Técnicas de Investigación y Manejo para la Conservación de las Tortugas Marinas*. (K.L. Eckert, K.A. Bjorndal, F.A. Abreu-Grobois, M. Donnelly eds.). Grupo especialista en Tortugas Marianas UICN/CSE publicación No.4. pp 150-155.
- Miller, J. D. 1985. Embriology of marine turtles. En: C. Gans, F. Billet y P. Maderson (eds) *Biology of the Reptilia*. Chapter 4, *Develop. A.* 14: 270-328.
- Miller, J. D. 1997. Reproduction in sea turtles. Pp:51-82 in P.L. Lutz and J. A. Musick, eds. *The Biology of Sea Turtles*. CRC, Boca Raton, Fla.
- Miller, J. D. and C. J. Limpus. 1981. Incubation period and sexual differentiation in the green turtle, *Chelonia mydas* L. *Zoo B. of Vict.* 6:6-73.
- Moran, K. L., K. A. Bjorndal, y A. B. Bolten. 1999. Effects of the thermal environment on the temporal pattern of emergence of hatchling loggerhead turtles *Caretta caretta*. *Marine Ecology Progress Series* 189: 251-261.
- Morris, K. A. G.C. Packard, T.J. Boardman, G.L., Paukstis y M. J. Packard. 1983. Effect of the hydric environment on growth of embryonic snapping turtles (*Chelydra serpentina*). *Herpetologica* 39: 272-285.
- Mortimer, J. A. 1995. Factors influencing beach selection by nesting sea turtles. En: Bjorndal, K. *Biology and Conservation of the sea turtles*. Revised Edition. Smithsonian Institute Press. Washington. 615 p.

- Motulsky, H. J. 2003. Prism 4 Statistics Guide, Statistical analyses for laboratory and clinical researches. Gradpad software Inc. San Diego C. A.
- Mrosovsky, N. 1988. Pivotal temperatures for loggerhead turtles (*Caretta caretta*) from northern and southern nesting beaches. Canadian Journal of Zoology 66:661-669.
- Mrosovsky, N. C. Yntema. 1980. Temperature dependence of sexual differentiation in sea turtles: implications for conservation practices. Biological Conservation 18: 271 – 280.
- Mrosovsky, N., P. Dutton y C. Whitmore. 1984. Sex ratios of two species of sea turtle nesting in Suriname. Can. J. Zool. 62(11):2227-2239.
- Mrosovsky, N. y C. Pieau. 1991. Transitional range of temperature, pivotal temperatures and thermo-sensitive stages for sex determination in reptiles. Amphibia-Reptilia 12: 169-179.
- Mullins, M. y Frederic J. 2006. Phenotypic effects of thermal means and variances on smooth softshell turtle (*Apalone mutica*) embryos and hatchlings. Herpetologica. 62 (1): 27-36.
- Ordoñez, C. E. 1998. Análisis histológico para la identificación del sexo de las gónadas de crías de las tortugas marinas *Dermochelys coriacea* y *Lepidochelys olivacea*. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias. UNAM. México D. F.
- Overall, K. 1994. Lizard egg environments. En: Vitt LJ, Pianka ER, eds. Lizard ecology: historical and experimental perspectives. Princeton: Princeton University Press, 51–72.
- Packard, G., M. Packard, K. Miller y T. Boardman. 1987. Influence of moisture, temperature and substrate on snapping turtle eggs and embryos. Ecology 68(4): 983-993.
- Packard, G. C. y M. J. Packard. 1985. The physiological ecology of reptilian eggs and embryos. In: Gans, C., Huey, R.B. (Eds.), Biology of the Reptilia, Vol. 16, Ecology B, Defense and Life History. Alan R. Liss, New York, pp. 523–605.
- Packard, G. C. y M. J. Packard. 1988. The physiological ecology of reptilian eggs and embryos. In Biology of the Reptilia, vol. 16 (ed. C. Gans y R. B. Huey), pp. 523-605. New York: Alan R. Liss.
- Parmenter, C. J. 1980. Incubation of the Eggs of the Green Sea Turtle, *Chelonia mydas* in Torres Strait, Australia: the Effect of Movement on Hatchability. Aust. Wildl. Res., 7:487-91.
- Prange, H. D. y R. A. Ackerman. 1974. Oxygen consumption and mechanism of gas exchange of the green turtle (*Chelonya mydas*) egg and hatchlings. Copeia. 1974, 758-763.
- Pritchard, P. 1982. Nesting of the leatherback turtle, *Dermochelys coriacea*, in Pacific México, with a new estimate of the world population status. Copeia. (4): 741-747.
- Pritchard, P. 1971. The leatherback or leathery turtle, *Dermochelys coriacea*. IUCN Monograph 1: 1-39.

- Pritchard, P. y P. Trebbau. 1984. The Turtles of Venezuela. Society for the Study of Amphibians and Reptiles: Oxford, Ohio 403 pp.
- Protocolo Relativo a las Áreas y a la Flora y Fauna Silvestres Especialmente Protegidas del Convenio para la Protección y el Desarrollo del Medio Marino en la Región del Gran Caribe (SPAW). Sitio en internet: www.cep.unep.org
- Radder R., B. Shanbhag, S. Saidapur. 2002. Influence of incubation temperature and substrate on eggs and embryos of the garden lizard, *Calotes versicolor* (Daud.). *Amph Rept* 23: 71–82.
- Raj, U. 1976. Incubation and Hatching success in Artificially incubated eggs of the Hawksbill turtle *Eretmochelys imbricata* (L.). *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 22: 91-99.
- Raynaud, A., J. Fretey y M. Clergue-Gazeau. 1981. The occurrence of ephemeral epithelial appendages in the cervical region of the embryos of the leathery turtle, *Dermochelys coriacea*. *Bull Soc Zool France.* 106: 2, 133-136.
- Raynaud, A., J. Fretey, J. Brabet y M. Clergue-Gazeau. 1983. Animal morphogenesis. A scanning electron microscopic study of the epithelial structures appened to visceral arches of the embryos of the leathery turtle (*Dermochelys coriacea*). *C. R. Acad. Sc. Paris, Ser. III,* 296: 296-302.
- Renous, S. 1988. Quelques remarques sur le developpement embryonnaire de *Dermochelys coriacea* (Vandelli, 1761). *Mesogee.* 48 : 85-89.
- Renous, S., F. Rimblot-Baly, J. Fretey y C. Pieau. 1989. Caractéristiques du developpement embryonnaire de la tortue luth, *Dermochelys coriacea* (Vandelli, 1761). *Ann. Sc. Nat., Zool. Paris.* 10: 197-229.
- Rimblot, F., J. Fretey, N. Mrosovsky, J. Lescure y C. Pieau. 1985. Sexual differentiation as function of the incubation temperature of eggs in the sea-turtle *Dermochelys coriacea* (Vandelli, 1761). *Amphibia-Reptilia* 6:83-92.
- Ruiz, F. 1988. Fundamentos de embriología y fisiología de la reproducción. Departamento de Biología. Facultad de Ciencias. UNAM 141- 203.
- Runemark, A. 2006, spatial distribution and temperature effects on hatching success in leatherback turtle *Dermochelys coriacea*: implications for conservation. Biology Education Centre and Department of Animal Ecology, Uppsala University and Caribbean. Conservation Corporation, San Pedro, Costa Rica. 31 pp.
- Sarti, L., 2000. *Dermochelys coriacea*. En: IUCN 2006. 2006 IUCN Red List of Threatened Species. Sitio en internet www.iucnredlist.org
- Sarti L., Barragán A. y P. Dutton. (comps.) 2005 Informe final de Conservación de la tortuga laúd (*Dermochelys coriacea*) en las playas índice del Pacífico mexicano. Temporada 2004-2005 DGVS-SEMARNAT. Kutzari Asoc. Para el Estudio y Conservación de las Tortugas Marianas A. C. 19 pp.

- Sarti, L. 2004. Situación actual de la Tortuga Laúd (*Dermochelys coriacea*) en el Pacífico Mexicano y medidas para su recuperación y conservación. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Edición Jatziri Pérez. 20p.
- Sarti, L., A. Barragán, P. Huerta y F. Vargas. 2005. Conservación y evaluación de la población de tortuga laúd en el Pacífico mexicano, temporada de anidación 2004-2005. DGVS-SEMARNAT-Kutzari, Asociación para el Estudio y Conservación de las Tortugas Marinas A. C.
- Sarti, L., A. Villaseñor, B. Jiménez, J. Carranza y M. Robles. 1989. Evaluation of Conservation Techniques utilized at Mexiquillo Beach, Michoacán, México for *Dermochelys coriacea* and *Lepidochelys olivacea* during the 1986-1987 nesting season. En S. Eckert, K. Eckert y T. Richardson (Compilers). Proceedings of the Ninth Annual Workshop on Sea Turtle Conservation and Biology, NOAA Technical Memorandum NMFS-SEFC-232- 155-158.
- Sarti, L., C. López, N. García, C. Ordóñez, L. Gámez, C. Hernández, A. Barragán y F. Vargas. 1992. Estudio de las poblaciones de Tortugas Marinas *Lepidochelys olivacea* (golfina) y *Dermochelys coriacea* (laúd) con énfasis en aspectos conductuales y reproductivos en el Playón de Mexiquillo, Michoacán. Temporada 1991-1992. Facultad de Ciencias. UNAM.
- Sarti, L., C. López, N. García, C. Ordóñez, L. Gámez, C. Hernández, A. Barragán y F. Vargas. 1993. Protección e investigación de algunos aspectos biológicos y reproductivos de las tortugas marinas *Lepidochelys olivacea* (golfina) y *Dermochelys coriacea* (laúd) en el Playón de Mexiquillo, Michoacán. Informe final. Temporada de anidación 1992-1993. Depto. de Biología, Fac. de Ciencias, UNAM.
- Sarti, L., C. López, N. García, C. Ordóñez, L. Gámez, C. Hernández, A. Barragán y F. Vargas. 1990. Situación Actual de las Pesquerías de las Poblaciones de Tortuga Golfina *Lepidochelys olivacea* y la Tortuga Laúd *Dermochelys coriacea* en la Zona Sur del Estado de Michoacán, Temporada 1989-90. Facultad de Ciencias. UNAM.
- Sarti, L., C. López. 1989. Evaluación de algunos aspectos poblacionales biológicos y de conservación de la tortuga golfina y laúd en la zona sur del estado de Michoacán, reporte final de la Biología de Campo 1988 – 1989.
- Sarti, L., N. García, R. Barragán y S. Eckert. 1998. Estimación del Tamaño de la Población anidadora de Tortuga Laúd *Dermochelys coriacea* en el Pacífico Mexicano y su Distribución en el Playón de Mexiquillo. Durante la temporada de Anidación 1997-1998. Informe final de investigación, Fac. de Ciencias, UNAM, 24 pp.
- Schwandt, A. J., K. L. Williams, A. C. Steyermark, J. Spotila, y F. V. Paladino, 1996. Hatching Success of the Leatherback turtle (*Dermochelys coriacea*) in Natural Nests at Playa Grande, Costa Rica. En: J.A. Keinath, D. E. Barnard, J.A. Musick, and B.A. Bell, 1996. Proceedings of the Fifteenth Annual Workshop on Sea Turtle Biology and Conservation. NOAA Technical Memorandum NMFS-SEFSC-387, 355p., pp.290.

- Secretaría de Gobernación y Gobierno del Estado de Michoacán. 1988. Colección Enciclopédica de los municipios de México. Los municipios de Michoacán. Secretaría de Gobernación y Gobierno del Estado de Michoacán (Eds).
- Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2002. Norma Oficial Mexicana NOM-059-ECOL-2002. Protección ambiental- Especies nativas de México de Flora y Fauna silvestres- Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión y cambio- Lista de especies en riesgo. Diario Oficial de la Federación.
- Seigel, R. A. y N. B. Ford. 1991. Phenotypic plasticity in the reproductive characteristics of an oviparous snake, *Elaphe guttata*: implications for life history studies. *Herpetologica* 47(3): 301-307.
- Sharpe, P. J. y D. W. De Michele. 1977. Reaction kinetics of poikilotherm development. *J. Theor Biol* 64: 649-670.
- Shine R., Harlow P. 1996. Maternal manipulation of off-spring phenotypes via nest-site selection in an oviparous lizard. *Ecology* 77: 1808–1817.
- Shine, R. 1983. Reptilian Viviparity in cold climates: testing the assumptions of an evolutionary hypothesis. *Oecologia* 57: 397–405.
- Snow, J. E. 1982. Predation on painted turtle nests: nest survival as a function of nest age. *Canadian Journal of Zoology* 60: 3290-3292.
- Spotila, J. R., M. P. O'Connor y F. V. Paladino. 1997. Thermal biology. En: *The Biology of Sea Turtles*. P. L. Lutz y J. A. Musick (eds.), CRC Press, New York. pp. 297-314.
- Standora E. A., S. J. Morreale, G. J. Ruíz y J. R. Spotila. 1982. Sex determination in green turtle (*Chelonia mydas*) hatchlings can be influenced by egg position within the nest. *Bull Ecol Soc Am* 62: 83-84.
- Thompson, M. 1993. Oxygen consumption and energetics of development in eggs of the leatherback turtle, *Dermochelys coriacea*. *Comparative Biochemistry and Physiology* 104A: 449-453.
- Van Damme, R. D. Bauwens, F. Braña, R. Verheyen. 1992. Incubation temperature differentially affects hatching time, egg survival, and hatchling performance in the lizard *Podarcis muralis*, En: (1992). *Herpetologica*, 48 (2): pp. 220-228
- Verhage, S. B. y E. B. Moundjim. 2005. Three years of marine turtle monitoring in the Gamba Complex of Protected Areas, Gabon Central Africa, 2002-2005. Report for World Wide Fund for Nature, Gland, Switzerland. 64 pp.
- Vladimirova, I. G., T. A. Alekseeva y M. V. Nechaeva. 2005. Growth and oxygen consumption in embryonic and early postembryonic development of European pond turtle *Emys orbicularis* (Reptilia: Emydidae). *Biology Bulletin* 32 (2): 172-178.
- Voght, R. C. y J. J. Bull. 1982. Genetic sex determination in the spiny softshell (*Trionyx spiniferus*). *Copeia* 1982:699-700.

- Wallace B. P., P. R. Sotherland, J. R. Spotila, R. D. Reina, B. F. Franks, F. V. Paladino. 2003. Biotic and Abiotic Factors Affect the Nest Environment of Embryonic Leatherback Turtles (*Dermochelys coriacea*). *Physiological and Biochemical Zoology* 77 (3): 423-432.
- Watson, K. P. y R. A. Grander. 1998. Hydrodynamic effect of a satellite transmitter on a juvenile green turtle (*Chelonia mydas*). *Journal of Experimental Biology* 201: 2497-2505.
- Whitehead, P. J. y Seymour, R.S. 1990. Patterns of metabolic rate in embryonic crocodiles, *Crocodylus johnstonii* y *Crocodylus porosus*. *Physiological Zoology*, 63, pp 334-952.
- Whitmore, C. P. y P. H. Dutton. 1985. Infertility, embryonic mortality and nest-site selection in leatherback and green sea turtles in Suriname. *Biological Conservation* 34: 251-272.
- Wilhoft, D., E. Hotaling, y P. Franks. 1983. Effects of temperature on sex determination in embryos of the snapping turtle, *Chelydra serpentina*. *J. Herpetol.* 17: 38-42.
- Wyneken, J. 1997. Sea turtle locomotion: mechanisms, behavior and energetics. En: *The Biology of Sea Turtles*. P. L. Lutz y J. A. Musick (eds.) CRC Press, New York. pp. 165–198.
- Wyneken, J., T. Burke, M. Salmon y D. Pederson. 1988. Egg failure in natural and relocated sea turtle nests. *Journal of Herpetology* 22: 88-96.
- Yakup, K., I. Çetin, Ö. Adem, B. Eyüp, T. Oğuz, B. İbrahim y S. Michael. 2006. Sex ratio estimations of loggerhead sea turtle hatchlings by histological examination and nest temperatures at Fethiye beach, Turkey. *Naturwissenschaften* 93 (7): 338-343.
- Yntema, C. L. 1968. A series of stages in the embryonic development of *Chelydra serpentina*. *J. Morphol.* 125: 219-252.
- Yntema, C. L. 1978. Incubation times for eggs of the turtle *Chelydra serpentina* (Testudines: Chelydridae) at various temperatures. *Herpetologica*. 34 (3):274-277.