



**UNIVERSIDAD MICHOACANA DE  
SAN NICOLÁS DE HIDALGO**

**FACULTAD DE BIOLOGÍA  
DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO**

**Efecto de la retención sobre la velocidad de  
desplazamiento terrestre y acuática en crías de  
tortuga negra (*Chelonia agassizii*)**

**T e s i s**

Que como requisito para obtener el grado de

**MAESTRO EN CIENCIAS  
en Conservación y Manejo de los  
Recursos Naturales**

Presenta:

**Aristóteles Alvarado Rosales**

**Director de tesis:  
M.C. Javier Alvarado Díaz**

Morelia, Michoacán, Junio de 2007



## **DEDICATORIA**

### **A Sindy, mi bella esposa...**

**Por creer en mi; por todo el apoyo, paciencia y por ser fuente total de inspiración en mi vida; por darme la oportunidad de empezar a compartir contigo una de las etapas mas bellas de mi vida.**

### **A mis padres...**

**Por el amor, paciencia y perseverancia en su enseñanza como padres; por todo el apoyo a lo largo de mi vida, y por permitirme ser el reflejo de lo que me han enseñado; por ser un gran ejemplo como personas; por enseñarme que los sueños se vuelven realidad si uno realmente cree en ellos.**

### **A Nuria, mi hermana...**

**Por su amistad, completo apoyo y respeto: definitivamente la vida no hubiera sido la misma sin mi pequeña compañera a mi lado para compartirla.**

### **A mis Tios Sergio y Alicia ...**

**Por su todo el apoyo y amor de padres; por sus excelentes consejos y por soportar a su sobrino consentido.**

**Para mi viejito.**

**Regresarás. Egoistamente me niego a dejarte descansar; no quiero que evoluciones: deseo hacerlo contigo. Sin embargo, tengo que acostumbrarme a la espera que tengo que guardar: aceptar la idea de que pronto te voy a alcanzar.**

**Mientras tanto, seguiré fingiendo que no me haces falta; que no te necesito; que te olvidé... me seguiré engañando pretendiendo ser fuerte, estable, sabio, autónomo, cuando dependo tanto de lo que me decías, de lo que me aconsejabas, de lo que me enseñabas, de lo que tantas veces me demostraste: eso es lo que me guía y lo que aplíco para actuar de manera justa.**

**No puedo acabar con renglones porque sé que en cualquier momento vuelvo a platicar contigo, y aunque solo en silencio me contestes; seguirte visitando donde quiera que te encuentres.**

**-Para Angelito-  
befreesh !!!**

## AGRADECIMIENTOS

Deseo agradecer de manera muy especial al M.C. Javier Alvarado Díaz, por toda la paciencia, por el apoyo y por darme la confianza de poder exponer todos mis errores y defectos como estudiante y persona. Por mostrar siempre una completa disponibilidad para conmigo; adradezco, admiro profundamente y aprenderé del profesionalismo para separar las alegrías o tristezas de la actividad laboral. También dedico a él, en gran parte el esfuerzo del trabajo de campo y de escritorio que esta tesis representó, por seguir siendo un gran ejemplo como investigador y fuente de inspiración.

A Sindy Elizalde de Alvarado: la colaboradora mas eficiente, constante e inteligente que me pude encontrar, no solo respecto a este trabajo, si no durante todos los días que he tenido la oportunidad de compartir a tu lado. Gracias por aguantar las desveladas y por tu invaluable ayuda en campo.

A un gran amigo: Edgar Solorio Ornelas. Gracias por darme la mano en todos aspectos. Gracias por todo tu apoyo dentro y fuera de clases. Gracias por compartir conmigo las alegres salidas de campo y muestreos y muchas otras experiencias. Tu amistad una de tantas cosas buenas resultado de la maestría.

Gracias a todos mis compañeros de maestría, en especial a Alba Maria, a Guisseppe, a Hugo Farías, a María, a Cutzi, a Esteban y Mariela, por darme la oportunidad de haber compartido el salon de clase, alegrías y amistad.

Gracias a todos mis maestros por las interesantes enseñanzas particulares a las materias y experiencias propias; Dr. Juan Manuel Ortega Rodriguez, Dr. Roberto Lindig Cisneros, M.C. María del Rosario Ortega Murillo, M.C. Reyna Alvarado Villanueva, M.C. Martina Medina Nava, M.C. Tohtli Zubieta Rojas y M.C. Gerardo Ceballos Corona. De manera especial al Dr. Javier Ponce Saavedra por ese ejemplo de pasión por los números.

Gracias de manera muy especial a todo el departamento de postgrado de la Facultad de Biología; al Dr. Ricardo Pérez Munguía, al Dr. Javier Ponce Saavedra y a Lili, por su ilimitado apoyo y disponibilidad en todo momento, y por lo que resultó mas importante de todo el preceso: su amistad.

Gracias por tu interés en que cursara esta maestría, por tu apoyo en tantas y tantas ocasiones: Mto. Ricardo Lemus Fernández. La costa no es la misma sin ti mi Richard.

Al Dr. Carlos Delgado Trejo por su amistad y atinadas y sabias aportaciones no solo a esta tesis, si no en todo momento.

Gracias a la bella familia que me adoptó como hijo político: a Nora por consentirme tanto, a mi Doc Elizalde por siempre ser una excelente compañía y un gran conversador, a Cris por la amistad, confianza, buen humor y siempre nutridas conversaciones. Gracias a todos por abrirme las puertas de su casa y obsequiarme lo mas bello que tienen: a Sindy.

A mis primos Sergio, Alex y Vero, sus bellas esposas y respectivo esposo; por.... Creo que está por demás decirlo, ¿no? Los quiero muchísimo.

A Giovanni Tellez Sánchez; quien siempre está ahí, en todo momento para apoyar, siempre para apoyar, y sin poner en tela de juicio la importancia de la ocasión. Gracias hermano !!!

A todos mis amigos por los momentos compartidos en mi vida; por las alegrías y tristezas, por los logros y fracasos, por aguantarme; por todo lo que hemos pasado juntos.... Gracias a Daniel Calderón Forcadell, Oscar González Villaseñor, Martín Chávez González y Cuahutemoc García Arreola.

## INDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Características generales de la tortuga marina .....	1
1.2. Status de conservación.....	2
1.2.1. Tendencias poblacionales en Michoacán.....	2
2. HIPÓTESIS .....	7
3. OBJETIVOS .....	8
4. CAPITULO I .....	9
EFFECTO DE LA RETENCIÓN DESPUÉS DE LA EMERGENCIA DE CRÍAS DE TORTUGA NEGRA ( <i>Chelonia agassizii</i> ) SOBRE LA VELOCIDAD DE DESPLAZAMIENTO EN ARENA .....	9
4.1. RESUMEN.....	9
4.2. ABSTRACT .....	11
4.3. INTRODUCCIÓN .....	13
4.4. ANTECEDENTES.....	15
4.4.1. Locomoción Terrestre de la Tortuga Marina: Mecanismos, Conducta y Energía.....	16
4.4.1.1. Locomoción terrestre .....	17
4.4.1.2. Locomoción de las crías – Patrones cuadrúpedos .....	18
4.4.1.2.1. El patrón Chelonia.....	18
4.4.1.2.2. Chelonia.....	19
4.4.1.3. Orientación de las crías.....	19
4.5. OBJETIVO .....	20
4.6. METODOLOGÍA .....	21
4.6.1. Área de estudio .....	21
4.6.2. Diseño experimental.....	24
4.6.3. Desplazamiento en arena .....	25
4.6.4. Análisis estadístico.....	26
4.7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	28
4.7.1. Evaluación preliminar del diseño experimental .....	28

4.7.2. Tiempo de retención y velocidad en arena.....	29
4.7.3. Resultados de la evaluación terrestre .....	31
4.7.4. Discusión.....	32
4.8. CONCLUSIÓN.....	37
4.9. LITERATURA CITADA .....	38
5. CAPITULO II .....	40
EFEECTO DE LA RETENCIÓN DESPUÉS DE LA EMERGENCIA DE CRÍAS DE TORTUGA NEGRA ( <i>Chelonia agassizii</i> ) SOBRE LA VELOCIDAD DE DESPLAZAMIENTO EN AGUA.....	40
5.1. RESUMEN.....	40
5.2. ABSTRACT.....	43
5.3. INTRODUCCIÓN .....	45
5.4. ANTECEDENTES.....	47
5.4.1. Locomoción Acuática de la Tortuga Marina: Mecanismos, Conducta y Energía .....	48
5.4.1.1. Locomoción acuática .....	49
5.4.1.2. Aletas y esqueleto de soporte.....	50
5.4.1.3. Forma corporal .....	52
5.4.1.4. Producción de impulso y dirección .....	53
5.4.1.5. Locomoción basada en elevación.....	53
5.4.1.6. Locomoción basada en el arrastre.....	54
5.4.1.7. Mecanismos de producción de impulso durante el golpe de poder ...	54
5.4.1.8. Dirección.....	56
5.4.1.9. Patrones específicos de nado según especies.....	57
5.4.2. Conducta migratoria de las crías y etapas de vida pelágicas .....	58
5.4.3. Características de nado durante el periodo de frenesí y post-frenesí.....	59
5.5. OBJETIVO PARTICULAR .....	60
5.6. METODOLOGÍA .....	61
5.6.1. Área de estudio.....	61
5.6.2. Diseño experimental .....	64
5.6.3. Desplazamiento en agua .....	65

5.6.4. Análisis estadístico .....	66
5.7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	68
5.7.1. Evaluación preliminar del diseño experimental .....	68
5.7.2. Tiempo de retención y velocidad en agua.....	69
5.7.3. Resultados de la evaluación acuática .....	71
5.7.4. Discusión.....	72
5.8. CONCLUSIÓN.....	77
5.9. LITERATURA CITADA .....	78
6. DISCUSIÓN GENERAL.....	80
7. BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA.....	82

## INDICE DE CUADROS

Número	Descripción	Página
1	Patrones locomotores en <i>Chelonia mydas</i> según Wyneken.	17
2	Número total de nidos y número de crías por tratamiento.	25
3	Tiempos de recorrido registrados en la evaluación terrestre de la evaluación preliminar.	28
4	Nidos y fechas de prueba de evaluación terrestre.	29
5	Tiempo de desplazamiento (en segundos) en arena de crías de tortuga negra en relación al tiempo de retención (0 – 6 horas) (N = 25 crías por tratamiento).	31
6	Resultados del análisis de varianza para la evaluación terrestre.	31
7	Patrones locomotores en <i>Chelonia mydas</i> según Wyneken (Wyneken, 1997).	58
8	Número total de nidos y número de crías por tratamiento	65
9	Tiempos de recorrido registrados en la evaluación acuática de la evaluación preliminar.	69
10	Nidos y fechas de prueba de evaluación acuática	69
11	Tiempo de desplazamiento en arena de crías de tortuga negra en relación al tiempo de retención (0 – 6 horas) (N= 25 crías de tratamiento).	71
12	Resultados de análisis de varianza para la evaluación acuática	71

## INDICE DE FIGURAS

Número	Descripción	Página
1	El gateo de una cría de <i>Caretta</i> es típico de la locomoción de todas las demás crías chelonides. Las extremidades diagonalmente posteriores se mueven juntas. Los trazos fueron hechos de filmaciones de 32 fps (cuadros por segundo).	18
2	Mapa carretero y localización de Colola, respecto a Morelia.	21
3	Imagen satelital de la ubicación del campamento tortuguero y Colola, Michoacán.	23
4	Tendencias de tiempos de desplazamiento terrestre.	32
5	Modelo de la tendecia energética en declive del frenesí hasta la estabilidad metabólica	36
6	Modelo de la tendecia energética estable hasta el final del frenesí	36
7	Comparativa de sistema musculoesqueletico de una tortuga de agua dulce y una tortuga marina.	52
8	Descripción paso a paso del golpe de poder de una cría de <i>Chelonia mydas</i> .	56
9	Mapa carretero y localización de Colola, respecto a Morelia.	61
10	Imagen satelital de la ubicación del campamento tortuguero y Colola, Michoacán.	63
11	Tendencias de tiempos de desplazamiento acuático.	72
12	Modelo de la tendecia energética en declive del frenesí hasta la estabilidad metabólica	76
13	Modelo de la tendecia energética estable hasta el final del frenesí	76

## 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1. Características generales de la tortuga marina

Siete especies de tortugas marinas, representantes de dos familias (*Cheloniidae* y *Dermochelyidae*), son los únicos elementos modernos que sobrevivieron lo que fue un amplio y diverso grupo de tortugas cryptodiras. Estas siete especies son la tortuga caguama (*Caretta caretta*), verde (*Chelonia mydas*), carey (*Eretmochelys imbricata*), lora (*Lepidochelys kempii*), golfina (*Lepidochelys olivecea*), aplanada (*Natator depressus*) y laúd (*Dermochelys coriacea*) (Meylan *et. al.*, 2000).

Meylan *et. al.* (2000) señalan que una octava especie, la tortuga verde o prieta del Pacífico Oriental (*Chelonia agassizii*), es también reconocida por algunos especialistas como una especie independiente. Investigaciones publicadas recientemente sobre su morfología, genética y composición bioquímica exhiben resultados contradictorios, por lo que en el presente estudio se le considera como especie independiente, seriamente amenazada, por lo que se requiere de serias e importantes medidas de protección.

Debido a la naturaleza altamente migratoria de las tortugas marinas, se requiere de cooperación internacional para garantizar su supervivencia. Las ocho especies están incluidas en la lista roja de animales amenazados de la UICN: la lora, carey y la laúd están consideradas en la categoría de *En Peligro Crítico*; la caguama, verde y golfina están listadas como *En Peligro*, y la aplanada se considera *Vulnerable*. Esta clasificación refleja el estado de las especies a nivel mundial, basada en criterios como el tamaño de las poblaciones, tendencias poblacionales, extensión de presencia y la probabilidad de extinción en el medio natural (Meylan *et. al.*, 2000).

Las tres especies de tortugas marinas que anidan en Michoacán se encuentran amenazadas. De acuerdo a la Norma Oficial Mexicana NOM - 059 - SEMARNAT (Diario Oficial 6 de Marzo de 2002) las tres especies se encuentran listadas en la categoría de **peligro de extinción**. Estas especies se encuentran listadas debido a que en diferentes grados sus poblaciones han declinado como resultado del efecto de diversas actividades humanas (Alvarado y Delgado, 2005).

## 1.2. Status de conservación

### 1.2.1. Tendencias poblacionales en Michoacán

Existe una amplia documentación sobre los efectos de la explotación humana sobre las poblaciones de tortuga marina y es claro que en muchos casos la explotación ha sido causa principal del declive y en algunos casos de la extinción de las poblaciones. El indicador mas práctico del estado de conservación que guardan las tortugas marinas es el reflejado por los cambios o tendencias de largo plazo en los tamaños de poblaciones particulares. La cuantificación de las hembras que retornan a las misma playas para reproducirse y/o sus nidos representan la información mas comunmente utilizada en la estimación de las tendencias poblacionales. Debido a las fluctuaciones naturales anuales en el número de hembras anidantes, es necesario la utilización de datos de al menos 10 años para así lograr evaluaciones mas reales de las poblaciones (Alvarado y Delgado, 2005).

Es una práctica común que en los objetivos de proyectos de conservación y los análisis de acciones de conservación se tomen como comparación los niveles de abundancia de las poblaciones al inicio de las actividades o el inicio de la carrera del investigador lo cual se ha denominado síndrome del punto de referencia cambiante (*Shifting Baseline Syndrome*) (Pauly, 1995). Por lo que se sugiere para la evaluación

de las tendencias en las poblaciones de la tortuga marina el uso de referencias confiables en cuanto a abundancias históricas y no a los numeros derivados del síndrome mencionado (Alvarado y Delgado, 2005).

La Unión Internacional para la Conservación (UICN) a establecido diez años o tres generaciones antes del presente, mientras mas largo el periodo mejor, como base de referencia para evaluar tendencias poblacionales para definir el estado de las especies que se incluyen en el Libro Rojo (UICN 2001). Utilizando el caso de la tortuga negra como ejemplo el rango de una generación se estima de 35 a 45 años, por lo que el tiempo de tres generaciones sería de entre 106 y 136 años, por lo tanto, el punto de referencia para comparar los niveles de recuperación de la población de esta especie sería su abundancia entre los años de 1867 a 1897(Alvarado y Delgado, 2005).

#### 1.2.2. Estado de conservación de la tortuga negra

En sus campos de alimentación en la Península de Baja California, la tortuga negra era explotada desde el siglo XIX por barcos balleneros que utilizaban carne de tortuga para sus tripulaciones. Para los inicios del siglo XX ya se había establecido en Baja California una pesquería comercial de tortuga negra cuya carne era enlatada y exportada a Inglaterra, mientras que ejemplares eran exportados a San Francisco, California. Para 1930 la demanda por carne de tortuga disminuyó sensiblemente en el extranjero, pero aumentó en Baja California y Sonora (Alvarado y Delgado, 2005). En la actualidad se estima que aproximadamente 15,000 tortugas negras se capturan anualmente en aguas de Baja California, principalmente para la comercialización de su carne (Alvarado y Delgado, 2005).

La explotación comercial de esta especie, en su área de anidamiento en Michoacán se inició considerablemente mas tarde en las áreas de forrajeo en Baja California. Antes de 1950, las playas de anidamiento se encontraban en estado

prístino ya que la zona estaba poco habitada y era de difícil acceso. Precisamente durante esta década se establecieron los poblados de Maruata y Colola. En 1960 se desarrolló el mercado para la piel, huevos y carne. A principios de la década de 1970 aproximadamente 70,000 huevos se extraían cada noche durante la temporada de anidamiento en Colola y de 10,000 a 20,000 en la playa de Maruata. Esta extracción continuó hasta a principios de las años 1980 cuando se establecieron viveros en las playas para la protección de los nidos. Pero aún en la década de 1970 se capturaban anualmente en Michoacán de 7,000 a 15,000 tortugas negras para la comercialización de su carne y piel (Alvarado y Delgado, 2005).

Utilizando el número de hembras anidadoras en la playa de Colola como indicador del estado de conservación de la tortuga negra en Michoacán, encontramos que en 1981 se registraron 2,011 hembras y en 1982, 1,090 hembras. A partir de este años se registro un declive de población hasta el 2001. En este periodo, el número menor registrado fue de 171 hembras en 1999 y el mayor de 989 en el 2000. en el 2001 se registró un incremento (2,097 hembras), así, el aumento en número de hembras continuó en el 2002 (1,163 hembras) y en 2003 (1,041 hembras). El incremento en hembras anidantes del 2001 al 2003 podría ser el inicio de una etapa de recuperación poblacional sobre todo si se compara con 1981 cuando se inició el proyecto de conservación en Colola. Pero si comparamos los número de los últimos años, con los de mediados de la década de 1960, de aproximadamente 25,000 individuos, la recuperación real esta lejos de alcanzarse (Alvarado y Delgado, 2005).

Como ya se ejemplificaba, el tiempo generacional de tortuga negra se estima entre 35 a 45 años, por lo tanto el de tres generaciones es de 106 a 136 años. De esta manera, el punto de referencia para comparar los niveles de recuperación de la población, como lo sugiere la Union Internacional para la Conservación (UICN, 2001), es la abundancia registrada entre los años 1867 a 1897. Aunque no se cuenta con la información histórica para determinar el tamaño de la población, estimamos

que la población de tortuga negra estaba compuesta por millones de individuos y que la población actual solo representa del 5% al 10% del tamaño real (Alvarado y Delgado, 2005).

Una de las estrategias de conservación recomendadas para la recuperación de las tortugas marinas es la protección de los huevos. Donde existe respeto por las regulaciones de conservación y un adecuado nivel de vigilancia, la protección de los huevos puede lograrse mediante la protección de los nidos *in situ*. Cuando estas condiciones no están presentes o si la depredación humana es significativa, los huevos son reubicados a viveros protegidos, los que generalmente forman parte de las instalaciones de los campamentos tortugueros. El incremento de la población anidadora de tortuga negra en Michoacán es resultado de esta práctica de conservación.

Sin embargo, la manipulación de los nidos y las crías de tortuga marina con propósitos de conservación representa un riesgo potencial en los intentos por lograr la recuperación de las poblaciones. La reubicación de los nidos a corrales protegidos disminuye el avivamiento y emergencia de las crías en comparación con la producción de nidos naturales (*in situ*). Adicionalmente, la reubicación puede también afectar la proporción sexual y la adecuación de las crías (Alvarado y Delgado, 2005).

Una práctica frecuente en algunos campamentos tortugueros es la retención de las crías durante diferentes periodos de tiempo después de su emergencia de los nidos de vivero y antes de su liberación al mar. Al eclosionar, las crías cuentan con una reserva de alimento (vitelo) que utilizan para sus necesidades energéticas durante las primeras 24 horas de vida. Esto les permite alejarse lo más rápidamente posible de la zona de mayor peligro (playa y aguas litorales) hasta llegar a aguas profundas. Entre mas tiempo se retenga a las crías después de la emergencia, mayor proporción de su reserva de energía utilizarán, lo que disminuirá sus posibilidades de sobrevivencia una vez liberadas al mar (Alvarado y Delgado, 2005).

Las crías de tortuga marina emergen por lo general durante la noche, o las primeras horas de la mañana como una respuesta instintiva a evitar depredadores terrestres, aéreos y marinos, y ser un blanco atractivo para los mismos, así como el hecho de evitar la deshidratación con las altas temperaturas de la arena, durante el día. Sin embargo, se pueden observar muchos nidos emergiendo durante el día en los viveros de los campamentos tortugeros. Obedeciendo a la ideología de la conservación y la protección de las especies, se colectan las crías, para su liberación por la tarde o las primeras horas de la noche, aunque en muchos de los campamentos, dicha liberación se puede llevar a cabo, por periodos mayores a 12 horas o hasta días después de haber emergido del nido. Si el periodo de frenesí fisiológico presentado por las crías de tortuga marina, dura aproximadamente 24 horas (Wyneken y Salmon, 1992); una retención de seis horas representa una cuarta parte de dicho periodo el cual presumiblemente es una adaptación de sobrevivencia de las especies de tortuga marina para alcanzar la relativa seguridad de aguas profundas en el menor periodo de tiempo posible donde el número de depredadores marinos es menor.

Por lo tanto, se puede deducir que las crías gastan energía mientras se encuentran en los contenedores de retención durante horas, mientras sucede la liberación. Esta pérdida de energía podría modificar la velocidad de desplazamiento tanto terrestre como acuática de las crías al tratar de dirigirse a mar abierto, volviéndolas más lentas que si fuesen liberadas inmediatamente después de la emergencia. Esta investigación, se dedicó a evaluar los efectos y dar a conocer las consecuencias que pueda tener dicha retención durante las primeras seis horas.

De esta manera y por estas razones, es que se consideran los resultados de vital importancia como una alternativa o recomendación para aquellos campamentos tortugeros en los que las rutinas de manejo puedan afectar la adecuación, no solo de las crías de tortuga negra, sino de todas aquellas especies de tortuga marina que son protegidas mediante la reubicación de sus huevos a viveros protegidos.

## 2. HIPÓTESIS

### Hipótesis nula

La retención no afecta la velocidad de desplazamiento en arena y agua en crías recién emergidas.

### Hipótesis alternativa

A mayor tiempo de retención de las crías recién emergidas; menor será su velocidad de desplazamiento en arena y agua.

Teniendo como antecedente la literatura citada, y con base a la incógnita que nace a partir de tener un mejor manejo en los campamentos tortugeros con el fin de incrementar el índice de sobrevivencia de las crías de tortuga negra, se plantea que la retención después de la emergencia de crías de tortuga negra afecta la velocidad de desplazamiento: a mayores tiempos de retención, decrece la velocidad de desplazamiento, apoyados en lo ya conocido respecto al frenesí; si el periodo de frenesí con el que nacen las crías, dura aproximadamente 24 horas; un periodo de retención de seis horas, representa la cuarta parte de dicho periodo, que potencialmente influye en el desempeño de la velocidad de desplazamiento terrestre y acuática, y de esta manera; directamente sobre la sobrevivencia de las crías.

### 3. OBJETIVOS

#### Objetivo General

- Evaluar el efecto de la retención después de la emergencia de crías de tortuga negra (*Chelonia agassizii*) sobre la velocidad de desplazamiento.

#### Objetivos Particulares

- Evaluar el efecto de la retención después de la emergencia de crías de tortuga negra (*Chelonia agassizii*) sobre la velocidad de desplazamiento en arena.
- Evaluar el efecto de la retención después de la emergencia de crías de tortuga negra (*Chelonia agassizii*) sobre la velocidad de desplazamiento en agua.

## 4. CAPITULO I

### EFFECTO DE LA RETENCIÓN DESPUÉS DE LA EMERGENCIA DE CRÍAS DE TORTUGA NEGRA (*Chelonia agassizii*) SOBRE LA VELOCIDAD DE DESPLAZAMIENTO EN ARENA

#### 4.1. RESUMEN

Cada año miles de crías de tortuga marina emergen de sus nidos por toda la costa del Pacífico, desafortunadamente pocas sobreviven a la etapa adulta. Dentro de las actividades de conservación en los campamentos tortugueros, una de las practicas comunes de protección es la de retener a las crías por periodos que van desde horas hasta días para después liberarlas al mar. No existe información publicada sobre los posibles efectos de la retención post emergencia sobre el desempeño de las crías de tortuga negra (*Chelonia agassizii*) en su desplazamiento al mar y como se relaciona con el frenesí. Considerando la información sobre el periodo de frenesí de las crías de tortuga marina se plantea la hipótesis de que a mayor tiempo de retención de las crías, menor será su velocidad de desplazamiento terrestre.

Esta investigación se realizó en el campamento tortuguero de Colola, Michoacán, del 1º de Febrero al 10 de Febrero de 2006. Las evaluaciones se realizaron después de las 20:00 horas. Se midió la velocidad de desplazamiento de crías de tortuga negra sometidas a diferentes tiempos de retención (tratamientos) después de su emergencia del nido. Se colectaron 35 crías de forma aleatoria de un nido recién emergido. Se escogieron siete sub-muestras de 5 crías cada una. Cada sub-muestra se colocó en un contenedor de plástico de medio litro con perforaciones

de ventilación. Cada sub-muestra correspondió a un tratamiento. En total fueron siete tratamientos: hora 0 ( $H_0$ ), hora 1 ( $H_1$ )... hora 6 ( $H_6$ ). La velocidad de desplazamiento de las crías de cada tratamiento fue evaluada en arena. Las crías de la sub-muestra del tratamiento  $H_0$  (inmediatamente emergiendo del nido) fueron trasladadas al sitio de prueba; un corredor de 10 metros, de tablas de madera traslapadas, con 15 cm de ancho y 20 centímetros de alto para formar las paredes del corredor. El piso del corredor era el sustrato arenoso de la playa. El corredor se ubicó perpendicularmente en dirección al mar (dirección Norte- Sur) aproximadamente a 15 metros de distancia del vivero, tierra adentro donde la superficie arenosa es plana y se evaluaron las cinco crías del tratamiento 0 ( $h_0$ ); se registró el tiempo en que tardaron en recorrer los 10 metros del corredor cada una de las crías. Al final de la prueba las crías fueron liberadas al mar. El mismo procedimiento se siguió con el resto de los tratamientos. Para cada tratamiento se establecieron cinco repeticiones, es decir cinco nidos diferentes para un total de 25 crías por tratamiento. En total se midió la velocidad de desplazamiento de 175 crías (5 crías por tratamiento x 7 tratamientos x 5 repeticiones).

Los tiempos registrados se sometieron a análisis de varianza (ANOVA). No se registraron diferencias estadísticamente significativas entre la velocidad de crías de tortuga negra (*Chelonia agassizii*) recién emergidas y de crías retenidas hasta por seis horas después de la emergencia (ANOVA:  $F = 0.2678$ ,  $P > 0.05$ ). El patrón kinético de desplazamiento observado fue de extremidades diagonalmente opuestas y de retracción.

**CHAPTER I**  
**RETENTION EFFECT AFTER EMERGENCY ON BLACK TURTLE (*Chelonia*  
*agassizii*) HATCHLINGS OVER DISPLACEMENT SPEED IN SAND**

**4.2. ABSTRACT**

Every year thousands of sea turtle hatchlings emerge from their nests all over the Pacific coast, unfortunately a few survive to adulthood the adult stage. A frequent protection practice as part of the conservation activities at the sea turtle camps is the retention of hatchlings for periods ranging from a few hours to days before being released to the sea, losing valuable time to reach the offshore waters and away of the zone with a high predation rate. Little is known about the effects of post emergency retention on the performance of black turtle (*Chelonia agassizii*) hatchlings in their run to the sea, and how it is related with the frenzy period. Considering the existing knowledge of the frenzy period of sea turtle hatchlings, it is hypothesized that the higher the time of retention, the lower the terrestrial speed.

This investigation was carried out at the sea turtle camp in Colola, Michoacán, from February 1<sup>st</sup>, 2006 to February 10<sup>th</sup>, 2006. The evaluations were made after 20:00 hours. The displacement speed of black turtle hatchlings submitted to different retention times (treatments) was measured after emergency from the nest. Thirty-five hatchlings were collected randomly from a nest in emergence. Each sub-sample was put into a half liter plastic container with ventilation holes. Every sub-sample did corresponded to a treatment. There was a total of seven treatments: hour 0 ( $H_0$ ), hour 1 ( $H_1$ )... hour 6 ( $H_6$ ). The hatchlings displacement speed was evaluated on sand. At hour zero (immediately after emerging from the nest) the hatchlings were transported to a corridor with wood walls and a natural sand floor, 10 meters long, with 15

centímetros width and 20 centímetros height. The corridor's floor was the sandy substrate. The corridor was located perpendicular to the coast line (North- South direction) and about 15 meters from the hatchery, where the sand surface was flat and the five hatchlings from treatment 0 ( $h_0$ ) were evaluated; the time that every hatchling took to cover the 10 meters was registered. At the end of the evaluations the hatchlings were released to the sea. The same porceeding was folowed for the remaining treatments. Five replications were established for each treatment; five diferent nests for a total sample of 25 hatchlings for treatment. The displacement speed of 175 hatchlings (5 hatchlings for treatment x 7 treatments x 5 repetitions) was measured.

The registered times were evaluated with an analisis of variance (ANOVA), and there were not significant differences between the average speeds of black turtle (*Chelonia agassizii*) hatchlings released immediately after emerging, and those retained for up to six hours after emergency (ANOVA:  $F = 0.2678$ ,  $P > 0.05$ ). The diagonally opposite limbs movement and retraction movement were the kinetic displacement partterns observed.

### 4.3. INTRODUCCIÓN

Cada año miles de neonatos emergen de sus nidos por toda la costa del Pacífico. Desafortunadamente pocos sobreviven a la etapa adulta; tal vez solamente uno de 1000, o 10,000 neonatos. Existen numerosas amenazas a las tortugas marinas, muchas de ellas causadas por el ser humano (Silman, 2002).

Una de las prácticas comunes de protección en los campamentos tortugueros, es la de retener a las crías de tortuga marina en contenedores, para después ser liberadas. La retención de las crías tiene el fin de recolectar un grupo considerable de crías, el cual se pueda convertir en una defensa contra predadores marinos. Dicha retención puede ser desde unas cuantas horas, hasta días.

Bajo condiciones naturales, los grupos de neonatos entran al mar en puntos al azar a lo largo de la playa de anidación y en tiempos impredecibles. Idealmente, las tortuguitas emergidas en los viveros, deben liberarse en grupos tan pronto como sea posible; aunque las que brotan primero no deberán ser retenidas con el propósito de crear un grupo grande. Para liberarlas en sitios al azar (reduciendo las posibilidades de crear “estaciones de alimentación” de peces), cada liberación deberá ocurrir en puntos ubicados varios cientos de metros alejado de los anteriores. El personal de los viveros debe prever el nacimiento de las crías (considerando que emergen de 45 a 55 días después de la puesta de la nidada) y revisar los nidos a intervalos frecuentes (al menos cada 30 a 60 minutos) durante el periodo de mayor probabilidad de eclosión y emergencia (Mortimer, 2000).

De forma nata, las crías de tortuga marina emergen de sus nidos a muy temprana hora por las tardes o en el transcurso de la noche para evitar depredadores y altas temperaturas por la presencia del sol. Las crías muestran actividad intensa de movimiento de aletas durante las primeras 24 horas después de la emergencia al

parecer como una adaptación instintiva a atravesar lo mas rápido posible la zona litoral de mayor depredación. Durante este tiempo no se alimentan, manteniendo su actividad mediante la energía proveniente del vitelo (Wyneken, 1992).

Poco se sabe respecto a la manera en que la retención post emergencia afecta el desempeño fisiológico de las crías de tortuga negra (*Chelonia agassizii*) en su desplazamiento al mar para alcanzar aguas profundas en donde se encuentren mas seguras y alcancen mantos de sargazo en donde empezar su alimentación. Debido a la carente información de la que se tiene conocimiento o que se ha publicado, no se encontró información directamente relacionada o antecedentes científicos que respalden este capítulo, hecho por el cual se consideran de gran importancia los resultados presentados aquí como medio de información que ayude e influya en el plan de manejo de los campamentos donde se protege a la tortuga marina.

#### 4.4. ANTECEDENTES

Las crías de tortuga negra emergen después de 45 a 55 días de incubación (Alvarado y Delgado, 2005). Al eclosionar rasgan el cascarón con la carúncula que tienen en el pico, para después pasar dos o tres días para que rompan los cascarones, entonces, ya fuera de ellos no paran de moverse y la arena que cubre el nido cae un poco haciendo una especie de amontonamiento y las crías salen aunque no completamente si hay altas temperaturas, optando por quedarse de entre cinco y 10 centímetros abajo, pero si la temperatura es baja (menor de 28° C) salen por completo; cuando están afuera se quedan unos minutos ahí, para orientarse y seguir su camino hacia el mar. Después se alejan con frenesí para evitar depredadores. Se cree que la orientación se da a través de la intensidad de la luz en el horizonte del mar, el sonido del agua y tal vez la pendiente de la playa (Márquez, 1996).

Comenta Mortimer (2000) que los métodos inadecuados de liberación de crías pueden producir grandes tasas de mortalidad. En los lugares en que las crías son colocadas a la misma hora y en el mismo lugar diariamente, se pueden formar “estaciones de alimentación” para peces. Además por la hora en la cual son liberadas (usualmente por la mañana), las crías están exhaustas después de haber pasado una noche bregando infructuosamente en el vivero, en donde la mayoría de ellas han emergido del nido unas cuantas horas después del atardecer. Durante la noche, pueden sucumbir ante los depredadores (los cuales varían desde hormigas y cangrejos hasta pájaros y pequeños mamíferos).

En Sabah (Malasia), muchas crías no presentan la conducta normal de gateo vigoroso después de ser liberadas de los contenedores de retención, y para el momento en que entran al mar, han presumiblemente consumido importantes reservas de energía necesarias para su frenesí natatorio y migración mar dentro (Pilcher y Enderby, 2001).

Wyneken (1997), describe detalladamente la fisiología y mecánica del desplazamiento de la tortuga marina en arena; características morfológicas que se relacionan con la forma en que los chelonios se desplazan; patrones de desplazamiento generales y específicos de la especie, y diferentes tipos de desplazamiento característicos monitoreados por la autora. Se considera importante la revisión de dicha literatura como apoyo para entender la importancia del desplazamiento terrestre de la tortuga marina, y específicamente de la tortuga negra, con el fin de poder reconocer diferentes patrones de movimiento si es que los tiempos de retención a los que fueron sometidas las crías afectan la fisiología de arrastre de las crías.

#### 4.4.1. Locomoción Terrestre de la Tortuga Marina: Mecanismos, Conducta y Energía

Las tortugas marinas descienden funcional y morfológicamente de otros linajes de quelonios. Su forma de locomoción y adaptaciones locomotoras, quizá más que otras características, hacen a las tortugas marinas únicas. Tallas grandes en adultos, falanges hipertrofiadas, patrones locomotores distintivos, niveles relativamente altos de energía, y su cercanamente total estilo de vida acuático, son todas desviaciones del énfasis histórico de este grupo vertebrado morfológicamente conservador. Consecuentemente, las tortugas marinas han atraído la atención de investigadores que describen, listan o han investigado las adaptaciones que las tortugas marinas poseen para su estilo de vida marino. En general la locomoción de tortugas marinas tiene características únicas cuando se comparan con otros vertebrados. Debido a su rígido carapacho, toda la propulsión debe venir de las extremidades. Durante la locomoción terrestre, las cuatro extremidades son usadas para generar impulso en todas las especies de tortugas. Sin embargo, los detalles de

la locomoción terrestre de las tortugas marinas lo hacen distintivo (Wyneken, 1997) (Cuadro 1).

Cuadro 1. Patrones locomotores en *Chelonia mydas* (Wyneken, 1997).

Especie	Locomoción terrestre de la cría	Nado de la cría	Locomoción terrestre del adulto	Nado del adulto
<i>Chelonia mydas</i>	Extremidades diagonalmente opuestas se mueven juntas	Batido simultáneo de las aletas delanteras; nado de perrito (extremidades diagonalmente opuestas se mueven juntas); patada trasera de aletas (batido simultáneo de las aletas traseras)	Movimiento simultáneo de las aletas delanteras y traseras	Batido simultáneo de las aletas delanteras; sin impulso de las aletas traseras.

#### 4.4.1.1. Locomoción terrestre

La mayoría de las crías (con excepción de *Dermochelys*) se arrastran con movimientos sincrónicos de las extremidades situadas diagonalmente (ej. izquierda anterior- derecha posterior). Conforme las tortugas incrementan su masa, su locomoción se torna taxonómicamente clasificable. *Caretta*, *Eretmochelys*, y *Lepidochelys* se arrastran usando un andar similar a aquel usado como crías. *Chelonia*, *Dermochelys* y *Natator* extienden y después retraen, las cuatro extremidades simultáneamente mientras se arrastran (un movimiento de retracción) (Wyneken, 1997).

#### 4.4.1.2. Locomoción de las crías – Patrones cuadrúpedos

##### 4.4.1.2.1. El patrón *Chelonia*

Wyneken describe de la siguiente forma como las crías de *Chelonidae* se arrastran extendiendo y retrayendo extremidades diagonalmente opuestas. El impulso es producido cuando la superficie palmar de la aleta anterior, los bordes anatómicos anteriores de la aleta frontal, y las superficies plantares de las aletas posteriores, transfieren fuerza al suelo (Wyneken, 1997) (Figura 1).

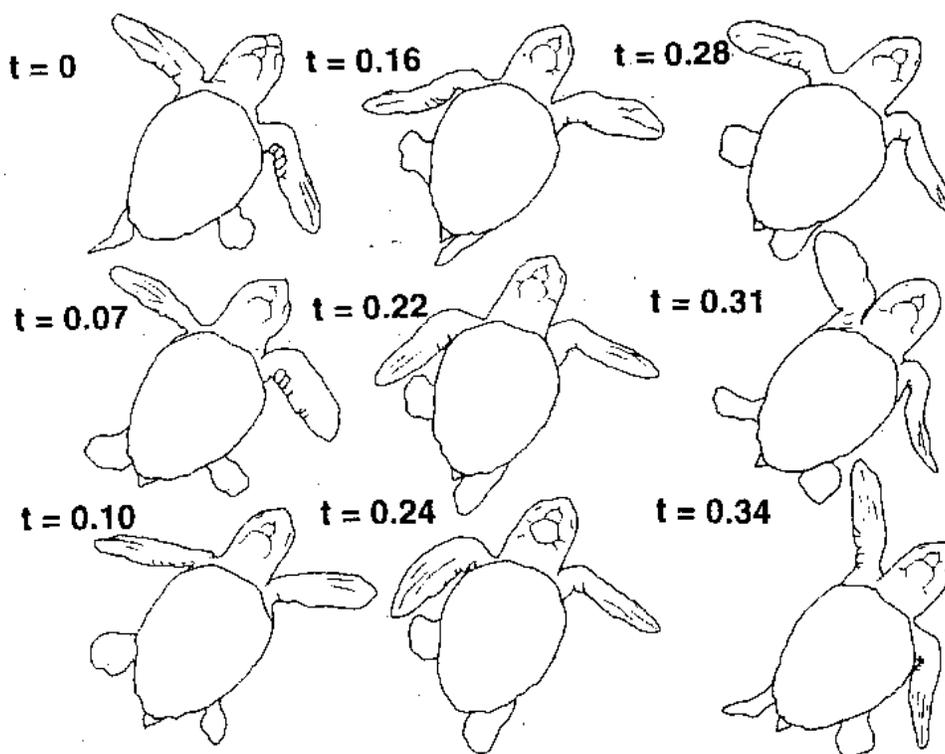


Figura 1. El gateo de una cría de *Caretta* es típico de la locomoción de todas las demás crías chelonides. Las extremidades diagonalmente posteriores se mueven juntas. Los trazos fueron hechos de filmaciones de 32 fps (cuadros por segundo) (Wyneken, 1997)

#### 4.4.1.2.2. *Chelonia*

Las hembras adultas de tortuga verde típicamente vienen a la costa solo a desovar, mientras que los machos se mantienen permanentemente acuáticos. Sin embargo, en localidades aisladas, tales como las remotas islas hawaiianas del noroeste (U.S.) las tortugas de ambos sexos (adultos tanto como tortugas inmaduras) salen a la playa para asolearse en playas oceánicas. A lo largo de la costa de Carolina del Norte (E.E.U.U.), *C. mydas* y *L. kempfi* juveniles han sido observadas arrastrándose en tierra, presumiblemente para descansar (Wyneken, 1997).

#### 4.4.1.3. Orientación de las crías

Por otra parte, la orientación de las crías de tortuga marina es una robusta conducta que se presta para la evaluación experimental. Capitalizando la alta propensión de las crías de moverse a la dirección mas brillante, Nicholas Mrosovsky y colegas condujeron numerosos estudios para desarrollar un modelo que describiera como las crías usan pistas para orientarse (Mrosovsky y Kingsmill, 1985). La percepción del brillo depende directamente de la longitud de onda de la misma y la intensidad. Experimentos han mostrado que independientemente de la intensidad, la luz de longitud de onda corta (cercana al ultravioleta, azul y verde) es mas atractiva a las crías que las longitudes de onda largas (amarilla, roja) (Witherington y Bjorndal, 1991).

#### 4.5. OBJETIVO

- Evaluar el efecto de la retención después de la emergencia de crías de tortuga negra (*Chelonia agassizii*) sobre la velocidad de desplazamiento en arena.

## 4.6. METODOLOGÍA

### 4.6.1. Área de estudio

El presente trabajo se realizó en la localidad de Colola, municipio de Aquila, Michoacán, ubicada en el kilómetro 160, aproximadamente, de la carretera federal costera que corre en dirección noroeste del puerto de la ciudad de Lázaro Cárdenas, Michoacán al puerto de Manzanillo, en el estado de Colima. Colola se ubica entre las bahías de Maruata y Faro de Bucerías (Figura 2). En este lugar, se encuentra el campamento y reserva ecológica de Tortuga Marina, a cargo del Grupo Tortuguero de Colola, asesorado por la Facultad de Biología, de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.



Figura 2. Mapa carretero y localización de Colola, respecto a Morelia

Geográfica y climáticamente Colola, se encuentra entre las coordenadas de longitud 103°24'23", y latitud 18°17'47", perteneciente a la comunidad indígena de Coire, ubicada entre los 18°18' longitud, y 103°26' latitud, con una altitud sobre el nivel del mar, en el municipio de Aquila, que es el tercero mas grande en el estado de Michoacán de Ocampo. El municipio cuenta con una extensión de 253,000 hectáreas de montañas, sierra y planicies costeras, en donde se encuentran grandes áreas de bosques tropicales. Además de pequeñas lagunas y ríos (INEGI, 2000).

Colola es una playa abierta y desprotegida de 4.8 Kms. de longitud y de una anchura promedio de 150 mts. La plataforma arenosa carece de vegetación, a excepción de pequeños manchones de pastos salinos (*Distichlis spicata*) y de *Ipomea pes-caprae*. Un denso matorral compuesto por *Prosopis juliflora*, *Gliricidea sepium*, *Phitosellobium lanceolatum* y *Solanum* se encuentra en el límite de la playa lejano al mar. La playa corre en dirección Este- Oeste, presentando un afloramiento rocoso como límite en su extremo Oeste. El poblado de Colola se encuentra en el extremo Este de la playa. La arena de Colola es relativamente gruesa (la moda del tamaño del grano es de 0.5 mm) y entre los minerales mas abundantes que la forman se encuentran la biotita, magnetita y zircón (Delgado y Alvarado, 1997) (Figura 3).



Figura 3. Imagen satelital de la ubicación del campamento tortuguero y Colola, Michoacán

La Sierra Madre del Sur conforma las características del área, con grandes montañas de 2000 a 3000 metros de altura y colinas que descienden hasta el mar, por lo que no existen planicies costeras de gran extensión. Su clima es cálido tropical con una temperatura promedio anual de 26°C.; las lluvias se presentan entre los

meses de Junio a Octubre, siendo Septiembre el mes mas lluvioso. La precipitación pluvial promedio anual que se presenta es de 894 mm. Con un clima así, el tipo de vegetación dominante presente, es de bosque tropical deciduo (árboles a los que se les caen la hojas), y en áreas de mayor humedad, el bosque tropical subdeciduo.

Colola cuenta con una población de 481 habitantes (INEGI, 2000), los cuales cuentan con un grado promedio de escolaridad de 6° año de primaria. Los habitantes del Colola, se desempeñan en actividades propias del campo, como la agricultura principalmente, y en segundo lugar de importancia la ganadería, además de atender actividades económicas propias del turismo y la pesca en las cercanas bahías de Maruata y Faro de Bucerías. Y gracias a la reserva ecológica de Tortuga Marina, se unen los lazos de la comunidad, durante la temporada de desove, de las tres diferentes especies de tortuga marina que arriban a esta playa, para compartir el trabajo y la responsabilidad que ello conlleva.

#### **4.6.2. Diseño experimental**

Se midió la velocidad de desplazamiento de crías de tortuga negra sometidas a diferentes tiempos de retención (tratamientos) después de su emergencia del nido. En total fueron siete tratamientos: hora 0 ( $H_0$ ), hora 1 ( $H_1$ ), hora 2 ( $H_2$ ),...hora 6 ( $H_6$ ). La velocidad de desplazamiento de las crías de cada tratamiento fue evaluada en arena. Se colectaron 35 crías de forma aleatoria de un nido recién emergido. De este grupo se escogieron aleatoriamente siete sub-muestras de 5 crías cada una. Cada sub-muestra se colocó en un contenedor de plástico de medio litro con perforaciones de ventilación. Cada sub-muestra correspondió a un tratamiento. Las crías de la sub-muestra del tratamiento  $H_0$  fueron inmediatamente trasladadas al sitio de prueba (corredor de arena). Una a la vez, las crías se liberaron (en el corredor de arena) registrando el tiempo de inicio y termino de la prueba mediante un cronómetro digital.

Al final de la prueba las crías fueron liberadas al mar. El mismo procedimiento se siguió con el resto de los tratamientos. Para cada tratamiento se establecieron cinco repeticiones, es decir cinco nidos diferentes para un total de 25 crías por tratamiento. En total se midió la velocidad de desplazamiento de 175 crías (5 crías por tratamiento x 7 tratamientos x 5 repeticiones) (Cuadro 2).

Cuadro 2. Número total de nidos y número de crías por tratamiento

Nidos y tratamientos según horas.										Total
N <sub>1</sub> (35 crías)		N <sub>2</sub> (35 crías)		N <sub>3</sub> (35 crías)		N <sub>4</sub> (35 crías)		N <sub>5</sub> (35 crías)		5 nidos
T <sub>0</sub>	5 crías	T <sub>0</sub>	5 crías	T <sub>0</sub>	5 crías	T <sub>0</sub>	5 crías	T <sub>0</sub>	5 crías	25 crías
T <sub>1</sub>	5 crías	T <sub>1</sub>	5 crías	T <sub>1</sub>	5 crías	T <sub>1</sub>	5 crías	T <sub>1</sub>	5 crías	25 crías
T <sub>2</sub>	5 crías	T <sub>2</sub>	5 crías	T <sub>2</sub>	5 crías	T <sub>2</sub>	5 crías	T <sub>2</sub>	5 crías	25 crías
T <sub>3</sub>	5 crías	T <sub>3</sub>	5 crías	T <sub>3</sub>	5 crías	T <sub>3</sub>	5 crías	T <sub>3</sub>	5 crías	25 crías
T <sub>4</sub>	5 crías	T <sub>4</sub>	5 crías	T <sub>4</sub>	5 crías	T <sub>4</sub>	5 crías	T <sub>4</sub>	5 crías	25 crías
T <sub>5</sub>	5 crías	T <sub>5</sub>	5 crías	T <sub>5</sub>	5 crías	T <sub>5</sub>	5 crías	T <sub>5</sub>	5 crías	25 crías
T <sub>6</sub>	5 crías	T <sub>6</sub>	5 crías	T <sub>6</sub>	5 crías	T <sub>6</sub>	5 crías	T <sub>6</sub>	5 crías	25 crías
Total	35 crías	Total	35 crías	Total	35 crías	Total	35 crías	Total	35 crías	175 crías

#### 4.6.3. Desplazamiento en arena

A la hora cero (inmediatamente eclosionado el nido), se transportaron las crías del tratamiento 0 (H<sub>0</sub>) a el sitio de pruebas de desplazamiento en arena. Sobre la arena se colocaron tablas de madera vertical y longitudinalmente traslapadas, a lo largo de 10 metros, con 15 cm de ancho y 20 centímetros de alto para formar las

paredes del corredor. El piso del corredor era el sustrato arenoso de la playa. El corredor se ubicó perpendicularmente en dirección al mar (dirección Norte- Sur) aproximadamente a 15 metros de distancia del vivero, tierra adentro donde la superficie arenosa es plana. Se encendió una lámpara de 8 LED's blancos en el extremo Sur del corredor, buscando la mayor luminosidad para atraer a las crías debido a que las crías responden mejor a longitudes de onda corta cercana al ultravioleta, azul y verde (Mrosovsky y Kingsmill, 1985). Se registraron los tiempos de recorrido de 10 metros de cada cría, de cada tratamiento, de cada una de las repeticiones.

Antes de definir el protocolo experimental, se realizó una salida de campo preliminar para evaluar la eficiencia del mismo y afinar o modificar métodos en caso que fuera necesario.

#### **4.6.4. Análisis estadístico**

Sugieren Pilcher y Enderby (2001), en un estudio hecho en crías de tortuga verde sobre la velocidad de desplazamiento en agua bajo condiciones controladas de temperatura, luminosidad y velocidad de corriente en laboratorio, se evalúen los resultados de los diferentes tratamientos  $H_0 - H_6$  mediante la aplicación de un tratamiento estadístico, el cual involucra la prueba de análisis de varianza de una vía (ANOVA), para mostrar las diferencias significativas en el promedio de la velocidad de desplazamiento entre grupos. Los mismos autores sugieren la prueba múltiple de comparación de medias de Tukey, para determinar las diferencias reales entre cada tratamiento  $H_n$  si es que se presentan. Con la prueba múltiple de comparación de medias de Tukey se protegen las pruebas de significancia para las combinaciones de todos los pares, y los intervalos de LSD (least significance difference ó diferencia

mínima significativa) se tornan mas grandes que los de la prueba comparativa de Student.

Se usó el programa estadístico JMP versión 5.0.1. para el análisis estadístico de las muestras de la evaluación terrestre.

## 4.7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.7.1. Evaluación preliminar del diseño experimental

Se efectuó una salida de campo del 27 de Noviembre al 1º de Diciembre del 2005, con el fin de evaluar el diseño del experimento, y localizar las posibles fallas que el mismo pudiera presentar.

El 30 de Noviembre a las 8:00 p.m. se alinearon cuatro tablas vertical y longitudinalmente, y cuatro mas en paralelo, a 20 centímetros de separación, para construir un corredor de 5 metros de largo, donde se llevó a cabo la evaluación terrestre. Se instaló la fuente de luz artificial. Todo esto se ubicó perpendicularmente a la línea costera.

A las 12: 43 a.m. se recibió el primer nido de vivero con 15 crías en emergencia continua. Se les marcó individualmente: número de identificación de cría y número de identificación de tratamiento al cual pertenecían. Se corrió la evaluación, registrando cada uno de los tiempos (Cuadro 3).

Cuadro 3. Tiempos de recorrido registrados en la evaluación terrestre de la evaluación preliminar

Tiempos de recorrido			
Id/Trat	Trat 0	Trat 1	Trat 2
Cría 1	58" 50	1' 46" 77	2' 47" 88
Cría 2	1' 31" 82	1' 31" 06	2' 27" 67
Cría 3	1' 03" 88	2' 05" 03	2' 13" 43
Cría 4	1' 13" 69	2' 13" 51	2' 00" 37
Cría 5	1' 00" 07	1' 28" 59	2' 24" 88

Los efectos en los tiempos de retención sobre la velocidad de desplazamiento fueron notables, y cabe aclarar que las crías se mostraban desorientadas con las paredes del corredor conforme avanzaba el tiempo del tratamiento, es decir: dos crías de segundo tratamiento y una del tercero se confundían ya en el desplazamiento con las paredes del corredor; trataban de desplazarse contra ellas, hasta que encontraban la fuente de luz y tomaban de nueva cuenta su dirección original, sin embargo, se decidió no hacer cambios en el diseño del experimento, pues solo fueron 3 crías de una muestra de 25, lo que representaba el 12% de la muestra.

Los resultados de estas evaluaciones no se sometieron al análisis de varianza (ANOVA), ni a la prueba de comparación de medias de Tukey, por considerar que la muestra es muy pequeña y estos tratamientos no serían los definitivos.

#### 4.7.2. Tiempo de retención y velocidad en arena

Se efectuó la salida de campo cuyas muestras serían las definitivas, del 1º de Febrero al 10 de Febrero de 2006. Las pruebas en arena se realizaron entre el 3 de Febrero y el 9 de Febrero de 2006 (n= 5 nidos) (Cuadro 4).

Cuadro 4. Nidos y fechas de prueba de evaluación terrestre

Número de nido	Fecha
1	3 de Febrero de 2006
2	5 de Febrero de 2006
3 y 4	7 de Febrero de 2006
5	9 de Febrero de 2006

Se evaluaron un total de cinco nidos de *Ch. agassizii*. De cada nido se usaron 35 crías, por lo que para la evaluación terrestre se contó con una muestra de 175 crías (35 crías x 5 nidos).

Cada nido de la prueba se subdividió en 7 tratamientos ( $h_0 - h_6$ ); a cada tratamiento se le designaron 5 muestras (crías), por lo que para cada tratamiento se tuvieron un total de 25 muestras o crías.

El total de los registros de tiempos de todos los nidos se sometió a evaluación; análisis de varianza (ANOVA), para determinar las diferencias significativas entre tratamientos, y la prueba múltiple de comparación de medias de Tukey para determinar las diferencias reales entre cada grupo de los 7 tratamientos registrados si es que se presentaban dichas diferencias (Pilcher y Enderby 2001).

### 4.7.3. Resultados de la evaluación terrestre

Las crías que no fueron retenidas ( $t_0$ ) mostraron el menor tiempo promedio de desplazamiento (mayor velocidad), mientras que las crías con el mayor tiempo de retención ( $t_6$ ) mostraron el tiempo promedio mayor de desplazamiento (menor velocidad). En general se detecta una tendencia en los valores promedios, mínimos y máximos de tiempo de desplazamiento con valores mayores a medida que se incrementa el tiempo de retención. Sin embargo, estadísticamente no se registró una diferencia significativa entre los tiempos de desplazamiento (ANOVA:  $F = 0.2678$ ,  $P > 0.05$ ) (Cuadros 5 y 6 ; Figura 4).

Cuadro 5. Tiempo de desplazamiento (en segundos) en arena de crías de tortuga negra en relación al tiempo de retención (0 – 6 horas) (N = 25 crías por tratamiento)

Trat por Hora	Media	Error Estándar	Tiempo Mínimo	Tiempo Máximo
Trat 0	126.817	9.2959	56.67	254.83
Trat 1	138.983	9.2959	67.13	243.09
Trat 2	150.012	9.2959	65.3	237.71
Trat 3	153.826	9.2959	75.88	241.13
Trat 4	140.594	9.2959	69.56	220.78
Trat 5	138.327	9.2959	59.77	197.65
Trat 6	157.001	9.2959	85.55	306

Cuadro 6. Resultados del análisis de varianza para la evaluación terrestre

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Ratio	Prob > F
Trat/ Hr	6	16626.82	2771.14	1.2827	0.2678
Error	168	362936.85	2160.34		
C. Total	174	379563.67			

### Tiempos de desplazamiento en arena

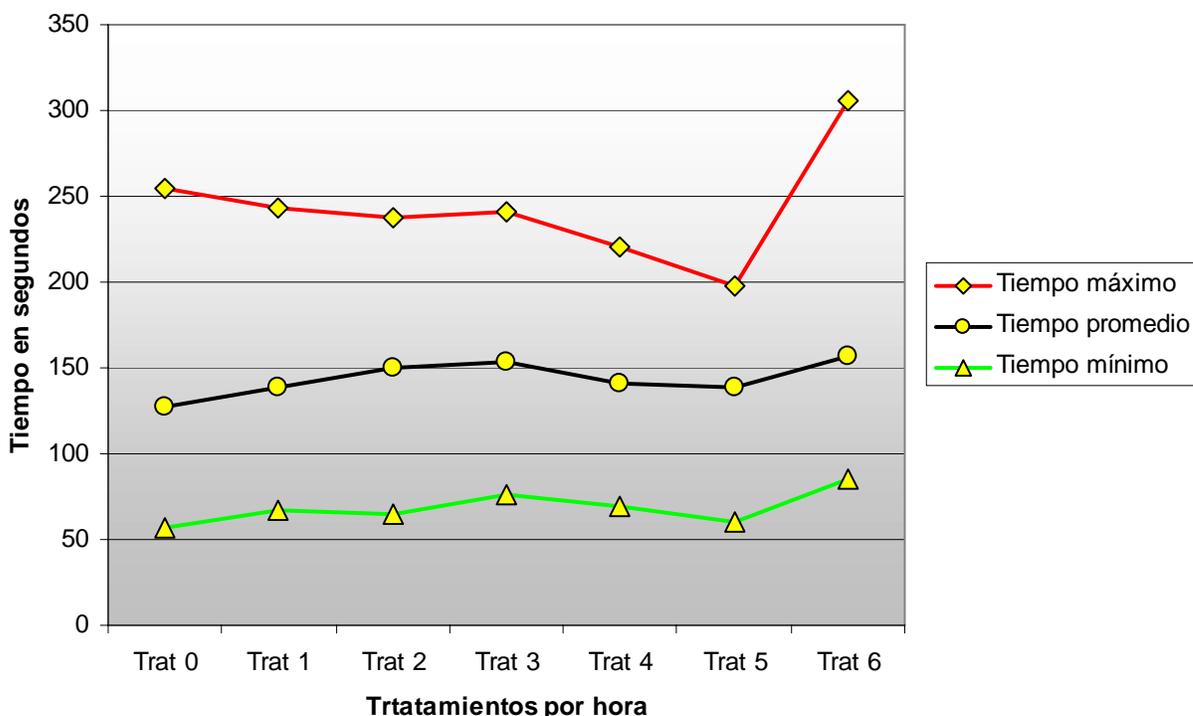


Figura 4. Tendencias de tiempos de desplazamiento terrestre

#### 4.7.4. Discusión

Los resultados de este experimento indican que no existió diferencia significativa entre liberar crías de tortuga negra recién emergidas, o liberarlas seis horas después de haber emergido, debido a que el desempeño promedio en la velocidad de desplazamiento terrestre no fue significativamente afectado.

El patrón de locomoción terrestre que se presentó en las crías de *Chelonia agassizii* fue un movimiento de extremidades diagonalmente opuesto y de retracción (Wyneken, 1997), donde la superficie palmar de la aleta transfiere energía al suelo con un movimiento de enganche a la superficie. Esporádicamente se presentó un desplazamiento sincrónico de extremidades anteriores y posteriores, y solo para empezar el gateo.

Pocas crías tuvieron problemas para orientarse, y no se considera que la luz fue el problema; una vez que las crías ubicaron la fuente de luz, la siguieron sin mayor problema, sin embargo, de realizarse otro experimento en el futuro el cual involucre una fuente de luz artificial, se recomienda se pinten las paredes del corredor con pintura negra terminado mate (y se deje secar el tiempo necesario para asegurar que el olor y sabor de la pintura no afecte a las crías) que evite el reflejo de la luz en la superficie de las paredes del corredor y pueda desorientar a las crías, con el objetivo de observar si la eficiencia de orientación y desplazamiento aumenta.

Las crías de cada nido usado en este experimento fueron divididas en grupos de cinco individuos, de acuerdo al tratamiento al que correspondían ( $T_0$ -  $T_6$ ). Las crías se mostraron relajadas durante el transcurso de las seis horas del experimento. Probablemente la disponibilidad de espacio durante el periodo de espera a su prueba, no demandó gasto energético, lo cual se reflejó en tiempos de desplazamiento con buen rendimiento.

Todas las crías fueron evaluadas aproximadamente de las 8 p.m. a las 6 a.m. Durante este tiempo las condiciones medio ambientales son menos demandantes que durante el día. La temperatura es menor por la noche, por lo que no se presentan las mismas condiciones de estrés calórico y deshidratación que si la retención hubiera sucedido durante las primeras horas de luz natural. Por otra parte, las primeras horas de luz diurna pueden influenciar a las crías y contribuir al movimiento mientras sucede la retención, y afectar la velocidad de desplazamiento.

Generalmente las crías que emergen de vivero son colectadas en recipientes de retención; se colectan nidos de 1 a 3 horas antes de hacer cada liberación nocturna, lo que lleva a recolectar hasta 350 crías, las cuales se encuentran en hacinamiento y como reflejo, en movimiento constante, el cual probablemente afecta el desempeño de desplazamiento de las crías. Se recomienda llevar a cabo este experimento en el futuro, con la variante de mantener a las crías en hacinamiento con mas nidos en un recipiente que presente un hacinamiento relativo a los recipientes de retención, para encontrar si de esta manera se presentan diferencias significativas en la velocidad de desplazamiento, y si esto sucede, mantener en lo futuro a las crías de vivero en recipientes mas amplios que les permitan evitar estrés por hacinamiento.

Por otro lado, se ha reportado que durante las primeras 24 horas después de su emergencia la crías de tortuga marina presentan una tasa metabólica alta que se traduce en un rápido desplazamiento en la arena de la playa y en el agua (periodo de frenesi) como respuesta adaptativa a la alta frecuencia de depredación de las crías en la playa y las aguas litorales (Lohmann, 1997). Durante este periodo las crías no se alimentan y sus necesidades energéticas son sostenidas por los nutrientes del vitelo (Lohmann, 1997). Con base en esta información sugiero dos escenarios posibles en cuanto a la energía de la cría durante el periodo de frenesí. Un primer modelo, sería que la energía inicial de las crías al momento de la emergencia iría disminuyendo durante el periodo de frenesí hasta alcanzar el umbral metabólico "normal" que mantendrán mediante el inicio de la alimentación en aguas profundas (Figura 5). Un segundo modelo posible sería que el nivel energético de las crías se mantuviera estable durante el periodo de frenesí hasta que al final de las 24 horas se alcanzaría el umbral energético que se mantendría al iniciar las actividades de alimentación (Figura 6). A mi entender no ha existido una evaluación de estos modelos en las investigaciones publicadas. Al inicio de mi estudio solo considere el primer escenario, por lo que esperaba que las diferencias en los niveles de energía

entre crías recién emergidas y retenidas por hasta seis horas se manifestarían en diferentes niveles de velocidad de desplazamiento. Sin embargo, mis resultados sugieren la posibilidad de que las crías de *Chelonia agassizii* se comporten de acuerdo al escenario planteado en el segundo modelo.

### Tendencia del Frenesí

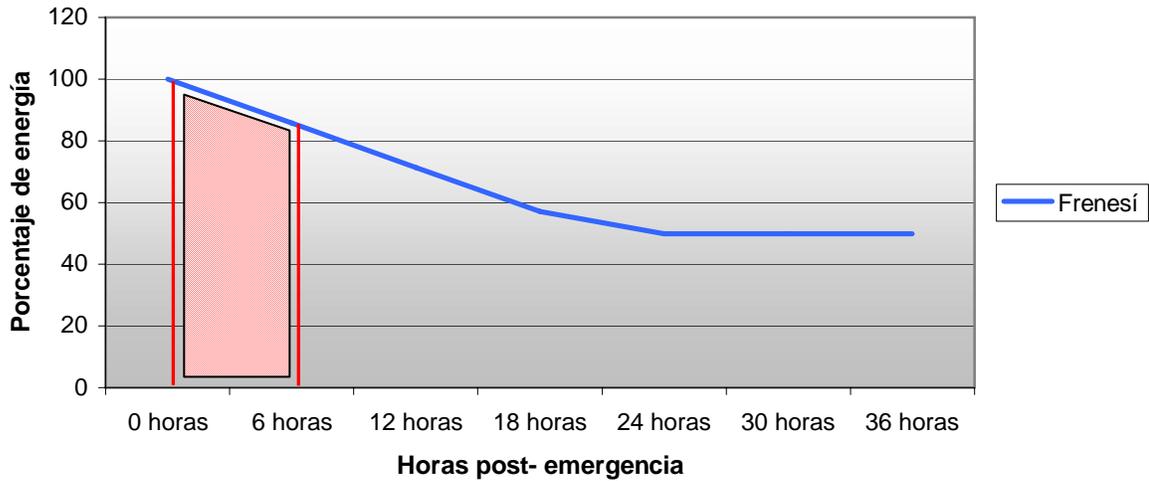


Figura 5. Modelo de la tendecia energética en declive del frenesí hasta la estabilidad metabólica

### Tendencia del Frenesí

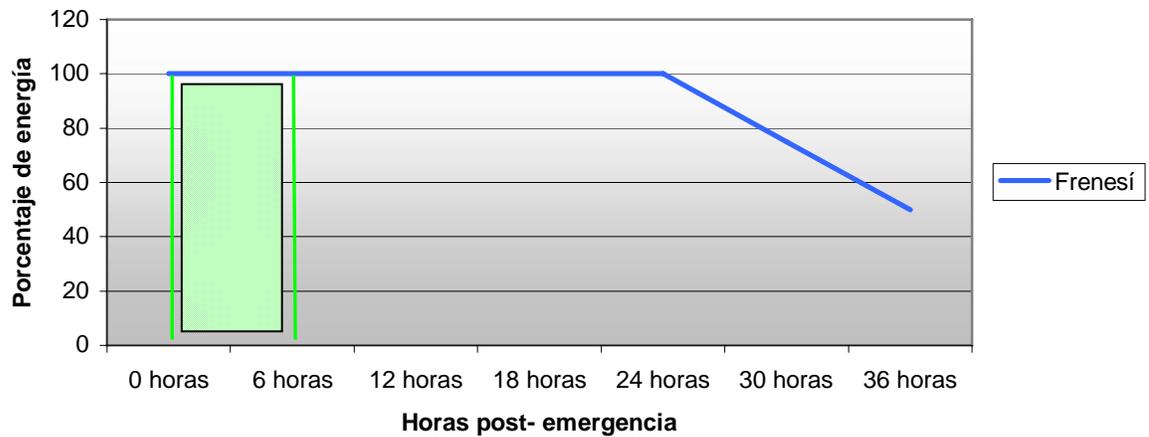


Figura 6. Modelo de la tendecia energética estable hasta el final del frenesí

#### 4.8. CONCLUSIÓN

- No existió diferencia estadística significativa en la velocidad de desplazamiento terrestre de crías de tortuga negra retenidas hasta por seis horas.
- El patrón de locomoción terrestre fue el movimiento de extremidades diagonalmente opuestas de acuerdo a lo observado.

#### 4.9. LITERATURA CITADA

Alvarado, D. J. y C. Delgado T. 2005. "Tortugas Marinas de Michoacán: Historia Natural y Conservación". 1ª Edición. Comisión del Pesca del Estado de Michoacán - Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.

Delgado, T. C. y J. Alvarado, D. 1997. "Las tortugas Marinas de la Costa de Michoacán, México. Técnicas de conservación y Manejo". SEDESOL - Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán, México.

Instituto Nacional de Geografía e Informática (INEGI), 2000. XII Censo General de Población y Vivienda, Michoacán.

Lohmann, K.J., y B.E. Witherington, et al. 1997. "Orientation, Navigation, and Natal Beach Homing in Sea Turtles". Lutz, P. L. y J. A. Musick, The Biology of the Sea Turtles. Vol I. III Series: Marine Science Series. CRC Press. p.p. 108 – 130.

Márquez, R. 1996. "Las Tortugas Marinas y Nuestro Tiempo". No. 144. Fondo de Cultura Económica. México.

Mortimer, J.A. 2000. "Reducción de las amenazas a los huevos y a las crías: Los viveros". Técnicas de Investigación y Manejo para la Conservación de las Tortugas Marinas. K.L. Eckert, K.A. Bjorndal, F.A. Abreu-Grobois, M. Donnelly (Editores), UICN/CSE Grupo de Especialistas en Tortugas Marinas. Publicación No. 4. 2000 (Traducción al español). p.p. 199 – 203.

Msorovsky, N. y Kingsmill, S. F. 1985. "How turtles find the sea". Zeitschrift fuer Tierpsychologie. Vol 67. p.p. 237 – 258.

Pilcher, N.J. y S. Enderby. 2001. "Effects of prolonged retention in hatcheries on green turtle (*Chelonia mydas*) hatchling swimming speed and survival". Journal of Herpetology Vol 35(4): p.p. 633 – 638.

Silman, R., Vargas, I. y Troëng, S. 2002. "Tortugas Marinas; Guía Educativa". Caribbean Conservation Corporation. 2ª Edición en Español. p.p. 7- 8.

Witherington, B.E. y K.A. Bjorndal, 1991. "Influences of wavelenght and intensity of hatchling sea turtle phototaxis: implications for sea finding behavior". Copeia 1991. p.p. 1060 – 1069.

Wyneken, J. 1997. "Sea Turtle Locomotion: Mechanisms, Behavior and Energetics". Lutz, P. L. y J. Musick, A. The Biology of the Sea Turtles. Vol I. III Series: Marine Science Series. CRC Press. p.p. 166 – 193.

Wyneken, J. y M. Salmon. 1992. "Frenzy and post frenzy swimming activity in loggerhead, green and leatherback hatchling sea turtles". Copeia 2:448- 484.

## 5. CAPITULO II

### EFECTO DE LA RETENCIÓN DESPUÉS DE LA EMERGENCIA DE CRÍAS DE TORTUGA NEGRA (*Chelonia agassizii*) SOBRE LA VELOCIDAD DE DESPLAZAMIENTO EN AGUA

#### 5.1. RESUMEN

A lo largo del tiempo, la actividad humana desarrollada en la costa o en el mar ha influido de forma directa o indirecta sobre las poblaciones de tortuga negra, debido a la demanda por productos que satisfagan necesidades básicas humanas. Las tres especies de tortugas marinas que anidan en Michoacán se encuentran amenazadas, la tortuga negra (*Chelonia agassizii*) de acuerdo a la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT (Diario Oficial 6 de Marzo 2002), se encuentra listada en la categoría de peligro de extinción. Como resultado de el estado de conservación de la tortuga negra y demás especies que anidan en las playas de Michoacán y México, desde hace varias décadas se han establecido campamentos tortugueros en las playas de anidación, cuyo propósito es cuidar a las especies de tortuga marina. Desde el momento en que las tortugas desovan en la arena durante la noche, los huevos son reubicados a viveros donde son sembrados y cuidados. Después de un periodo de incubación, cuando emergen las crías son retenidas por periodos de tiempo, que van desde horas hasta días para después ser liberadas al mar.

Poco se sabe respecto a la manera en que la retención post emergencia afecta el desempeño fisiológico de las crías de tortuga negra (*Chelonia agassizii*) en su desplazamiento al mar y como se relaciona con el frenesí. Con base en lo anterior, se cree que la práctica de la retención afectan la sobrevivencia de las crías

y nace la hipótesis de que a mayor tiempo de retención de las crías, menor será su velocidad de desplazamiento acuático.

Esta investigación se realizó en el campamento tortuguero de Colola, Michoacán, del 1º de Febrero al 10 de Febrero de 2006. Las evaluaciones se realizaron después de las 20:00 horas. Se midió la velocidad de desplazamiento de crías de tortuga negra sometidas a diferentes tiempos de retención (tratamientos) después de su emergencia del nido. Se colectaron 35 crías de forma aleatoria de un nido recién emergido. Se escogieron siete sub-muestras de 5 crías cada una. Cada sub-muestra se colocó en un contenedor de plástico de medio litro con perforaciones de ventilación. Cada sub-muestra correspondió a un tratamiento. En total fueron siete tratamientos: hora 0 ( $H_0$ ), hora 1 ( $H_1$ )... hora 6 ( $H_6$ ). La velocidad de desplazamiento de las crías de cada tratamiento fue evaluada en agua. Las crías de la sub-muestra del tratamiento  $H_0$  (inmediatamente emergiendo del nido) fueron trasladadas al sitio de prueba; un canal de PVC de 15 cms de diámetro y 10 mts de largo llenado con 80 litros de agua de mar, ubicado en la playa, perpendicular a la línea costera y se evaluaron las cinco crías del tratamiento 0 ( $h_0$ ); se registró el tiempo en que tardaron en nadar los 10 metros del canal cada una de las crías. Al final de la prueba las crías fueron liberadas al mar. El mismo procedimiento se siguió con el resto de los tratamientos. Para cada tratamiento se establecieron cinco repeticiones, es decir cinco nidos diferentes para un total de 25 crías por tratamiento. En total se midió la velocidad de desplazamiento de 175 crías (5 crías por tratamiento x 7 tratamientos x 5 repeticiones).

Los tiempos registrados se sometieron a análisis de varianza (ANOVA), no presentando diferencias estadísticamente significativas entre liberar crías de tortuga negra (*Chelonia agassizii*) recién emergidas o liberarlas seis horas después de la emergencia, dado que la velocidad promedio de desplazamiento no fue afectada (ANOVA:  $F = 0.8003$ ,  $P > 0.05$ ).

El patrón kinético de nado observado fue basado en el golpe de poder para recorrer distancia lineal, y locomoción basada en el arrastre con movimientos diagonales de extremidades para recuperar dirección de nado, sin buceos.

La respuesta de las crías a la luz blanca fue muy buena, presentándose desorientación casi nula.

## CHAPTER II

### RETENTION EFFECT AFTER EMERGENCY ON BLACK TURTLE (*Chelonia agassizii*) HATCHLINGS OVER DISPLACEMENT SPEED IN WATER

#### 5.2. ABSTRACT

Along time, the human activity developed at the coast or at sea have influenced in a direct or indirect way over black turtle populations, due the demand for products that satisfies the human basic needs. The three species of sea turtles that nest in Michoacán are endangered, the black turtle (*Chelonia agassizii*) according to the Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT (Diario Oficial 6 de Marzo 2002), it's listed in the category in danger of extinction. As a result of the black turtle conservation state and other species that nest in the beaches of Michoacan and México, since many decades ago sea turtle camps have been established at the nesting beaches, whose purpose is to take care of the sea turtle species. Since the moment that the sea turtles spawn in the sand during night, the eggs are relocated to hatcheries where are sowed and taked in care. After an incubation period, when hatchlings emerged are retained for time periods, that goes from hours to days to then release them to the sea.

A little is known about the way that post emergency retention affects the black turtle (*Chelonia agassizii*) hatchlings' physiological performance on its displacement to the sea and how it is related with the frenzy. With the support of what is been said, it is believed that this practices affects the hatchlings' survival and it comes the hypothesis that the more hatchlings retention time, the less acuatic displacement speed they will have.

This investigation was carried out at the sea turtle camp in Colola, Michoacán, from February 1<sup>st</sup>, 2006 to February 10<sup>th</sup>, 2006. The evaluations were done after

20:00 hours. The black turtles hatchlings' displacement speed was measured submitted to different retention times (treatments) after its emergence from nest. Thirty-five hatchlings were collected in a random way from a just emerged nest. Seven sub-samples with five hatchlings each one. Every sub-sample was put into a plastic half liter container with ventilation holes. Every sub-sample did correspond to a treatment. In total there were seven treatments: hour 0 ( $H_0$ ), hour 1 ( $H_1$ )... hour 6 ( $H_6$ ). The hatchlings displacement speed from every treatment was evaluated in water. At hour zero (immediately after emerging from the nest) the hatchlings were transported to a 15 cms diameter PVC water channel with 10 meters long filled with 80 liters of sea water, perpendicular to the coast line and the five hatchlings from treatment 0 ( $h_0$ ) were evaluated; the time that every hatchling took to swim the 10 meters was registered. At the end of the evaluations the hatchlings were released to the sea. The same proceeding was followed with the rest of the treatments. Five repetitions were established for each treatment; five different nests for a total sample of 25 hatchlings for treatment. One hundred and seventy five hatchlings' displacement speed was measured (5 hatchlings for treatment x 7 treatments x 5 repetitions).

The registered times were submitted to an analysis of variance (ANOVA), non presenting differences statistically significative between releasing black turtle (*Chelonia agassizii*) hatchlings recently emerged or release them six hours after the emergency, because the average displacement speed was not affected (ANOVA:  $F = 0.8003$ ,  $P > 0.05$ ).

The power stroke movement was the kinetic pattern observed to swim lineal distance, and drag based locomotion was the pattern observed to recover swim direction, without divings

The hatchlings' response to the white light was pretty good, presenting almost nule disorientation.

### 5.3. INTRODUCCIÓN

A lo largo del tiempo, la actividad humana desarrollada en la costa o en el mar ha influido de forma directa o indirecta sobre las poblaciones de tortuga negra, debido a la demanda por productos que satisfagan necesidades básicas humanas, productos como la carne y huevo para el consumo humano, el aceite como lubricante e ingrediente de otros subproductos, y el caparazón para su uso en la fabricación de piezas de joyería.

Las tres especies de tortugas marinas que anidan en Michoacán se encuentran amenazadas. De acuerdo al listado de UICN (siglas en inglés de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza), la tortuga negra (*Chelonia agassizii*) se considera como especie en peligro (World Conservation Union, 2001). De acuerdo a la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT (Diario Oficial 6 de Marzo 2002), se encuentra listada en la categoría de peligro de extinción (Alvarado y Delgado, 2005).

Como resultado de el estado de conservación de la tortuga negra y demás especies que anidan en las playas de Michoacán y México, desde hace varias décadas se han establecido campamentos tortugueros en las playas de anidación, cuyo propósito es cuidar de la mejor manera las especies de tortuga marina. Desde el momento en que las tortugas desovan en la arena durante la noche, los huevos son reubicados a viveros donde son sembrados y cuidados. Después de un periodo de incubación, cuando emergen las crías son retenidas por periodos de tiempo, que van desde horas hasta días para después ser liberadas al mar.

Poco se sabe respecto a la manera en que la retención post emergencia afecta el desempeño fisiológico de las crías de tortuga negra (*Chelonia agassizii*) en su desplazamiento al mar para alcanzar aguas profundas en donde se encuentren mas seguras y alcancen mantos de sargazo en donde empezar su alimentación. La

información publicada respecto a la relación entre la retención a la que son sometidas las crías de tortuga marina y el desempeño de la velocidad de desplazamiento acuático es escasa, debido a esto se encontraron pocos antecedentes que respalden este capítulo, hecho por el cual se consideran de gran importancia los resultados presentados aquí como medio de información que ayude e influya en el plan de manejo de los campamentos donde se protege a la tortuga marina, así como contraste y apoyo de las investigaciones ya realizadas.

#### 5.4. ANTECEDENTES

Como parte de el diseño experimental que se seguirá, se revisó literatura que apoye el mismo y que sirva de investigación de respaldo.

Raymond (1984), en su trabajo sobre desorientación de crías de tortuga marina y luz artificial en la playa de Florida, demostró que las crías siguen la luz blanca que fue instalada por la compañía de luz a lo largo de las carreteras y en las playas. Al mismo tiempo que la luz de las casas cercanas las atrae, por lo que muchas de las crías que son atraídas por la luz cruzan las carreteras y son aplastadas por vehiculos. Raymond esta convencido de que la luz es importante para las crías porque esta es la que las guía al mar.

Salmon y Wyneken (1987), realizaron un estudio de orientación y conducta en crías de *Caretta caretta* durante su migración mar adentro. Ellos realizaron diferentes pruebas y determinaron que es importante que las cría sigan la luz mas brillante en el horizonte para poder orientarse y llegar al mar.

En Tortuguero, Costa Rica, Mrosovsky y Carr (1967), realizaron estudios con tres tipos diferentes de luz (rojo, azul y verde), obteniendo que las crías de tortuga verde (*Chelonia mydas*) prefieren la luz azul y verde. Dichos experimentos se realizaron tanto en condiciones naturales como de laboratorio.

Se sabe que la luz mas brillante que se encuentra en el horizonte al momento de emerger las crías es importante para poder orientarse al mar. Determinándose que la luz blanca es las que presenta mayor influencia en las crías.

Wyneken (1997), realizó una investigación sobre la fisiología y morfología de desplazamiento acuático donde describe de manera detalla el desempeño hidrodinámico de la tortuga marina; patrones de desplazamiento generales y característicos de las especies. Es importante conocer y entender los patrones de

conducta de desplazamiento como apoyo para poder reconocer los patrones de movimiento y sus cambios si es que los tiempos de retención a los que fueron sometidas las crías afectan la fisiología de desplazamiento acuático de las crías.

#### 5.4.1. Locomoción Acuática de la Tortuga Marina: Mecanismos, Conducta y Energía

Las tortugas marinas descienden funcional y morfológicamente de otros linajes de quelonios. Su forma de locomoción y sus adaptaciones locomotoras, quizá más que otras características, hacen a las tortugas marinas únicas de otros quelonios. Tallas grandes en adultos, falanges hipertrofiadas, patrones locomotores distintivos, niveles relativamente altos de energía, y su cercanamente total estilo de vida acuático, son todas desviaciones del énfasis histórico de este grupo vertebrado morfológicamente conservado. Consecuentemente, las tortugas marinas han atraído la atención de varios autores que describen, listan o han investigado las adaptaciones que las tortugas marinas poseen para su estilo de vida marino (Wyneken, 1997).

En general la locomoción de tortugas marinas tiene características únicas cuando se comparan con otros vertebrados. Debido a su rígido carapacho, toda la propulsión debe venir de las extremidades. Mientras todas las tortugas terrestres y de agua dulce (con la excepción de *Carettochelys*) utilizan movimientos alternos diagonales de las extremidades, las tortugas marinas utilizan ambas extremidades, simultáneamente barren a través del agua durante el nado. Este movimiento de nado es descrito técnicamente como un andar asimétrico (debido a que las extremidades frontales se mueven simultáneamente como un par, en lugar de actuar la extremidad anterior y posterior como par) el término es contraintuitivo cuando se describe la locomoción de la tortuga marina. Así, el patrón de locomoción más común usado por

las tortugas marinas es el golpe de poder, en el cual los miembros anteriores son barridos a través del agua simultáneamente, como alas. Cuando cubren distancias varias veces mayores al largo de su cuerpo, todas las tortugas marinas utilizan el golpe de poder que produce impulso. Durante su ortogenia pos- cría, las tortugas marinas quelonidas emplean un nado de perrito (andar simétrico) en el cual las extremidades opuestas se mueven juntas para producir impulso. De manera similar, las consecutivas migraciones mas allá de la costa, crías y post crías primordialmente dependen de la patada trasera de aleta mientras residen en el ambiente pelágico. En contraste, los dermochelidos utilizan el golpe de poder casi exclusivamente y no experimentan cambios ontogénicos en locomoción (Wyneken,1997).

Tres grandes temas dominan cualquier consideración de la locomoción de las tortugas marinas. Primero, los quelonios experimentan cambios ontogénicos en su forma predominante de producción de impulso. Estos cambios están íntimamente ligados a cambios conductuales y ecológicos. Bajo la mayoría de las circunstancias, las articulaciones anteriores tiene la responsabilidad primaria de la producción del impulso. Eventualmente, las 4 extremidades trabajan para generar impulso durante algunas fases de la vida en tortugas marinas jóvenes. Segundo, durante la locomoción terrestre, las cuatro extremidades son usadas para generar impulso en todas las especies de tortugas. Sin embargo, los detalles de la locomoción terrestre de las tortugas marinas lo hacen distintivo. Tercero, la conducta migratoria domina la vida de la tortuga marina. Adaptaciones morfológicas, conductuales y fisiológicas son claramente relacionadas al movimiento eficiente y que cubre grandes distancias a través del agua (particularmente durante la migración) (Wyneken,1997).

#### 5.4.1.1. Locomoción acuática

Wyneken (1997) explica que la diversidad adaptativa y estructural existe entre las especies de tortuga marina junto con considerable conservadurismo.

Específicamente, la forma del cuerpo y las extremidades, esta modificada, de la forma básica del cuerpo de la tortuga. La forma corporal de la tortuga marina esta caracterizada, por la reducción de los elementos axiales esqueléticos e incrementados en el carapacho y el plastrón, una pesada cabeza sin un cuello retractil, y mínimas cervicales, (puches) inguinales y axiales. Las extremidades pectorales están modificadas en aletas- alares frontales, y las aletas traseras se volvieron remos. Funcionalmente, las tortugas marinas han explotado un sistema mecánico de propulsión el cual no es utilizado por otros grupos de tortugas. Para la mayoría de sus actividades natatorias, las tortugas *chelonidae* y *dermochelonidae* usan un amplio mecanismo de levantamiento para la producción del impulso. Las aletas sirven como alas (o propulsores) tanto como palas. Dos sistemas de arrastre (drag): pataleo de perrito y patada trasera de aleta, están también en el repertorio de las crías y patrones motores de los chelonios juveniles. Sin embargo, estos están reservados para actividades, más que para cubrir grandes distancias de forma rápida y eficiente (Wyneken,1997).

La forma corporal de las tortugas marinas es altamente hidrodinámica cuando se compara con las tortugas semiacuáticas y las de agua dulce. La hidrodinámica contribuye a la eficiencia en el nado minimizando el arrastre (la resistencia al movimiento en el agua) (Wyneken,1997).

#### 5.4.1.2. Aletas y esqueleto de soporte

Las aletas elongadas son típicamente de vertebrados acuáticos secundarios que se propulsionan así mismos con apéndices secundarios (ej. Focas, pingüinos, tortugas marinas y plesiosaurios). La modificación del apéndice pectoral a una aleta con un típico pie, a una aleta alongada y rígida es, quizá, la más impresionante especialización de la tortuga marina. El radio y la ulna están funcionalmente fusionados por grueso tejido conectivo. Los dígitos están elongados y rígidos por

capas de tejido conectivo fibroso cubierto por una piel escamosa. El precoracoides del aparato pectoral, localizado profundamente en los músculos pectorales y supracoracoideos, está ampliamente expandido para acomodar la proporcionalmente grande masa muscular que retrae, abduce y rota la aleta (Wyneken,1997).

Las aletas traseras no están elongadas ni particularmente rígidas. El músculo interdigital y el tejido conectivo, tanto como el tejido conectivo superimpuesto, hacen que la aleta trasera parezca un remo o paleta, aunque funciona tanto como remo en la producción de impulso como un timón o elevador en el direccionamiento (Wyneken,1997).

Walker (1979) hizo comparaciones cualitativas entre los componentes esqueléticos de las extremidades de las tortugas marinas y las tortugas de agua dulce. El sistema músculo esquelético ha sido descrito en detalle por varios investigadores. La orientación de los elementos esqueléticos en las extremidades delanteras y traseras de una tortuga laúd al arrastrarse fue descrito por extrapolación de radiografías superpuestas de extremidades preservadas (Wyneken,1997) (Figura 7).

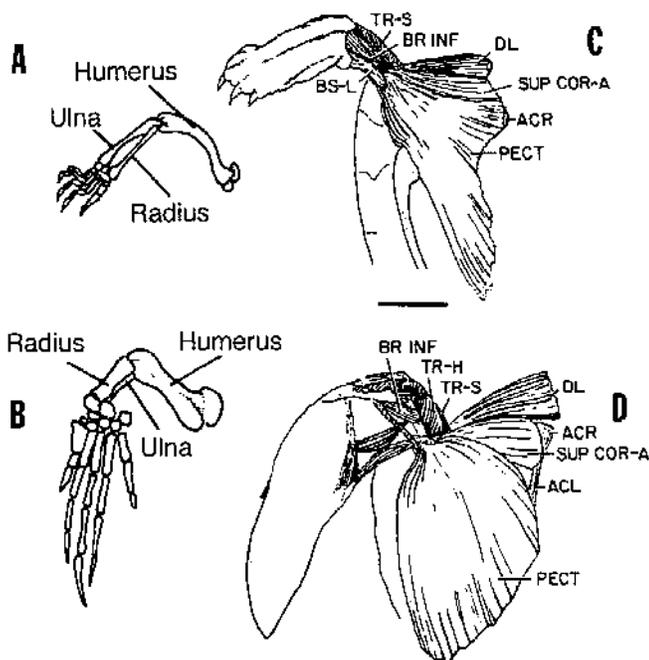


Figura 7. Comparativa de sistema musculoesqueletico de una tortuga de agua dulce y una tortuga marina

#### 5.4.1.3. Forma corporal

Aleyev (1977) en Wyneken, describe las características hidrodinámicas del carapacho en tortugas marinas sub adultas. Sin embargo, debido a que analizó las conchas por separado (después de la remoción de aletas y cabeza), solo una limitada caracterización de la aerodinámica fue posible. Wyneken y Wyneken y La Barbera examinaron características de reducción de arrastre del cuerpo usando crías muertas sin aletas frontales (productoras del impulso). Ellos mostraron que la cría de *Chelonia mydas*, *Caretta caretta* y *Dermochelys coriacea* alcanzaban la reducción de arrastre debido a la hidrodinámica de su forma corporal, una baja fricción dérmica relativa, y la posibilidad de ajustar una actitud al nado. Logan y Morreale midieron C.

*caretta*, *Chelonia midas* y *L. kempfi* juveniles y calcularon el arrastre basados en el número de Reynolds. Determinaron que el arrastre era menor en estos animales y que la carga del carapacho con epibiontes (común en juveniles), incrementaban el arrastre así como el gasto de energía en largas migraciones (Wyneken,1997).

#### 5.4.1.4. Producción de impulso y dirección

Wyneken describe los diferentes tipos de locomoción marina de la siguiente forma; las tortugas marinas nadan vigorosamente usando sus extremidades delanteras para producir impulso. El barrido sincrónico de las aletas provoca que el cuerpo axial se endurezca de manera que funciona cíclicamente a través de ángulos positivos y negativos de ataque (pero no alcanza el punto de alto total). Durante el nado normal todas las especies evitan parar (Wyneken,1997).

#### 5.4.1.5. Locomoción basada en elevación

Los mecanismos de producción de impulso por elevación son aquellos en los que el aparato locomotor actúa como un ala para producir fuerzas de propulsión. La orientación de la sección del ala con respecto al fluido define esta acción. A bajos ángulos de ataque produce elevación que puede servir como impulso; a mayores ángulos puede producir el alto repentino, invirtiendo la propulsión generando alto arrastre. Debido a que las fuerzas elevación son producidos perpendicularmente al fluido local, y a pesar de la orientación del ala respecto a la gravedad, puede servir como impulso (Wyneken,1997).

#### 5.4.1.6. Locomoción basada en el arrastre

Los vertebrados que generan impulso por remado o paleado usan formas de locomoción basadas en el arrastre. La extremidad actúa como una pala con el filo perpendicular a la línea de movimiento hacia el agua. Por ejemplo, cuando una tortuga de agua dulce nada, las extremidades retráctiles encuentran resistencia (arrastre) mientras empujan contra el agua. El cuerpo se mueve hacia delante relativamente al paleado. La “cuchilla” se retrae durante el golpe de recuperación (protracción) para minimizar la formación de fuerzas de arrastre contraproducentes (Wyneken, 1997).

El arrastre produce impulso durante (a) patada trasera de aleta, (b) parte de la fase de la retracción de la extremidad, y (c) mucho, si no toda la patada de perrito. Durante sus primeros días en el agua (el periodo de frenesí de nado cuando las crías nadan hiperactivamente para distanciarse a si mismas de la orilla), la patada de perrito es usada alternativamente con el golpe de poder basado en la elevación. Cuando las crías están respirando usan el golpe de patada de perrito para elevar el cuerpo anterior y continuar haciendo progreso hacia delante con la cabeza extendida por sobre la superficie del agua. Continuo al periodo de frenesí de nado, las crías chelonidas de tortuga marina cambian su modo dominante de locomoción del golpe de poder al de patada trasera basada en el arrastre y la patada de perrito. La patada trasera de aleta consiste en paleado o remado involucrando las aletas traseras por si solas; las aletas delanteras (las cuales no juegan ningún rol en la producción de impulso) son dobladas y plegadas sobre el carapacho (Wyneken, 1997).

#### 5.4.1.7. Mecanismos de producción de impulso durante el golpe de poder

La forma predominante en que las tortugas marinas nadan es barriendo las aletas anteriores duramente hacia arriba y hacia abajo como un par. Este

movimiento, nombrado golpe de poder (powerstroking) en la mayoría de la literatura contemporánea, también le ha sido asignado muchos otros términos, algunos más complicados que otros. El golpe de poder es un andar tan altamente eficiente que produce propulsión durante todas las fases del golpe (de arriba hacia fuera, y luego de abajo hacia dentro). Durante el golpe de poder, las extremidades traseras usualmente no contribuyen a la producción de impulso. Ocasionalmente, algunas crías coordinan una ligera retracción simultánea de las aletas traseras con el movimiento hacia abajo- hacia dentro de las aletas delanteras, y sin duda alguna ganan un poco de impulso de este movimiento (Wyneken,1997).

Walter y Mordvinov, ambos analizaron los mecanismos de golpe de poder, y ambos cometieron errores fundamentales en la identificación de el modelo mecánico apropiado por confundir alas (con una propulsión basada en la elevación) con palas (con una propulsión basada en el arrastre). Midiaron las fuerzas del golpe de poder juvenil de tortugas verdes que fueron rígidamente estudiadas en el lugar. Sus datos mostraron impulso delantero durante toda la retracción (el golpe hacia abajo) sobre todo, menos el fin de la protracción (cuando el impulso hacia atrás fue registrado). Wyneken (1997) usó análisis kinemáticos de nado libre de crías de *Caretta* y *Chelonia* y encontró que el golpe de poder consiste tanto en componentes seriales basados en la elevación y el arrastre. Sus datos mostraron un pequeño impulso delantero durante la primera parte de la protracción, pero al final de la protracción, el impulso hacia delante fue producido mientras el filo de la aleta rotaba hacia extensión anteriomedial. El impulso hacia delante de la elevación también fue producido durante la primera mitad de la retracción (cuando el filo gira y empieza el barrido ventral). Durante la segunda mitad de la retracción, el impulso es producido por la aleta que actúa como un remo (propulsión basada en el arrastre). El análisis kinemático de Wyneken sugiere que ningún impulso es producido durante la protracción temprana y el animal es llevado hacia delante en un momento dado (Wyneken,1997).

En resumen, Davenport y colaboradores, y Wyneken llegaron a ligeras diferencias acerca de la naturaleza mecánica de golpe de poder. Sin embargo, tanto las técnicas como las etapas ontogénicas estudiadas difieren substancialmente; así las diferencias no son de sorprender (Davenport en Wyneken,1997) (Figura 8).

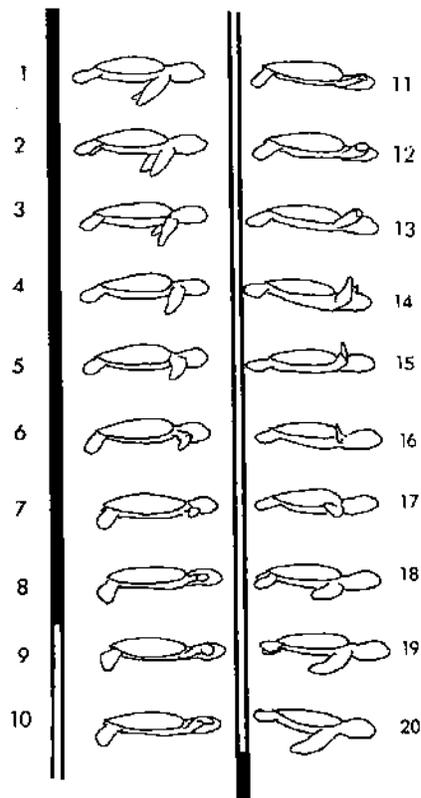


Figura 8. Descripción paso a paso del golpe de poder de una cría de *Chelonia mydas*

#### 5.4.1.8. Dirección

Los giros pueden ser acompañados tanto por movimientos solos de las extremidades delanteras, o por movimientos combinados de las extremidades delanteras con la acción de timón de las extremidades traseras. Asincronía fue

notada en los movimientos de las extremidades delanteras derecha e izquierda durante los giros en tortugas laúd. La duración de los movimientos de “batido” de las extremidades se vuelven cortos en el lado hacia el cual la tortuga gira (Wyneken,1997).

#### 5.4.1.9. Patrones específicos de nado según especies

Wyneken hace diferencias entre especies; La forma del golpe de poder es superficialmente similar en tortugas marinas chelonidas y dermochelonidas, pero difieren en los detalles de los ciclos de la extremidad. En chelonias (*Caretta* y *Chelonia*) el golpe de poder involucra protracción simultánea (barrido anterior) de las extremidades delanteras durante el cual se mueven de una posición ventromedial hacia un arco lateral, y después anteriormente. Los filos de las aletas terminan en una posición anterodorsal (el golpe hacia arriba). Las extremidades delanteras rotan entonces, de manera que el borde pre-axial encara ventralmente, antes de que la retracción empiece. Durante la retracción, las extremidades delanteras barren ventralmente hacia un arco anterodorsal a posterventral, produciendo un golpe hacia abajo (Wyneken,1997) (Cuadro 7).

Cuadro 7. Patrones locomotores en *Chelonia mydas* según Wyneken (Wyneken, 1997)

Especie	Locomoción terrestre de la cría	Nado de la cría	Locomoción terrestre del adulto	Nado del adulto
<i>Chelonia mydas</i>	Extremidades diagonalmente opuestas se mueven juntas	Batido simultáneo de las aletas delanteras; nado de perrito (extremidades diagonalmente opuestas se mueven juntas); patada trasera de aletas (batido simultáneo de las aletas traseras)	Movimiento simultáneo de las aletas delanteras y traseras	Batido simultáneo de las aletas delanteras; sin impulso de las aletas traseras.

#### 5.4.2. Conducta migratoria de las crías y etapas de vida pelágicas

Las crías de tortuga marina experimentan remarcables migraciones de largas distancias en las cuales frecuentemente nadan docenas de kilómetros para alcanzar las áreas de crianza en alta mar. La migración de las crías es llevada a cabo durante el frenesí del nado y el periodo post-frenesí (Wyneken,1997).

Muchos estudios muestran que las crías de tortuga marina característicamente experimentan un periodo de actividad de nado hiperactiva mientras entran al mar por primera vez. Wyneken y Salmon estudiaron los patrones durante el frenesí de nado y el post-frenesí sometiendo las crías a sensores de actividad. El estudio mostró que la cría de caguama, laúd y tortuga verde nadaron continuamente durante su primera noche y día; el nado continuo típicamente terminó (termino el periodo de frenesí en algún punto durante su segunda noche en el agua (Wyneken,1997).

#### 5.4.3. Características de nado durante el periodo de frenesí y post-frenesí

Wyneken encuentra diferencias características de nado durante el periodo de frenesí y las describe así; durante la parte temprana del frenesí, la cría de caguama y tortuga verde interrumpió el golpe de poder por el nado de perrito, cuando alcanzaban la superficie para respirar (Wyneken,1997).

Crías de nado libre que fueron seguidas a mar abierto en bote o con snorkel típicamente nadaron en, o cerca de la superficie de agua. Las crías chelonides ocasionalmente bucearon y nadaron en profundidades de 3 a 4 m, y mas típicamente, nadaron dentro del límite de 1 m de agua (Wyneken,1997).

Las velocidades promedio de nado para las crías durante su frenesí (después de la corrección para las corrientes de agua locales) fueron *Dermochelys*, 0.91 Km./h; *Caretta*, 1.28 Km./h; y *Chelonia*, 1.57 Km./h. Estas velocidades para tortuga verde y caguama fueron similares a aquellas reportadas antes para las chelonides de nado libre (*Chelonia*, 1.56 km/h, *Caretta*, 1.26 Km./h). También son similares a la velocidad pico encontradas por Witherington para las crías de caguama que arrastraban pequeños flotadores (1.31 Km./h), pero mayores que las velocidades típicas (0.83 a 0.89 Km./h) observó que en diferentes sitios, algunos con horizontes naturales y otros con altos niveles de fotopolución. En un estudio subsecuente, 15 crías que arrastraban flotadores alcanzaron altas velocidades (media = 3.76 Km./h , S.E.= 0.49). Sin embargo, no es claro si estos datos fueron corregidos por los efectos de las corrientes (Wyneken,1997).

### 5.5. OBJETIVO PARTICULAR

- Evaluar el efecto de la retención después de la emergencia de crías de tortuga negra (*Chelonia agassizii*) sobre la velocidad de desplazamiento en agua.

## 5.6. METODOLOGÍA

### 5.6.1. Área de estudio

El presente trabajo se realizó en la localidad de Colola, municipio de Aquila, Michoacán, ubicada en el kilómetro 160, aproximadamente, de la carretera federal costera que corre en dirección noroeste del puerto de la ciudad de Lázaro Cárdenas, Michoacán al puerto de Manzanillo, en el estado de Colima. Colola se ubica entre las bahías de Maruata y Faro de Bucerías (Figura 9). En este lugar, se encuentra el campamento y reserva ecológica de Tortuga Marina, a cargo del Grupo Tortuguero de Colola, asesorado por la Facultad de Biología, de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.



Figura 9. Mapa carretero y localización de Colola, respecto a Morelia

Geográfica y climáticamente Colola, se encuentra entre las coordenadas de longitud 103°24'23", y latitud 18°17'47", perteneciente a la comunidad indígena de Coire, ubicada entre los 18°18' longitud, y 103°26 latitud, con una altitud sobre el nivel del mar, en el municipio de Aquila, que es el tercero mas grande en el estado de Michoacán de Ocampo. El municipio cuenta con una extensión de 253,000 hectáreas de montañas, sierra y planicies costeras, en donde se encuentran grandes áreas de bosques tropicales. Además de pequeñas lagunas y ríos (INEGI, 2000).

Colola es una playa abierta y desprotegida de 4.8 Kms. de longitud y de una anchura promedio de 150 mts. La plataforma arenosa carece de vegetación, a excepción de pequeños manchones de pastos salinos (*Distichlis spicata*) y de *Ipomea pes-caprae*. Un denso matorral compuesto por *Prosopis juliflora*, *Glirisidea sepium*, *Phitosellobium lanceolatum* y *Solanum* se encuentra en el límite de la playa lejano al mar. La playa corre en dirección Este- Oeste, presentando un afloramiento rocoso como límite en su extremo Oeste. El poblado de Colola se encuentra en el extremo Este de la playa. La arena de Colola es relativamente gruesa (la moda del tamaño del grano es de 0.5 mm) y entre los minerales mas abundantes que la forman se encuentran la biotita, magnetita y zircón (Delgado y Alvarado, 1997) (Figura 10).



Figura 10. Imagen satelital de la ubicación del campamento tortuguero y Colola, Michoacán

La Sierra Madre del Sur conforma las características del área, con grandes montañas de 2000 a 3000 metros de altura y colinas que descienden hasta el mar, por lo que no existen planicies costeras de gran extensión. Su clima es cálido tropical con una temperatura promedio anual de 26°C.; las lluvias se presentan entre los

meses de Junio a Octubre, siendo Septiembre el mes mas lluvioso. La precipitación pluvial promedio anual que se presenta es de 894 mm. Con un clima así, el tipo de vegetación dominante presente, es de bosque tropical deciduo (árboles a los que se les caen la hojas), y en áreas de mayor humedad, el bosque tropical subdeciduo.

Colola cuenta con una población de 481 habitantes (INEGI, 2000), los cuales cuentan con un grado promedio de escolaridad de 6° año de primaria. Los habitantes del Colola, se desempeñan en actividades propias del campo, como la agricultura principalmente, y en segundo lugar de importancia la ganadería, además de atender actividades económicas propias del turismo y la pesca en las cercanas bahías de Maruata y Faro de Bucerías. Y gracias a la reserva ecológica de Tortuga Marina, se unen los lazos de la comunidad, durante la temporada de desove, de las tres diferentes especies de tortuga marina que arriban a esta playa, para compartir el trabajo y la responsabilidad que ello conlleva.

### 5.6.2. Diseño experimental

Se midió la velocidad de desplazamiento de crías de tortuga negra sometidas a diferentes tiempos de retención (tratamientos) después de su emergencia del nido. En total fueron siete tratamientos: hora 0 ( $H_0$ ), hora 1 ( $H_1$ ), hora 2 ( $H_2$ ),...hora 6 ( $H_6$ ). La velocidad de desplazamiento de las crías de cada tratamiento fue evaluada en agua. Se colectaron 35 crías de forma aleatoria de un nido recién emergido. De este grupo se escogieron aleatoriamente siete sub-muestras de cinco crías cada una. Cada sub-muestra se colocó en un contenedor de plástico de medio litro con perforaciones de ventilación. Cada sub-muestra correspondió a un tratamiento. Las crías de la sub-muestra del tratamiento  $H_0$  fueron inmediatamente trasladadas al sitio de prueba (canal de agua). Una a la vez, las crías se liberaron (en el canal de agua) registrando el tiempo de inicio y termino de la prueba mediante un cronómetro digital.

Al final de la prueba las crías fueron liberadas al mar. El mismo procedimiento se siguió con el resto de los tratamientos. Para cada tratamiento se establecieron cinco repeticiones, es decir cinco nidos diferentes para un total de 25 crías por tratamiento. En total se midió la velocidad de desplazamiento de 175 crías (5 crías por tratamiento x 7 tratamientos x 5 repeticiones) (Cuadro 8).

Cuadro 8. Número total de nidos y número de crías por tratamiento

Nidos y tratamientos según horas.										Total
N <sub>1</sub>		N <sub>2</sub>		N <sub>3</sub>		N <sub>4</sub>		N <sub>5</sub>		5 nidos
(35 crías)		(35 crías)		(35 crías)		(35 crías)		(35 crías)		
T <sub>0</sub>	5 crías	T <sub>0</sub>	5 crías	T <sub>0</sub>	5 crías	T <sub>0</sub>	5 crías	T <sub>0</sub>	5 crías	25 crías
T <sub>1</sub>	5 crías	T <sub>1</sub>	5 crías	T <sub>1</sub>	5 crías	T <sub>1</sub>	5 crías	T <sub>1</sub>	5 crías	25 crías
T <sub>2</sub>	5 crías	T <sub>2</sub>	5 crías	T <sub>2</sub>	5 crías	T <sub>2</sub>	5 crías	T <sub>2</sub>	5 crías	25 crías
T <sub>3</sub>	5 crías	T <sub>3</sub>	5 crías	T <sub>3</sub>	5 crías	T <sub>3</sub>	5 crías	T <sub>3</sub>	5 crías	25 crías
T <sub>4</sub>	5 crías	T <sub>4</sub>	5 crías	T <sub>4</sub>	5 crías	T <sub>4</sub>	5 crías	T <sub>4</sub>	5 crías	25 crías
T <sub>5</sub>	5 crías	T <sub>5</sub>	5 crías	T <sub>5</sub>	5 crías	T <sub>5</sub>	5 crías	T <sub>5</sub>	5 crías	25 crías
T <sub>6</sub>	5 crías	T <sub>6</sub>	5 crías	T <sub>6</sub>	5 crías	T <sub>6</sub>	5 crías	T <sub>6</sub>	5 crías	25 crías
Total	35 crías	Total	35 crías	Total	35 crías	Total	35 crías	Total	35 crías	175 crías

### 5.6.3. Desplazamiento en agua

Respecto a la evaluación de velocidad de desplazamiento en agua, a la hora cero (inmediatamente eclosionado el nido), se transportaron las crías de tratamiento 0 (H<sub>0</sub>) al sitio de pruebas de desplazamiento en agua. Se situaron las crías en un canal de PVC de 10 metros de largo por seis pulgadas de ancho, obtenido a partir de

dos tubos de seis pulgadas y seis metros de largo, cortados longitudinalmente 3 centímetros por arriba de su diámetro, y pegados con silicón. En un extremo del canal, se pegó una tapa de tubo de PVC de seis pulgadas, en el otro extremo del canal se pegó un cristal circular de seis milímetros de espesor, ambos fueron instalados con silicón. Se situó el canal en dirección perpendicular al mar (Norte-Sur), con la tapa de cristal en el extremo sur. El canal se ubicó aproximadamente a 15 metros de distancia del vivero, tierra adentro donde la superficie arenosa es plana y era posible el nivelado del agua que contenía. El canal fue llenado con aproximadamente 80 litros de agua de mar y después fue nivelado. Se encendió una lámpara de 8 LED's blancos en el extremo Sur del corredor, buscando la mayor luminosidad que guió a las crías debido a que las crías responden mejor a longitudes de onda corta cercana al ultravioleta, azul y verde (Mrosovsky y Kingsmill, 1985) durante el canal. Se registraron los tiempos de recorrido de 10 metros de cada cría, de cada tratamiento, de cada una de las repeticiones. Se registró el tiempo que tardaron en desplazarse cada una de las crías durante los 10 metros de recorrido del canal.

#### **5.6.4. Análisis estadístico**

Sugiere Pilcher y Enderby (2001), en un estudio hecho en crías de tortuga verde sobre la velocidad de desplazamiento en agua bajo condiciones controladas de temperatura, luminosidad y velocidad de corriente en laboratorio, se evalúen los resultados de los diferentes tratamientos  $H_0 - H_6$  mediante la aplicación de un tratamiento estadístico, el cual involucra la prueba de análisis de varianza de una vía (ANOVA), para mostrar las diferencias significativas en el promedio de la velocidad de desplazamiento entre grupos. Los mismos autores sugieren la prueba múltiple de comparación de medias de Tukey, para determinar las diferencias reales entre cada

tratamiento  $H_n$ . si es que las hay. Con la prueba múltiple de comparación de medias de Tukey se protegen las pruebas de significancia para las combinaciones de todos los pares, y los intervalos de LSD (least significance difference ó diferencia mínima significativa) se tornan mas grandes que los de la prueba comparativa de Student.

Se usó el programa estadístico JMP versión 5.0.1. para el análisis estadístico de las muestras de la evaluación acuática.

## 5.7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 5.7.1. Evaluación preliminar del diseño experimental

Se efectuó una salida de campo del 27 de Noviembre al 1º de Diciembre de 2005, con el fin de evaluar el experimento, y localizar las posibles fallas que el mismo podría presentar.

El 28 de Noviembre se preparó el canal a las 10 a.m. Considerando 5 metros para esta primera evaluación, se pegó a un extremo una “tapa” de vidrio transparente donde se situó la luz que guió a las crías, para hacer el recorrido a cronometrar. Se instaló de igual manera en el otro extremo una tapa de PVC, y se aseguró de sellar bien con silicón ambos extremos del canal. Después de un lapso de 8 horas, las tapas de los extremos del canal estaban completamente secas y rígidas. A las 8 p.m., se empezó a limpiar, situar y llenar el canal, con agua dulce, originaría de un pozo. El nivelado del canal tomo cierto tiempo, por no presentar mucha rigidez; el nivel se logró rellenando con arena los declives del canal que requerían un poco de elevación para lograr una profundidad constante que fue lo idóneo al evitar de esta manera la posibilidad de roce de las aletas de las crías con el fondo del canal.

El 29 de Noviembre de 2005 a las 12:10 a.m. se recibió el primero nido de vivero, con mas de 15 crías en emergencia continúa. Se tomaron 35 crías al azar de *Ch. agazzisii*, y se les marcó individualmente: número de Identificación de cría y número de identificación de tratamiento al cual pertenecían (Cuadro 9).

Cuadro 9. Tiempos de recorrido registrados en la evaluación acuática de la evaluación preliminar

Tiempos de recorrido			
Id/Trat	Trat 0	Trat 1	Trat 2
Cría 1	25" 89	37" 00	54" 26
Cría 2	32" 82	1' 07" 30	1' 35" 20
Cría 3	34" 06	1' 41" 69	1' 50" 45
Cría 4	34" 88	2' 20" 19	1' 57" 70
Cría 5	1' 41" 69	1' 31" 51	1' 12" 33

Las diferencias en tiempos son notables, si embargo, estas muestras no se sometieron al análisis de varianza, debido a que en esta salida de campo en realidad solo se evaluó el funcionamiento de la instalación del experimento.

### 5.7.2. Tiempo de retención y velocidad en agua

Del 1º de Febrero al 10 de Febrero de 2006 se realizó la salida de campo cuyas muestras fueron las definitvas para el experimento. Las pruebas en agua se realizaron entre el 3 de Febrero y el 9 de Febrero de 2006 (n= 5 nidos) (Cuadro 10).

Cuadro 10. Nidos y fechas de prueba de evaluación acuática

Número de nido	Fecha
1	3 de Febrero de 2006
2 y 3	5 de Febrero de 2006
4	7 de Febrero de 2006
5	9 de Febrero de 2006

Se evaluaron un total de 5 nidos de *Ch. agassizii* para la evaluación acuática. En cada nido se evaluaron 35 crías, por lo que para la evaluación acuática se contó con una muestra de 175 crías (35 x5).

Cada nido de la evaluación se subdividió en 7 tratamientos ( $h_0 - h_6$ ); a cada tratamiento se le delegaron 5 muestras (crías), por lo que, para cada tratamiento se tuvieron un total de 25 muestras o crías.

El total de los registros de tiempos de todos los nidos se sometió a evaluación; análisis de varianza (ANOVA), para determinar las diferencias significativas entre tratamientos, y la prueba múltiple de comparación de medias de Tukey para determinar las diferencias reales entre cada grupo de los 7 tratamientos registrados si es que se presentaban dichas diferencias según sugiere Pilcher y Enderby (2001). Los resultados y el análisis se presentan a continuación.

### 5.7.3. Resultados de la evaluación acuática

La tendencia en los valores promedio de las velocidades de desplazamiento en agua no fue ascendentemente constante. Las crías que no fueron sometidas a retención ( $t_0$ ) mostraron un menor tiempo promedio de velocidad de desplazamiento (menor velocidad). El aumento en los promedios de tiempo solo se presenta en los tres primeros tratamientos, para luego caer en el cuarto tratamiento, e incrementarse de nueva cuenta del cuarto al sexto tratamiento. Estadísticamente no se registraron diferencias significativas en las velocidades de desplazamiento entre los tiempos de retención (ANOVA:  $F = 0.8003$ ,  $P > 0.05$ ) (Ver Cuadros 11 y 12 y Figura 11).

Cuadro 11. Tiempo de desplazamiento en arena de crías de tortuga negra en relación al tiempo de retención (0 – 6 horas) (N= 25 crías de tratamiento)

Trat por Hora	Media (Segs)	Error Estándar	Tiempo Mínimo	Tiempo Máximo
Trat 0	82.2804	6.3529	43.13	144.85
Trat 1	83.4308	6.3529	43.88	136
Trat 2	83.0704	6.3529	41.2	166.5
Trat 3	90.6888	6.3529	49.21	247.81
Trat 4	81.4348	6.3529	45.2	163.62
Trat 5	83.9240	6.3529	44.56	156.15
Trat 6	93.0532	6.3529	56.31	158.61

Cuadro 12. Resultados de análisis de varianza para la evaluación acuática

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Ratio	Prob > F
Trat/ Hr	6	3087.00	514.50	0.5099	0.8003
Error	168	169508.47	1008.98		
C. Total	174	172595.47			

### Tiempos de desplazamiento en agua

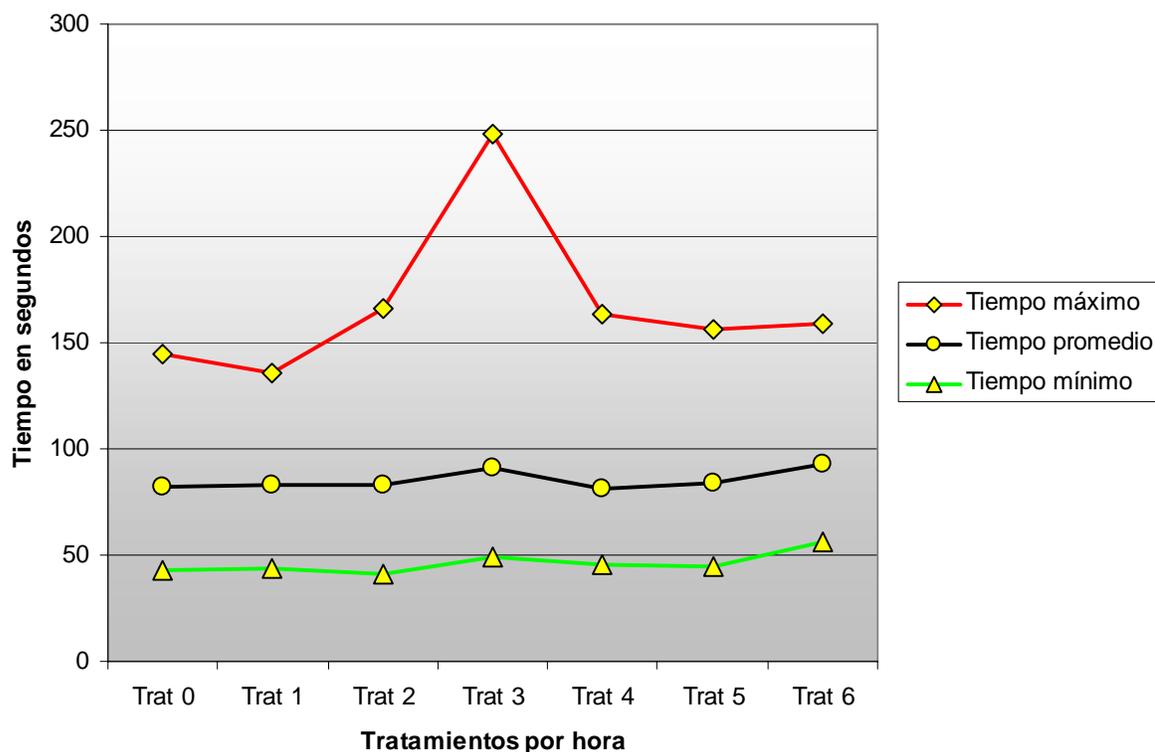


Figura 11. Tendencias de tiempos de desplazamiento acuático

#### 5.7.4. Discusión

Los resultados obtenidos del análisis de varianza a los cuales fueron sometidos las crías de los diferentes tiempos de retención ( $T_0$ -  $T_6$ ) indican que no se presenta diferencia significativa en la velocidad de desplazamiento de las crías, después de haber sufrido un periodo de retención total de 6 horas. Por lo que no existe diferencia estadísticamente significativa entre liberar a las crías

inmediatamente después de haber emergido, o después de las primeras 6 horas de la emergencia.

Las crías evaluadas mostraron un patrón de locomoción basado en el golpe de poder (barrido simultáneo de extremidades anteriores) para recorrer distancia lineal, y locomoción basada en el arrastre con movimientos diagonales de extremidades (aleta derecha anterior apoyada de aleta izquierda posterior) para recuperar dirección de nado solo en aquellas crías que se desorientaron, o las que se pegaron mucho a la pared del canal. No se observó el buceo durante el desplazamiento de las crías. Como parte de las recomendaciones para la realización a futuro de este experimento o uno similar es el uso de un canal mas ancho para observar si las crías tienen una conducta de movimiento y dirección concentrada en el objetivo del desplazamiento.

Las crías evaluadas no tuvieron marcadas complicaciones respecto a la ubicación de la fuente de luz y la orientación de la dirección de nado, sin embargo, de realizarse en el futuro este experimento o alguno similar, se recomienda se recubra el canal con pintura negra terminado mate y se asegure el perfecto secado de la misma, con el fin de evitar el reflejo del haz de luz en las paredes del canal y observar si las crías tienen un desempeño de desplazamiento y orientación mas efectivos.

Los nidos usados en los tratamientos de este experimento fueron divididos en grupos de 5 de acuerdo al tratamiento al que correspondían ( $T_0$ -  $T_6$ ). Las crías de cada tratamiento se mostraron tranquilas durante el tiempo que transcurrió mientras se sometían a la evaluación. Se considera que un posible factor que pudo influenciar el rendimiento de la velocidad de desplazamiento de las crías es el haber tenido disponibilidad de espacio en los recipientes en los que fueron asignadas. Las crías que emergen en vivero son depositadas en recipientes de retención en los cuales esperan a que se colecten varios nidos alcanzando un número de hasta 350 crías, para después ser liberadas al mar. Este hacinamiento puede ser lo que provoca que

las crías estén en constante movimiento mientras sucede la liberación al mar y posiblemente disminuya el rendimiento energético de las mismas, reflejándose en la velocidad de desplazamiento. Una recomendación, es llevar a cabo este experimento en el futuro pero manteniendo las crías a evaluar en grupos grandes con hacinamiento, lo cual les exija una mayor actividad durante la retención. De obtener diferencias significativas sobre la velocidad de desplazamiento con esta variable, entonces lo ideal en el futuro será mantener a las crías recién emergidas en vivero en recipientes cuya disponibilidad de espacio les permita evitar estrés por hacinamiento.

La evaluación acuática de los nidos se llevó a cabo de las 8 p.m. a las 6 a.m., periodo durante el cual las condiciones físicas medio ambientales son menores que durante el día; la temperatura es mas baja y no hay luz ambiental. La temperatura durante la noche es menor, por lo que las crías no estuvieron expuestas al posible estrés calórico y deshidratación, que si la retención y la evaluación hubieran sido realizadas durante las primeras horas de la mañana. La luz natural puede tener un efecto sobre las crías e influir sobre la actividad de las mismas durante la retención provocando un desgaste energético innecesario que se puede ver reflejado sobre la velocidad de desplazamiento.

Contrario a lo encontrado por Pilcher y Enderby (2001) respecto a una evaluación acuática hecha con *Chelonia mydas* donde si se presentaron diferencias significativas sobre la velocidad de nado, y el rendimiento de desplazamiento disminuyó en un 12%, las condiciones físicas del diseño experimental de esta evaluación no influyeron sobre un posible desgaste energético de las crías. En las características de esta evaluación no se incluyeron condiciones de laboratorio como lo fue una velocidad de corriente constante o un circuito de nado, como en el caso de dichos autores, sino fue una investigación de campo. Posiblemente las velocidad de corriente constante a la que fueron sometidas las crías de *Chelonia mydas* en el

experimento de Nicholas Pilcher contribuyó al desgaste y la disminución de velocidad de nado en las crías.

Por otro lado, se ha reportado que durante las primeras 24 horas después de su emergencia la crías de tortuga marina presentan una tasa metabólica alta que se traduce en un rápido desplazamiento en la arena de la playa y el agua (periodo de frenesí) como respuesta adaptativa a la alta frecuencia de depredación de las crías en la playa y las aguas litorales (Lohmann, 1997). Durante este periodo las crías no se alimentan y sus necesidades energéticas son sostenidas por los nutrientes del vitelo (Lohmann, 1997). En base a esta información sugiero dos escenarios posibles en cuanto a la energía de la cría durante el periodo de frenesí. Un primer modelo, sería que la energía inicial de las crías al momento de la emergencia iría disminuyendo durante el periodo de frenesí hasta alcanzar el umbral metabólico “normal” que mantendrán mediante el inicio de la alimentación an aguas profundas (Figura 12 ). Un segundo modelo posible sería que el nivel energético de las crías se mantiene estable durante el periodo de frenesí hasta que al final de las 24 horas se alcanzaría el umbral energético que se mantendría al iniciar las actividades de alimentación (Figura 13). A mi entender no ha existido una evaluación de estos modelos en las investigaciones publicadas. Al inicio de mi estudio solo considere el primer escenario, por lo que esperaba que las diferencias en los niveles de energía entre crías recién emergidas y retenidas por hasta seis horas se manifestarían en diferentes niveles de velocidad de desplazamiento. Sin embargo, mis resultados sugieren la posibilidad de que las crías de *Chelonia agassizii* se comporten de acuerdo al escenario planteado en el segundo modelo.

### Tendencia del Frenesí

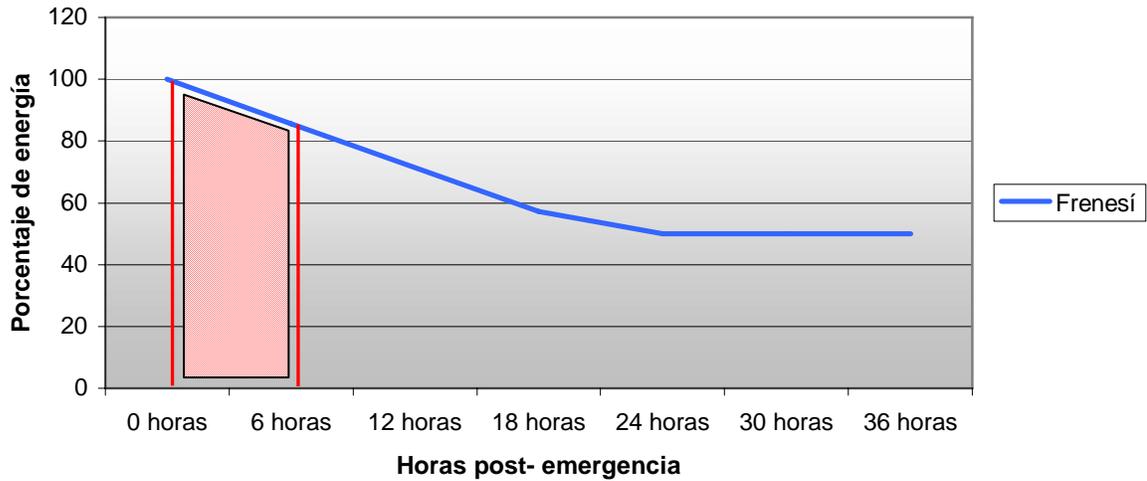


Figura 12. Modelo de la tendecia energética en declive del frenesí hasta la estabilidad metabólica

### Tendencia del Frenesí

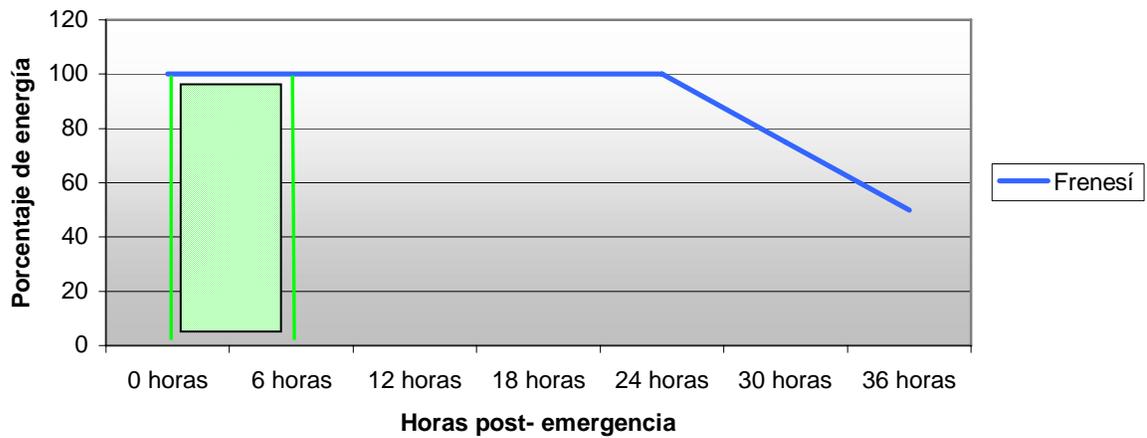


Figura 13. Modelo de la tendecia energética estable hasta el final del frenesí

## 5.8. CONCLUSIÓN

- No se encontró diferencia estadísticamente significativa sobre la velocidad de desplazamiento acuático entre retener crías de tortuga negra (*Chelonia agassizii*) durante las seis primeras horas posteriores a su emergencia o liberarlas inmediatamente (Pilcher y Enderby, 2001).
- El patrón de locomoción que presentaron las crías de tortuga negra (*Chelonia agassizii*) fue el golpe de poder (barrido simultáneo de extremidades anteriores) sin buceos.

## 5.9. LITERATURA CITADA

Alvarado, D. J. y C. Delgado T. 2005. "Tortugas Marinas de Michoacán: Historia Natural y Conservación". 1ª Edición. Comisión del Pesca del Estado de Michoacán - Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.

Delgado, T. C. y J. Alvarado, D. 1997. "Las tortugas Marinas de la Costa de Michoacán, México. Técnicas de conservación y Manejo". SEDESOL - Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán, México.

Instituto Nacional de Geografía e Informática (INEGI), 2000. XII Censo General de Población y Vivienda, Michoacán.

Lohmann, K.J., y B.E. Witherington, et al. 1997. "Orientation, Navigation, and Natal Beach Homing in Sea Turtles". Lutz, P. L. y J. A. Musick, The Biology of the Sea Turtles. Vol I. III Series: Marine Science Series. CRC Press. p.p. 108 – 130.

Mrosovsky y A. Carr. 1967. "Preference for Light of Short Wavelengths in Hatchling Green Sea Turtles, *Chelonia mydas*, Tested on their Natural Nesting Beaches". Reprinted from Behavior, Vol. XXVIII, 3- 4, Leiden E.J. Brill.

Msorovsky, N. y Kingsmill, S. F. 1985. "How turtles find the sea". Zeitschrift fuer Tierpsychologie Vol 67. p.p. 237 – 258.

Pilcher, N.J. y S. Enderby. 2001. "Effects of prolonged retention in hatcheries on green turtle (*Chelonia mydas*) hatchling swimming speed and survival". Journal of Herpetology Vol 35(4): p.p. 633 – 638.

Raymond, W.P. 1984. "Sea Turtle Hatchling Disorientation and Artificial Beachfront Lighting: A Review of the Problem and Potential Solutions". A Report for the Center for Environmental Education. Sea Turtle Rescue Found. p.p. 1- 10.

Salmon, M. y J. Wyneken. 1987. Orientation and Swimming Behavior of Hatchling Loggerhead Turtles *Caretta caretta*, During their Offshore Migration". Exp. Mar. Biol. Ecol., Vol. 109. p.p. 137- 153.

Walker. W.F., Jr.1977. "Locomotion in turtles: perspective and research". Harless, M. y Morlock, M. Eds. John Wiley and Sons. New York. 1979. p.p. 435 – 454.

Wyneken, J. 1997. "Sea Turtle Locomotion: Mechanisms, Behavior and Energetics". Lutz, P. L. y J. Musick, A. The Biology of the Sea Turtles. Vol I. III Series: Marine Science Series. CRC Press. p.p. 166 – 193.

Wyneken, J. and M. Salmon. 1992. "Frenzy and post frenzy swimming activity in loggerhead, green and leatherback hatchling sea turtles". Copeia 2:448- 484.

## 6. DISCUSIÓN GENERAL

Los resultados obtenidos tanto para la evaluación terrestre como acuática indican que no hay diferencias significativas, entre liberar a las crías inmediatamente o permitirles tiempos de retención no mayores a 6 horas, al menos a lo que a esta investigación se refiere. Lo anterior discrepa de lo encontrado por Pilcher y Enderby (2001), quienes encontraron que la velocidad de nado decreció en un 12% con tiempo de retención de hasta 6 horas. Aunque el tipo de experimento que ellos llevaron a cabo fue de laboratorio; por contar con diferentes tipos de condiciones controladas, las crías involucradas en esta investigación tuvieron otro tipo de desempeño y conducta. Las crías se aletargaron después de 30 minutos de emergidas en promedio, y aquellos tiempos registrados mas largos, pertenecen a individuos que tardaron tiempo en orientarse en el corredor de la evaluación terrestre, esto es: tardaron en despertar, mientras que los individuos que se evaluaron de forma acuática, casi como por reflejo estaban alerta al entrar en contacto con el agua y no tardaron tanto tiempo en orientarse en comparación con las crías de la evaluación terrestre.

Si bien esta evaluación se llevo a cabo con individuos recién emergidos en las primeras horas de la noche, y las diferencias en cuanto a sus velocidades de desplazamiento no fueron marcadas o definitivas respecto a concretar un criterio, que defina las actividades de un campamento tortuguero respecto a las 6 primeras horas de retención, debido a factores, que distan mucho de aquellos individuos que bien pudiesen emerger en las primeras horas de la mañana, y contar con otras condiciones que les afecte y que mas específicamente puedan ser de tipo ambientales: la humedad, temperatura y disponibilidad de luz ambiental definitivamente no es la misma por la noche que en el día, y de esa forma, perder velocidad de desplazamiento por una marcada deshidratación, entre otros

fenómenos, y se considera que se podrían ver afectados los individuos, nacidos en las primeras horas de la mañana, y que tendrían que sufrir hasta mas de 6 horas de retención. Se sugiere sería interesante hacer el mismo experimento, con crías emergidas por la mañana, y hacer el experimento, con tiempos de retención de 6, 12, 18, 24, 30 y 36 horas, pues en estudios no publicados se demuestra que los tiempos de retención mayores a 12 horas afectan definitivamente la velocidad de desplazamiento, por lo menos en arena, como fue enfocado uno de estos estudios.

## 7. BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA

Alvarado, D. J. y C. Delgado T. 2005. "Tortugas Marinas de Michoacán: Historia Natural y Conservación". 1ª Edición. Comisión del Pesca del Estado de Michoacán - Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.

Delgado, T. C. y J. Alvarado, D. 1997. "Las tortugas Marinas de la Costa de Michoacan, Mexico. Técnicas de conservación y Manejo". SEDESOL - Universidad Micoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán, México.

Frick, J. 1976. "Orientation and Behavior of Hatchling Green Turtles (*Chelonia mydas*) in the Sea". *Anim. Behav.* 24: 849- 857.

Instituto Nacional de Geografía e Informática (INEGI), 2000. XII Censo General de Población y Vivienda, Michoacán.

Lohmann, K.J., y B.E. Witherington, et al. 1997. "Orientation, Navigation, and Natal Beach Homing in Sea Turtles". Lutz, P. L. y J. A. Musick, *The Biology of the Sea Turtles*. Vol I. III Series: Marine Science Series. CRC Press. p.p. 108 – 130.

Lutcavage, M. E. y P. Lutz, L. 1997. "Diving Physiology". Lutz, P. L. y J. Musick, A. *The Biology of the Sea Turtles*. Vol I. III Series: Marine Science Series. CRC Press. p.p. 277 – 290.

Meylan A.B. y P. Meylan, A. 2000. *Introducción a la Evolución, Historias de Vida y Biología de las Tortugas Marinas. Técnicas de Investigación y Manejo para la Conservación de las Tortugas Marinas*. K. L. Eckert, K. A. Bjorndal, F. A. Abreu-

Grobois, M. Donnelly (Editores), UICN/CSE Grupo de Especialistas en Tortugas Marinas. Publicación No. 4. 2000 (Traducción al español). p.p. 3- 5.

Milton, S.L. y P. Lutz, L. 2003. "Physiological and Genetic Responses to Environmental Stress". Lutz, P. L., J. Musick, A. y Wyneken, J. The Biology of the Sea Turtles. Vol II. III Series: Marine Science Series. CRC Press. p.p. 163 – 185.

Mortimer, J.A. 1995. "Headstarting as a Management Tool". Bjorndal, K.A. Biology and Conservation of Sea Turtles. Revised Edition. University of Florida – Smithsonian Institute. Press Washington and London. p.p. 613 – 614.

Mrosovsky . 1978. "Effects of Flashing Lights on Sea- Finding Behavior of green Turtles". Behavioral Biology. 22: 85- 91.

Mrosovsky y A. Carr. 1967. "Preference for Light of Short Wavelengths in Hatchling Green Sea Turtles, *Chelonia mydas*, Tested on their Natural Nesting Beaches". Reprinted from Behavior, Vol. XXVIII, 3- 4, Leiden E.J. Brill.

Pilcher, N.J. y S. Enderby. 2001. "Effects of Prolonged Retention in Hatcheries on Green Turtle (*Chelonia mydas*) Hatchling Swimming Speed and Survival". Journal of Herpetology. Vol 35(4): p.p. 633 – 638.

Raymond, W.P. 1984. "Sea Turtlte Hatchling Disorientation and Artificial Beachfront Lighting: A Review of the Problem and Potential Solutions". A Report for the Center for Environmental Education. Sea Turtle Rescue Found. p.p. 1- 10.

Salmon, M. y J. Wyneken. 1987. Orientation and Swimming Behavior of Hatchling Loggerhead Turtles *Caretta caretta*, During their Offshore Migration". Exp. Mar. Biol. Ecol., Vol. 109. p.p. 137- 153.

Silman, R. et. al. 2002. "Tortugas Marinas; Guía Educativa". Caribbean Conservation Corporation. 2ª Edición en Español. p.p. 7- 8.

Spotila, J.M. 1995. "Metabolism, Physiology, and Thermoregulation". Bjorndal, K.A. Biology and Conservation of Sea Turtles. Revised Edition. University of Florida – Smithsonian Institute. Press Washington and London. p.p. 591 – 592.

Witherington, B. E. 1995. "Hatchling Orientation". Bjorndal, K.A. Biology and Conservation of Sea Turtles. Revised Edition. University of Florida – Smithsonian Institute. Press Washington and London. p.p. 557 – 558.

Wyneken, J. 1997. "Sea Turtle Locomotion: Mechanisms, Behavior and Energetics". Lutz, P. L. y J. Musick, A. The Biology of the Sea Turtles. Vol I. III Series: Marine Science Series. CRC Press. p.p. 166 – 193.

Wyneken, J. and M. Salmon. 1992. "Frenzy and Post Frenzy Swimming Activity in Loggerhead, Green and Leatherback Hatchling Sea Turtles". Copeia. 2:448- 484.