



**UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS
DE HIDALGO**

**INSTITUTO DE INVESTIGACIONES SOBRE
LOS RECURSOS NATURALES
(INIRENA)**

**PROPORCIÓN SEXUAL EN CRÍAS DE
TORTUGA NEGRA (*Chelonia agassizii*) EN MICHOACÁN:
IMPLICACIONES PARA SU CONSERVACIÓN.**

TESIS

PARA OBTENER EL TÍTULO DE GRADO DE:

MAESTRA EN CIENCIAS EN LIMNOLOGIA Y ACUICULTURA

PRESENTA:

LAURA ISEL ROA GARCÍA

A s e s o r

**Maestro en Ciencias en Conservación
y Manejo de Recursos Naturales**

Carlos Delgado Trejo

Morelia, Michoacán, Febrero de 2014.



DEDICATORIA

A mi familia por estar en todo momento conmigo en las buenas y en las malas, por no dejarme caer ante las dificultades de la vida, por alentarme a seguir con mis sueños y no rendirme, por todo lo que me han dado sin merecerlo. Mamá, Fer, Vivi y Adi.

A mi papá por ser un ángel en la Familia.

Gracias

AGRADECIMIENTOS

Al maestro Carlos Delgado por permitirme una vez más trabajar con él y con tortuga negra y ser parte de esta gran aventura que fue la Maestría y sobre todo por su ayuda en la realización de este trabajo.

A mis sinodales Ileri Suazo, Javier Alvarado y Tohtli Zubieta por sus consejos y observaciones.

A mis compañeros de laboratorio Yuri, Naye, Melo, Dani, Chepis, etc. por su amistad, sus consejos y sobre todo sus palabras de aliento ante las situaciones difíciles a los que nos enfrentamos en el camino que compartimos hacia nuestro sueño de titulación. Jajajaja ups!!!!!!

Un agradecimiento especial a Marco A. Bernal por su apoyo, por acompañarme en esta travesía que llamamos vida por estar a mi lado, por apoyarme en todo momento por tus palabras que me hicieron seguir adelante y por todo lo que nos hace falta vivir juntos. Gracias Corazón.

CONTENIDO

1.	INTRODUCCIÓN.....	1
2.	ANTECEDENTES.....	4
	2.1. Determinación Sexual.....	4
	2.2. Temperatura Pivotal.....	6
	2.3. Desviación de la Proporción Sexual.....	10
3.	OBJETIVOS.....	16
	3.1. Objetivo General.....	16
	3.2. Objetivos Particulares.....	16
4.	ÁREA DE ESTUDIO.....	17
	4.1. Ubicación Geográfica.....	17
	4.2. Fisiografía.....	18
	4.3. Suelos.....	18
	4.4. Hidrología.....	19
	4.5. Clima.....	19
	4.6. Vegetación.....	19
	4.7. Fauna.....	20
	4.8. Colola.....	20
5.	MÉTODOS.....	22
	5.1. Recolecta de Información.....	22
	5.2. Evaluación de Temperaturas de Incubación de nidos de Tortuga Negra.....	26
6.	RESULTADOS.....	27
7.	DISCUSIÓN.....	37
8.	CONCLUSIONES.....	42
9.	LITERATURA CITADA.....	44

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación de la costa michoacana.....	17
Figura 2. Playa de Colola (lado oeste).....	21
Figura 3. Hobo utilizado para colecta de temperaturas.....	22
Figura 4. Colocación de hobos en nidos naturales.....	23
Figura 5. Colocación de hobos en nidos incubados en vivero.....	23
Figura 6. a) Hobo colocado a la mitad y b) Colocación del resto de la nidada en nidos de vivero	24
Figura 7. Colocación de datos en la estaca que se colocaba en el nido de estudio.....	24
Figura 8. Formato para la obtención de datos.....	25
Figura 9. a) Excavación del nido y b) Obtención de hobo y restos de cascarones.....	25
Figura 10. Software para dispositivos y registradores de datos hobo.....	26
Figura 11. Proporción sexual de crías de tortuga negra producidas semanalmente en nidos <i>in situ</i> de los meses noviembre 2011- enero 2012....	28
Figura 12. Proporción sexual de crías de tortuga negra producidas semanalmente en nidos en vivero de los meses noviembre 2011- enero 2012.....	29
Figura 13. Proporción sexual de crías de tortuga negra por semana en nidos <i>in situ</i> de los meses septiembre- noviembre 2012.....	31
Figura 14. Proporción sexual de crías de tortuga negra por semana producidas en nidos en vivero de los meses septiembre- noviembre 2012.....	32
Figura 15. Proporción sexual de crías de tortuga negra por semana de nidos <i>in situ</i> de la temporada 2011- 2012.....	34
Figura 16. Proporción sexual de crías de tortuga negra por semana de nidos en vivero de la temporada 2011- 2012	34
Figura 17. Porcentaje de hembras producidas por mes durante la temporada de anidación.....	35

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Temperatura de los hobos en vivero e <i>in situ</i> temporada noviembre 2011-enero 2012.....	28
Tabla 2. Proporción sexual de crías de tortuga negra estimada por periodos semanales para nidos <i>in situ</i> noviembre 2011- enero 2012	29
Tabla 3. Proporción sexual de crías de tortuga negra obtenida semanalmente en nidos de vivero en el periodo noviembre- diciembre 2011	30
Tabla 4. Temperatura de los hobos en vivero e <i>in situ</i> temporada septiembre a la primera semana de noviembre 2012.....	31
Tabla 5. Proporción sexual de crías de tortuga negra estimada por periodos semanales para nidos <i>in situ</i> del mes de septiembre a la primera semana de noviembre 2012	32
Tabla 6. Proporción sexual de crías de tortuga negra estimada por periodos semanales para nidos en vivero de septiembre a la primera semana de noviembre	36

RESUMEN

Se llevó a cabo un estudio para conocer la proporción sexual de crías de tortuga negra (*Chelonia agassizii*) producida en la playa de Colola, Michoacán durante 2011-2012.

La temperatura de los nidos se obtuvo por medio de Data logger (Hobo) los cuales fueron colocados en nidos *in situ* y nidos trasplantados a vivero durante los meses que comprendieron la temporada fría y cálida del periodo de desove de la tortuga negra en la playa de Colola (septiembre-noviembre y noviembre-enero). Los resultados obtenidos en este estudio indican que la proporción sexual de las crías producidas tanto en los nidos *in situ* y de vivero se encuentran dentro de los modelos teóricos que predicen proporción sexual equilibrada, aunque estos últimos pueden verse sesgados a la producción de hembras debido a los efectos de calor metabólico producido por el desarrollo de los embriones, sin embargo, estos producen crías cercanas a la proporción sexual equilibrada. Los resultados encontrados en este trabajo difieren de los reportados por Hernández en 1995 en los cuales reporta una producción global de 82% de hembras (3:1)

La playa de Colola representa un sitio importante para la anidación de tortuga negra y contribuye de manera significativa al equilibrio de la proporción sexual natural de la metapoblación de tortuga negra en la costa de Michoacán.

Palabras claves: Proporción sexual, desviación, temperatura, tortuga negra.

ABSTRACT

A study was conducted to determine the sex ratio of offspring of black turtle (*Chelonia agassizii*) produced in Colola Beach, Michoacán during 2011-2012 nesting season.

The temperature of the nests was obtained by data logger (Hobo) which were placed in situ nests and nests transplanted to the hatchery during the months

that comprised the cold and warm season spawning period of the black turtle on the beach Colola (September to November and from November to January) . The results obtained in this study indicate that the sex proportion of offspring produced both in situ and hatchery nests are within the theoretical models that predict balanced sex ratio (1:1), although the latter may be mowed to produce females because metabolic effects of heat produced by the developing embryos, however, they produce offspring at a near balanced sex ratio. The results found in this study differ from those reported by Hernández in 1995 which reported global production of 82 % of females (3:1).

Colola beach represents an important black turtle nesting site and contributes significantly to the balance of the natural sex ratio metapopulation of black turtle of the coast of Michoacan.

Keywords: sex ratio, deviation, temperature, black turtle.

1. INTRODUCCION

La evidencia del cambio climático es indiscutible, según lo planteado por el IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) organización internacional líder sobre el tema del Cambio Climático. Los cuales predicen que el cambio climático afecta a todos los aspectos de la biodiversidad. Por lo que la amplia gama de escenarios de emisión del IPCC, estima que la temperatura media de la superficie terrestre ascienda entre 1.4 y 5.8°C para finales del siglo XXI, donde las zonas terrestres experimentarán un calentamiento más alto que los océanos (Gitay Habiba *et al.*, 2002).

Muchas especies y poblaciones de animales se encuentran amenazadas y se espera que se enfrenten a un mayor riesgo debido a las interacciones del cambio climático, que convierte partes del hábitat actual en zonas poco apropiadas (Gitay Habiba *et al.*, 2002).

Existen algunos reptiles que se caracterizan por presentar el sistema TSD (de sus siglas en inglés Temperature- dependent sex determination), el cual determina el sexo de los individuos que nacen, en función de la temperatura de incubación (Yntema y Mrosovsky, 1980). Durante el periodo de incubación los huevos se ven afectados por la temperatura a la que se incuban generalmente durante el tercio central del desarrollo embrionario, lo que se conoce como periodo termosensible. Dentro de este mecanismo se observan dos patrones: en tortugas y lagartos se da el primero de ellos, el cual tiene una zona de transición única, donde los huevos eclosionan predominantemente hembras si se incuban por encima de una temperatura determinada, y machos si lo hacen por debajo de dicho umbral de temperatura. El otro patrón, observado por ejemplo en cocodrilos, tiene dos zonas de transición, naciendo machos los incubados a temperaturas intermedias, y hembras los incubados a temperaturas extremas (Oliván, 2009).

La amenaza que puede representar el cambio climático se hace más evidente en estos organismos que presentan la determinación del sexo dependiente de la temperatura como en las tortugas marinas.

Todas las especies de tortugas marinas actuales estaban presentes en la Tierra durante la Era Cuaternaria, que se caracterizó por presentar grandes fluctuaciones climáticas, y por lo tanto, su historia evolutiva demuestra que ya han estado expuestas a condiciones extremas sin que se hayan extinguido (Davenport, 1989). El problema con la situación actual es el carácter acelerado del cambio climático y el hecho de que algunas poblaciones están seriamente amenazadas (Davenport, 1989). Las tortugas marinas son consideradas como un indicador biológico ideal para evaluar el impacto del calentamiento global (Janzen, 1994; Hawkes *et al.*, 2009).

Se ha documentado que el aumento de la temperatura tiene el potencial de afectar a las tortugas marinas de numerosas formas al alterar las condiciones en los hábitats de anidación así como aspectos de su comportamiento y distribución (Hawkes *et al.*, 2009). Una de las principales formas en que el aumento de temperatura puede afectar a las tortugas marinas es durante el desarrollo embrionario. La incubación exitosa de los nidos de tortuga es posible dentro de ciertos límites específicos térmicos y es inhibida debajo de los 25°C y sobre los 35°C (Baker *et al.*, 2009), por lo que cualquier modificación en las temperaturas de incubación puede afectar la proporción sexual natural de las poblaciones anidadoras, las poblaciones de animales tienden a mantener un radio sexual natural de 1:1 para garantizar la viabilidad de la especie; cualquier desvío de la proporción sexual ya sea como producto de acciones de conservación o del cambio climático puede tener un efecto crítico en la sobrevivencia de las especies (Godfrey *et al.*) En el caso de las tortugas marinas que presentan un sistema TSD, es prioritario reconocer la proporción sexual natural de sus poblaciones anidadoras tanto para ajustar los planes de manejo si fuera el caso, como para establecer un punto de partida para evaluar el efecto del cambio climático sobre la proporción sexual (Godfrey *et al.*, 2000).

Si el sexo de las crías de tortugas marinas es dependiente de la temperatura de incubación y el calentamiento global en la actualidad es una realidad, entonces ¿es posible que se esté modificando la proporción sexual de las crías de tortuga negra en la playa de Colola por este fenómeno?, de ser así ¿es

posible que la proporción sexual de las crías de tortuga negra producidas actualmente (2011-2012) sea diferente a la proporción sexual de las crías producidas hace 17 años (1995), cuando se hizo la última estimación de la proporción sexual en crías de tortuga negra en la Playa de Colola?. Estas preguntas de investigación sugieren la siguiente hipótesis de trabajo: Si el calentamiento global puede incrementar las temperaturas de incubación de los nidos de tortuga marina y el sexo en estas es dependiente de la temperatura de incubación, entonces la proporción sexual de las crías de tortuga negra es diferente a la producida de hace 17 años en la playa de Colola.

El presente estudio tuvo como objetivo evaluar la proporción sexual de las crías producida hace 17 años durante la temporada 1995 y compararla con la proporción sexual de las crías producidas en la temporada 2011-2012 para determinar si existe un desvío en la proporción sexual de crías de acuerdo al aumento de temperatura debido al calentamiento global en la playas de anidación.

2. ANTECEDENTES

2.1 Determinación sexual

Algunos factores ambientales como humedad, temperatura, salinidad y tamaño del grano de la arena influyen durante el desarrollo embrionario de las crías de tortuga marina; los cuales, entre otros, determinan el éxito de incubación (Arzola y Armenta, 1994). Sin embargo, la humedad y la temperatura, aun siendo variables independientes y sin presuponer sobre una la acción de la otra, ambas están íntimamente relacionadas. Además, el efecto combinado de estos factores se inicia desde que los huevos son depositados en el nido hasta la emergencia de las crías (Zamora, 1990). Por lo tanto, la temperatura es considerada un factor de gran importancia en el proceso de incubación. Existe en la bibliografía, una amplia serie de informes que reportan la influencia fundamental de esta variable en la determinación del sexo (Naranjo, 1982; Arzola y Armenta, 1994; Garduño y Cervantes, 1996 en Arzola y González, 2007).

Aunque los mecanismos fisiológicos por los cuales la temperatura y otros factores ambientales influyen en la diferenciación sexual son desconocidos, está bien documentado que las tortugas son un grupo de vertebrados cuya determinación sexual está influenciada por el ambiente (Bull, 1983). En las tortugas marinas se estima que la determinación sexual, cuando las gónadas se diferencian en ovarios o testículos, ocurre durante el segundo tercio de la incubación (Rimblot *et al.*, 1987) y se considera que la temperatura prevaleciente durante este periodo crítico es un buen indicador de la proporción sexual en un nido determinado (Kaska *et al.*, 1998).

Por otro lado las crías de tortugas marinas no tienen dimorfismo sexual y por tanto, es imposible diferenciar externamente el sexo, a diferencia de los adultos en los que los machos poseen una cola más larga (Marco *et al.*, 2009). Así, la única manera de determinar el sexo de una cría o embrión es mediante cortes histológicos de las gónadas, lo cual implica el sacrificio del individuo (Rimblot *et al.*, 1987). Considerando que muchas poblaciones están amenazadas, esta práctica resulta invasiva y poco ética, de manera que a lo largo de los años se

han desarrollado métodos indirectos para estimar la razón de sexos producida en un nido.

La proporción sexual es un parámetro clave a la hora de evaluar el éxito reproductivo y la continuidad a largo plazo de una determinada población. Todas las especies de tortugas marinas tienen un mecanismo de determinación sexual regido por la temperatura a la que se incuban los embriones (Ikaran, 2010).

La proporción sexual de las tortugas marinas se determina por la temperatura experimentada por los huevos durante el tercio medio de la incubación (Hawkes *et al.*, 2007). Este periodo termosensible se define como “el lapso de tiempo o el grupo de estadios de desarrollo fuera del cual la manipulación de temperatura no ejerce influencia sobre el fenotipo sexual” (Merchant, 2000) o es la etapa del desarrollo embrionario en el cual la temperatura de incubación determina el sexo, ni antes ni después de éste la temperatura produce algún efecto en la diferenciación sexual (Salame, 1998).

De tal manera que la temperatura de incubación al estar en un intervalo de 26-28°C el 100% de la descendencia es masculina (temperatura masculinizante), o al ser incubados a 30-32°C, el 100% de la descendencia será femenina (temperatura feminizante) (Salame, 1998). Al respecto, algunos autores han demostrado que temperaturas mayores o igual a 31.2°C, afectan la determinación del sexo, produciendo 100% hembras (Aguilar 1987, Parckard *et al.*, 1987, Plumer y Snell, 1988).

En las playas de anidación de tortugas marinas puede haber zonas con distintos regímenes térmicos. Por ejemplo, algunas zonas tienen vegetación, y otras no. Las nidadas depositadas bajo vegetación densa, probablemente experimenten condiciones térmicas más frías, y por lo tanto, producen más machos que aquellas nidadas en zonas abiertas que tienden a ser más calientes (Spotila *et al.*, 1987).

La distancia de la línea de marea alta puede variar la profundidad del manto freático, y de este modo influir en la temperatura a la profundidad de la cámara de incubación. Además, si una playa de anidación es extensa, todas las subdivisiones realizadas para su monitoreo deberían (idealmente) ser analizadas para considerar cualquier variación térmica a lo largo de la playa. Finalmente, si el propósito es estimar la proporción sexual de las crías de toda la colonia reproductora, entonces deberá considerarse la información de todas las playas de anidación incluidas en el área de distribución de la metapoblación (Godfrey y Mrosovsky, 2000).

También, la temporada de lluvia podría afectar la temperatura de la arena a la profundidad de la cámara de incubación, la cual a su vez afectaría la proporción sexual (Godfrey y Mrosovsky, 2000).

2.2 Temperatura pivotal

A fin de hacer una estimación de la proporción sexual natural presente en una población, es conveniente conocer la temperatura “pivote” o “umbral”. La temperatura pivotal o umbral es definida como la temperatura de incubación en la cual la proporción sexual resultante en la nidada es 1:1. Una vez que ésta es conocida, las temperaturas *in situ* de nidos elegidos de zonas representativas en la playa, pueden ser usadas para extrapolar el intervalo de temperatura global y, a partir de éste, derivar la proporción sexual de la colonia anidadora durante una temporada de anidación en particular (Merchant, 2000).

En tortugas marinas, la determinación del sexo por temperatura ha sido encontrada en *Caretta caretta* (Yntema y Mrosovsky, 1980), *Chelonia mydas* (Miller y Limpus, 1981), *Dermochelys coriacea* (Rimblot *et al.*, 1985), *Lepidochelys olivacea* (Morreale *et al.*, 1982), *Lepidochelys kempii* (Shaver *et al.*, 1988) y *Eretmochelys imbricata* (Dalrymple *et al.*, 1985).

Por ejemplo en tortuga caguama (*Caretta caretta*) de la isla Little Cumberland Georgia, EE.UU. se encontró que a una temperatura de incubación constante de 32°C se producen 100% de hembras, mientras que a 30°C se produce un

número igual de hembras como de machos, y a 28°C hay una producción de 100% machos (Yntema y Mrosovsky, 1982).

En un estudio realizado en Tortuguero, Costa Rica, con nidos de tortuga verde (*Chelonia mydas*), se relacionó el efecto de temperatura de incubación con la determinación de sexos, demostrando que la temperatura de incubación inferior a 28°C produce un alto porcentaje de machos del 90% a 100%, mientras que huevos incubados a temperaturas superiores de 29.5°C producen un mayor número de hembras del 95% a 100% (Morreale *et al.*, 1982).

En tortuga golfina (*Lepidochelys olivacea*), se encontró que a 32°C hay una producción de 100% de hembras, mientras que a 30°C se produce aproximadamente la misma cantidad de hembras y de machos, y a 28°C se observa una producción total de machos (McCoy *et al.*, 1983).

Aguilar (1987), realizó un estudio sobre el efecto de la temperatura y la proporción sexual en tortuga lora (*Lepidochelys kempii*) determinó que al igual que en otras especies, la producción de hembras corresponde a una temperatura de 30.8°C y para machos de 28.4°C.

Carrasco (2000), realizó un estudio con nidos de *Lepidochelys kempii* donde encontró que los nidos con sombra variaron en la proporción sexual de las crías ya que la mitad de las muestras fueron identificadas con estructuras de machos, 3.6% de las muestras presentaron estructuras de intersexos y un número que puede ser considerable (14.3%) no pudieron ser identificados y el 32% fueron identificados como hembras. En el caso de los nidos con sol total, la identificación de estructuras mostraron que el 93.4% corresponden al sexo femenino, no se encontraron estructuras de intersexos y solo el 6.6% no pudo ser identificado. La temperatura promedio en la zona con sombra se mantuvo en los 30.5°C y sin sombra 31°C, por lo que se puede asumir que se podría tener una mayor producción de hembras ya que se ha determinado que la temperatura pivotal para tortuga golfina (*L. olivacea*) es de 30.5°C. Sin embargo, a lo largo de la incubación, una caída en la temperatura por la

presencia de días nublados y con lluvia en la última parte del segundo tercio de incubación pudo generar un número marcado de machos.

También existen estudios que han determinado si existe una variación en la temperatura entre los nidos *in situ* y los colocados en corral; un ejemplo es el estudio realizado por Luna (2004), donde concluyó que la temperatura promedio para la tortuga caguama en un nido tipo corral es de 28.8°C y 28.9°C en nido tipo *in situ* y para la tortuga blanca en un nido tipo corral es de 28.9°C y 28.4°C en un nido tipo *in situ*; lo que indicó que entre los nidos tipo corral y nido tipo *in situ* no hay diferencias significativas en las temperaturas de incubación en corral y nidos *in situ*.

Lo anterior coincide con lo mencionado por Benabib (1983), quien afirma, que los nidos de las tortugas marinas se mantienen a temperaturas relativamente estables. Mientras que para la temperatura interna en sus máximas y mínimas oscilaciones para la tortuga caguama en nidos tipo corral van desde los 27.5°C a los 29.9°C, y en nido tipo *in situ* van desde los 27.7°C hasta los 29.6°C, para la tortuga blanca en nido tipo corral es de 27.7°C a los 30.4°C y en nido tipo *in situ* es de 27.5°C a los 29.4°C siendo que estas temperaturas a pesar de que varían $\pm 1^\circ\text{C}$, el promedio de ellas se mantienen (Luna, 2004).

De acuerdo con Arzola (2007), quien realizó un estudio sobre temperatura en nidos de *Lepidochelys olivacea* en tres tratamientos diferentes obteniendo en nidos naturales una media de 34.4°C, con una máxima de 36.9°C y una mínima de 31.9°C. En corral, el promedio se registró en 32.9°C, con una variación máxima y mínima de 34.9°C a 28.2°C, respectivamente; por último, en cajas la media fue 32.6°C con un intervalo de 34.8°C a 30.5°C. El principal factor en la determinación del sexo de *Lepidochelys olivacea* para el estudio de Arzola (2007) fue la temperatura, presentándose una tendencia natural a obtener sólo hembras, ya que el promedio de la temperatura fue de 33°C entre los nidos.

Durante un estudio en 1989 por Alvarado y Figueroa en la playa de Colola con la tortuga negra (*Chelonia agassizii*) donde monitorearon nidos sembrados

en vivero durante septiembre, octubre y noviembre y estimaron una proporción sexual de 83% de hembras, mientras que la proporción sexual natural estimada en las mismas fechas fue de 71% de hembras. Los autores mencionan que la diferencia puede ser debida al calor metabólico producido por los nidos concentrados en el vivero y que es probable que la proporción sexual en vivero sea más cercano a la proporción sexual natural estimado, si se consideran los nidos cuya incubación ocurre durante la época fría.

Díaz (1986), en un estudio con tortuga negra (*Chelonia agassizii*) obtuvo que a temperaturas menores de 27.1°C solo se obtuvieron machos; mientras que a temperaturas entre 27.5°C y 31°C se produjeron una mezcla de ambos sexos y a partir de 31.1°C solo resultaron hembras demostrando que la temperatura de incubación determina el sexo de las crías de *Chelonia agassizii*.

De acuerdo con Hernández (1995), quien estudio la temperatura de incubación en nidos de *Chelonia agassizii* en la playa de Colola, Michoacán, encontró que los nidos naturales que fueron ovopositados en noviembre de la temporada 1991-1992, tuvieron una producción de 65% hembras mientras que en nidos sembrados en el vivero obtuvo un 68% de hembras estas temperaturas entre los dos tipos de nidos fueron muy similares. La proporción sexual de esa temporada en nidos naturales se estimó en 71.7% de hembras valor semejante al de vivero con 71.2%. En la segunda quincena de octubre se obtuvo un 92.5% de hembras mientras en noviembre se produjo entre 55% y 87% de hembras, en diciembre se obtuvo una proporción de 50:50 estos resultados fueron muy parecidos en vivero, en los nidos monitoreados en 1993 en corral se registraron temperaturas en noviembre con una producción de 71.2% de hembras.

Los resultados obtenidos en las crías producidas permiten llevar a cabo un mejor manejo de las tortugas marinas, entre ellos: estudiar la proporción natural de sexos en las diferentes playas, efectuando registros térmicos durante la incubación de los huevos en las principales playas de anidación sin el sacrificio de las crías, además de planificar con ello un uso más racional de las tortugas (Arzola, 2007).

Conforme aumentan las temperaturas de las playas de anidación, los proyectos de conservación de tortugas podrían querer tomar acciones para alterar las temperaturas de los nidos. El monitoreo le permite a los proyectos identificar el ámbito de temperaturas en una playa de anidación e identificar áreas vulnerables (Baker *et al.*, 2009).

2.3 Desviación de la Proporción sexual

Conforme las temperaturas aumentan, crece la preocupación de que las proporciones sexuales se vayan haciendo cada vez más sesgadas hacia las hembras. Existen reportes en numerosos lugares donde ya existe este sesgo hacia las hembras, como ejemplo en la isla Buck, EE.UU. se encontró un sesgo fuerte de hembras en neonatos de tortuga carey (Wibbels *et al.*, 1999) y en un estudio en Bahía con la misma especie estimó que más del 90% de los neonatos eran hembras (Godfrey *et al.*, 1999).

También se han demostrado fuertes sesgos hacia las hembras en caguamas (*Caretta caretta*) de acuerdo con Mrosovsky *et al.*, 1989; Oz *et al.*, 2004; Chu *et al.*, 2008, y en tortuga plana (*Natator depressus*) por Blamires y Guinea (1997).

En otro estudio realizado por Binckley *et al.*, (1998) encontraron proporciones sexuales en tortugas laúd (*Dermochelys coriacea*) en Playa Grande, Costa Rica, de 74.3 a 100% de hembras, entre 1993 y 1995. Al comparar con datos de Surinam, estas proporciones estaban mucho más sesgadas hacia las hembras que en ninguno de los reportes de los últimos 25 años (Pachauri y Reisinger, 2007).

Hays *et al.*, (2003) utilizaron la relación entre temperatura de aire y nido en la Isla Ascensión para predecir las temperaturas de nido en los últimos 150 años. Se observó un calentamiento progresivo de la arena en la isla y ellos determinaron que hubo una producción de 99.4% hembras para los nidos estudiados durante 1998 y 1999. La investigación en Pasture Bay, Antigua, demostró que las temperaturas del aire han aumentado 0.7°C en los últimos 35 años. Este estudio indicó no sólo un mayor porcentaje de hembras de *E. imbricata* sino la producción de machos más baja en el 2003.

El perfil estacional en la proporción sexual de las crías producidas en todas las playas de anidación en la isla de Ascensión, ha sido estimado mostrando sesgo femenino en el radio sexual que se esperaría con una relación hembra: macho de la orden de 3:1 (Godley *et al.*, 2002).

En el estudio realizado por Sieg (2011) se monitoreó la temperatura de incubación de las tortugas laúd del Pacífico oriental *Dermochelys coriacea* en el vivero y en nidadas *in situ* en Playa Grande, Costa Rica, a lo largo de cada temporada de anidación 1998 a 2007. En nidadas *in situ* se estimó que 90% fueron hembras, mientras que los nidos de vivero (el 9% de las nidadas) se estimaron en 64% hembras. Teniendo en cuenta las diferencias en el éxito de eclosión de los nidos *in situ* y en vivero, la proporción de sexos global fue del 83% de hembras (Sieg *et al.*, 2011).

La estimación de la proporción sexual de las nidadas de vivero e *in situ* fueron fuertemente sesgadas hacia las hembras en todas las temporadas de anidación, excepto 1999 y 2000. La estimación de la proporción sexual *in situ* fue sesgada hacia las hembras (89.8%), pero los nidos de vivero fueron sesgadas sustancialmente menor (64.5%). Los rangos de temperatura en el tercer medio fueron de 1.3 °C (± 0.2 en total) en nidadas *in situ* contra 0.9 °C (± 0.1) en nidadas de vivero. Los números mensuales de las nidadas de vivero e *in situ* variaron, con una mediana de 9% de las nidadas trasladadas al vivero. La magnitud de cada proporción sexual mensual estimado por el número relativo de nidadas en cada ubicación (vivero contra *in situ*) arrojó una proporción sexual global estimada de 83,2% hembras (Sieg *et al.*, 2011).

De acuerdo con Zbinden (2007) donde estimaron la proporción sexual de las crías producidas en Zakynthos (Grecia), la mayor colonia de tortugas marinas caguama (*Caretta caretta*) en el Mediterráneo donde también exploraron la variación espacial de la estimación de la proporción sexual de las crías dentro de esta área de anidación. La estimación de la proporción sexual de las crías en Zakynthos fue sesgada hacia las hembras en 2002 y 2003 (68 y 75% de hembras estimadas, respectivamente) (Zbinden *et al.*, 2007).

Para el Mediterráneo, las estimaciones más confiables de la proporción sexual de las crías existe desde el norte de Chipre, donde la proporción estimada de crías hembras de tortugas caguama es de 89 a 99% hembras (Godley *et al.*, 2001). También hay alguna evidencia de que la proporción sexual de las crías de tortuga caguama de Kefhalonia y Kyparissia Bay en Grecia, (el 70% de hembras estimadas) presentan sesgo femenino (Houghton y Hays 2001, Rees y Margaritoulis 2004).

De acuerdo con (Canbolat, 2004) una pequeña área de anidación en Turquía parece producir 60 a 65% crías de sexo femenino (Kaska *et al.*, 2006). La información sobre la proporción de sexos de juveniles y adultos igualmente indican que la proporción global del sexo del Mediterráneo es femeninamente sesgada (Zbinden *et al.*, 2007).

Hawkes *et al.*, (2007) concluyeron que un aumento de 1°C en las temperaturas en Carolina del Norte llevaría a una ultra-feminización de los neonatos y un aumento de 3°C provocaría niveles extremos de mortalidad.

Un trabajo realizado sobre los impactos del aumento de la temperatura (Fuentes *et al.*, 2009, 2010) sobre la población de tortugas verdes predice una feminización de la producción anual de neonatos para el año 2030. Las predicciones son más sombrías para 2070, cuando algunas de las playas de anidación (Moulter Cay, Milman Island y Bramble Cay) utilizadas por esta población se prevé que experimente temperaturas cercanas o por encima del umbral de incubación térmica superior (por ejemplo, 33°C) y es probable causar una disminución del éxito de eclosión (Fuentes *et al.*, 2010).

Para la población de tortuga caguama la media estimada para la proporción sexual para el periodo de estudio de 1980-2005 fue del 58% crías hembras. Con el aumento previsto en el futuro de la temperatura del aire los nidos comenzarán a incubarse a temperaturas de la arena por encima de la temperatura pivotal (29,2°C; Mrosovsky, 1989), por lo que producirán más descendencia femenina (Hawkes *et al.*, 2007).

Los resultados, basados en los datos de 26 años, sugieren que nidos de tortuga caguama en Carolina del Norte producen en la actualidad proporcionalmente más machos (42% machos) que en los nidos establecidos en la Florida (por lo general <10% machos; Mrosovsky y Provancha, 1989). Estos resultados están de acuerdo con los estudios realizados con la proporción de sexos de los sitios de anidación en el norte de los Estados Unidos (Mrosovsky *et al.*, 1984; Webster y Gouveia, 1989). Sin embargo, dado que en Florida probablemente podría experimentar calentamiento (IPCC, 2001) y no está regulado por las características oceánicas como en Carolina del Norte (Boyles y Raman, 2003), hay una posibilidad real de una mayor desviación o incluso feminización completa de la proporción sexual, la cual presenta la mayoría de la anidación en los Estados Unidos (Shoop y Kenney, 1992).

Los resultados del programa de modelado (en el escenario de calentamiento mínimo que se espera de la IPCC, 2001) muestra 2°C en el aumento de la temperatura del aire el cual es suficiente para dar lugar a la feminización total y con 3°C del calentamiento, muchos nidos en el sur de Florida comenzarían a experimentar temperaturas de incubación encima de los límites letales. Por lo tanto, además de la proporción sexual primarios extremos, disminución o cero éxito de eclosiones digno de consideración para todas las poblaciones anidadoras con proporciones sexuales actuales sesgadas (por ejemplo, Mediterráneo: Broderick *et al.*, 2000; Godley *et al.*, 2001; Oz *et al.*, 2004; Florida: Mrosovsky y Provancha, 1992; Mrosovsky, 1994; Hanson *et al.*, 1998; Brasil: Marcovaldi *et al.*, 1997).

Si el calentamiento se produce, las tortugas de las playas del norte y del sur podría evitar el sesgo de la proporción sexual por (a) adaptación *in situ* mediante el ajuste de la temperatura pivotal, (b) la alteración de anidación espacial (ej. latitud, altura de playa, profundidad o tipo de sustrato, Hays *et al.*, 2001) o (c) modificación de anidación temporal (por ejemplo, anidando en períodos más fríos al principio y al final de la temporada a fin de aprovecharlos entornos de incubación con probabilidades de producir más machos;

Mrosovsky *et al.*, 1984.; Naro-Maciel *et al.*, 1999; Hays *et al.*, 2003; Pike *et al.*, 2006).

Si el calentamiento global provoca un sesgo adicional en la proporción sexual en tortugas marinas, los machos podrían convertirse en el recurso limitante. En el peor de los escenarios, el calentamiento global podría conducir a la eliminación de la producción de la descendencia masculina por completo, según lo predicho por Janzen (1994) para otras especies de tortugas. Claramente, el alto sesgo en la proporción sexual podría tener efectos a largo plazo en la ecología reproductiva y la evolución de las tortugas marinas, incluidos los efectos sobre la paternidad múltiple de esperma, la competencia, y la fertilidad (Lovich, 1996). Al nivel de la población, la proporción de sexos altamente sesgada podría potencialmente conducir a un efecto Allee, si el tamaño de la población de los individuos reproductivamente activos fuera demasiado pequeño (Stephens *et al.*, 1999).

De acuerdo con Fuentes (2009) sus modelos predicen que, para el año 2030, la temperatura de la arena en Moulter Cay, Ashmore island y Bramble Cay habrá aumentado hasta un punto que la mayoría de los huevos se incuban por encima de la temperatura pivotal, dando lugar a una feminización casi total de la producción anual de neonatos. Las proyecciones son más graves para la isla BareSand, donde la temperatura de la arena es probable que llegue a regular el umbral superior de incubación térmica de 33 ° C, causando la mortalidad de los huevos.

En 2070, suponiendo que no hay otros cambios sustanciales en las condiciones locales que se producen, se prevé que los huevos en Moulter Cay, Milman Island y Bramble Cay se incuban a temperaturas cercanas al umbral superior térmico, dando lugar a crías con una mayor incidencia de la escala y anomalías morfológicas. Los huevos de la Ashmore island y la isla BareSand constantemente se incuban a temperaturas por encima del umbral superior térmico, causando mortalidad y una reducción importante en el éxito de eclosión en estas colonias.

Por el contrario, Milman Island se prevé mantener la producción de machos hasta el año 2030. Resultados similares a los que reporta Fuentes (2009) los cuales prevén en Cabo Cañaveral, Florida y Bald Head Island, Carolina del Norte, EE.UU., donde se espera una feminización de la población de tortuga boba *Caretta caretta* y un aumento en la producción de crías hembras, respectivamente, con un aumento de 2°C (Hawkes *et al.*, 2007).

De acuerdo con Fuentes (2009), todas las proyecciones que se presentaron en su estudio son probablemente subestimadas, ya que el calentamiento metabólico aumentará la temperatura de la arena en aproximadamente 0.5 °C (Booth y Astill 2001) durante el segundo tercio del período de incubación del nido. Además, las proyecciones que se presentaron pueden variar ligeramente ya que los modelos utilizados no tuvieron en cuenta la variación en la profundidad del nido o nidos depositados en áreas sombreadas o con vegetación (Fuentes *et al.*, 2009).

3. OBJETIVOS

3.1 Objetivo General

Evaluar la proporción sexual de crías de tortuga negra producidas en la playa de Colola Michoacán.

3.2 Objetivos Particulares

1. Evaluar la variación de la proporción sexual de las crías de tortuga negra producidas actualmente en la playa de Colola por efectos del incremento de temperaturas de incubación atribuidas al calentamiento global.
2. Estimar la proporción sexual de las crías de tortuga negra producida en 2011-2012 en la playa de Colola y compararla con la proporción sexual de las crías obtenida en 1995 en la misma playa para observar variaciones en la proporción sexual de crías de tortuga negra, para la conservación de su población en la costa de Michoacán.

4. ÁREA DE ESTUDIO

4.1 Ubicación

El área de estudio queda comprendida dentro de la planicie costera de Michoacán, la cual forma parte del litoral del Pacífico Mexicano. La costa michoacana se localiza al sur de la Sierra Madre del Sur, con una topografía accidentada a causa de su reciente emersión (Eoceno). La zona costera del estado de Michoacán consta de aproximadamente 208 km de longitud y está ubicada dentro de tres municipios: Lázaro Cárdenas, Aquila y Coahuayana (García y Reyna, 1969) (fig.1).



Figura 1. Ubicación de la costa michoacana

4.2 Fisiografía

El estado de Michoacán está asentado en la placa continental norteamericana, mientras que el piso del océano Pacífico, que se encuentra fuera de la costa se halla sobre la placa de Cocos. La placa de Cocos está empujando hacia el Noroeste de 5 a 10.5 cm por año contra la placa Norteamericana, la cual se mueve hacia el oeste. La colisión de ambas placas ha determinado las principales características topográficas del área, esto ha llevado a la formación de la Sierra Madre del Sur y de una planicie costera muy angosta, así como de una estrecha plataforma continental y una trinchera que alcanza grandes profundidades muy cerca de la costa. A lo largo del litoral se encuentran dos tipos principales de líneas costeras, una es regular y la otra irregular. En la mayor parte de Lázaro Cárdenas y Coahuayana se presentan estas costas regulares con playas largas, estuarios y deltas de ríos, toda la costa correspondiente al municipio de Aquila es irregular, ya que las montañas y colinas de la Sierra Madre del Sur penetran al océano (UNAM, 1989).

4.3 Suelos

Para la costa michoacana se registra cinco tipos de suelo: feozem, regosol, litosol, vertisol y gleysol (INEGI, 1985).

Feozem. Principalmente se localiza en las sierras, valles, llanuras y lomeríos. Son suelos delgados de color pardo, con textura finas y medianas, su drenaje es lento y moderado, su permeabilidad es baja y media.

Regosol. Se encuentra en las sierras de la región costera, en el cual se desarrolla una vegetación de bosque tropical caducifolio. Estos suelos están poco desarrollados y tienen un mínimo de materia orgánica (de ahí su color claro). Su permeabilidad es alta y su drenaje muy rápido.

Litosol. Suelo Que se ubica sobre relieves escarpados donde se desarrolló el bosque tropical caducifolio y el bosque tropical subdeciduo. Su uso para la agricultura es muy reducido debido a su desarrollo incipiente y su profundidad muy somera.

Vertisol. Suelos dominantes para la región de Coahuayana. Muy arcillosos, poco permeables y con una cantidad moderada de materia orgánica. Son eficientes para la agricultura debido a su capacidad de intercambio catiónico, lo que los hace muy fértiles.

Gleysol. Se ubican en las zonas cercanas a la costa, sufren inundaciones periódicamente y su drenaje es muy deficiente (desarrolla procesos de salinización). Presenta un alto contenido de arcilla y su color es azul verdoso.

4.4 Hidrografía

La corriente principal de la región es el Río Coahuayana el que se origina a una altitud de 1250m sobre el nivel del mar y tiene un recorrido de 120km. En su inicio el río fluye con dirección hacia el Sur, y en su trayecto recibe aportaciones de los ríos Ixtala, Chichicua, San José y Orcola desembocando al sur de la bahía de Maruata. Por otro lado, entre los ríos Coalcomán y Nexpan hay varias corrientes con características discontinuas como los ríos Mameyera y Tupitina, los arroyos Tizipan, la Guitarra y Huahua (INEGI, 1985).

4.5 Clima

El tipo de clima es: A w (w) (i') g, es decir, clima cálido, el más seco de los subhúmedos en verano.

La costa michoacana es una región muy cálida con temperatura media anual mayor a 26°C. La época de lluvia en verano abarca desde el mes de junio hasta octubre, pudiendo existir una canícula intraestival. La precipitación media anual es de 600 a 800mm; durante los meses de enero a abril la precipitación es inapreciable siendo septiembre el mes más lluvioso (García y Reina, 1969).

4.6 Vegetación

En la región costera el tipo de vegetación dominante es el bosque tropical caducifolio (Rzedowski, 1981). La vegetación que presenta la costa del estado de Michoacán, está compuesta por cinco tipos de asociaciones: bosque tropical caducifolio, bosque tropical subdeciduo, manglares, dunas costeras y palmar (González, 1981).

Bosque tropical caducifolio. Es el tipo de vegetación más común en los lugares más secos.

Bosque tropical subdeciduo. Se localiza en los lugares con una alta humedad relativa, con suelos arenosos profundos o delgados.

Manglar. Se localiza solamente en las orillas de los esteros y en las desembocaduras de los ríos con afluencia de agua, en ocasiones crece en suelos aluviales con inundaciones periódicas.

Dunas costeras. Su vegetación se compone de especies pioneras, generalmente herbáceas y arbustos, las cuales son importantes para retener el suelo arenoso de la costa.

Palmar. Se presenta en suelos someros, inundables, llanas y planicies costeras cerca de las desembocaduras de ríos y arroyos.

4.7 Fauna

Las clases de vertebrados que habitan la costa michoacana tienen un gran número de especies de anfibios, reptiles, aves, peces y mamíferos. Los cuales incluyen nutria, venado, mapache, coyote, armadillo, jabalí, ocelote, puma, tigrillo, guacamaya, loro, perico, urraquilla, mojarra, camarón o acamaya, pez sierra, tortugas marinas, tiburón, pato, cerceta entre otras especies (Atlas Geográfico del Estado de Michoacán, 2003).

4.8 Colola

Colola es parte del santuario Colola-Maruata y es una playa de 4.8 kilómetros de longitud que se localiza entre las coordenadas 103°24'33"O -18°17'47"W, en el municipio de Aquila. El poblado de Colola se localiza en el extremo oriente de la playa. El extremo occidental está limitado por un afloramiento rocoso. Entre la carretera y la playa se encuentra un cinturón denso de aproximadamente 60m de ancho compuesto por arbustos, donde los géneros más importantes son *Prosopis*, *Glirisia*, *Phitocellobium* y *Solanum* (Alvarado y Delgado, 2005) (fig. 2).



Figura 2. Playa de Colola (lado oeste)

5. MÉTODOS

Para evaluar la proporción sexual de las crías de tortuga negra en Michoacán, se estimó la proporción sexual de las crías producidas en la playa de Colola en 2011-2012 y se comparó con la proporción sexual de las crías obtenidas en la misma playa por Hernández en 1995.

5.1 Recolecta de información.

A partir del mes de noviembre del 2011 hasta el mes de enero de 2012, se colocaron 20 data loggers (Hobos) (fig.3) en nidos de tortuga negra, para registrar continuamente la temperatura de nidos.

Los hobos que se utilizaron tienen las siguientes características: tiempo de respuesta 15 min a 90% con circulación de aire 1 m/s, 5 min a 90% en agua, memoria hasta 3,500 mediciones, con led de confirmación de operación, batería de 1 año, dimensiones: 5.8 x 3.3 x 2.3 cm, peso 18 gr, Rango: temperatura en aire: -20° a +70°C. en agua/hielo: -20° a +50°C Precisión: $\pm 0.47^{\circ}\text{C}$ a 25°C. Resolución de 0.10°C en 25°C.



Figura 3. Hobo utilizado para colecta de temperaturas.

Se colocaron 10 hobos en nidos naturales (*in situ*) (fig.4) y 10 hobos en nidos en condiciones de vivero (fig.5) al inicio del periodo de incubación de éstos (durante la ovoposición en nidos naturales y durante el trasplante de nidos en el vivero). Cada ocho días a partir del 01 de noviembre de 2011, fecha en que se colocó el primer hobo *in situ* y en vivero, se fueron colocando un par de hobos uno en nido natural y otro en vivero.

Para la segunda temporada que comprendió del mes de septiembre al mes de noviembre del 2012 se colocaron 14 hobos: siete en nidos *in situ* y siete en condiciones de vivero.



Figura 4. Colocación de hobos en nidos naturales.



Figura 5. Colocación de hobos en nidos incubados en vivero.

Los nidos a los que se les colocaron hobos, fueron los primeros que se localizaron durante el patrullaje en el caso de nidos *in situ* y el primer nido de la noche que llego a vivero para ser trasplantado.

Los hobos fueron colocados a la mitad de la nidada en ambos casos. En los nidos *in situ* el hobo se colocó a los 8 minutos después de iniciada la ovoposición debido a que el tiempo promedio en que tarda una tortuga negra en el proceso de ovoposición es de 16 minutos (Santamaría, 2004) (fig. 6).

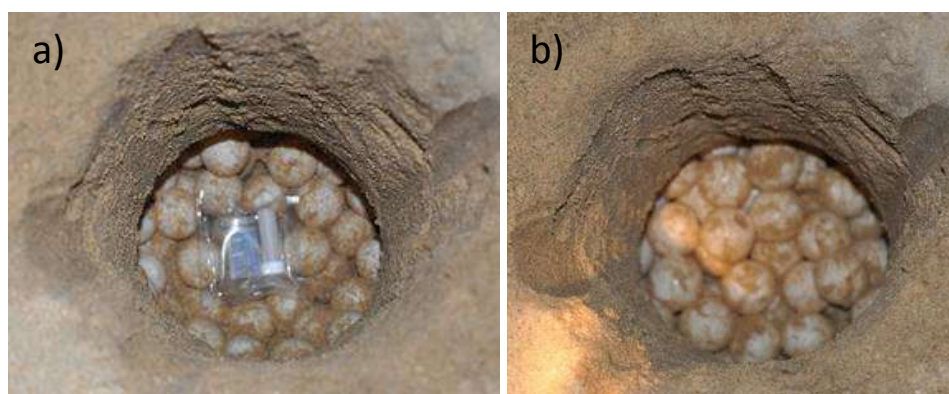


Figura 6. a) Hobo colocado a la mitad y b) Colocación del resto de la nidada en nidos de vivero.

Cada nido *in situ* y de vivero con hobo fue ubicado geográficamente en la playa por medio de GPS para evitar la pérdida de éstos y asegurar su ubicación. Por otro lado, los nidos fueron identificados con estacas de 1m de altura a las cuales se les coloco la siguiente información: Fecha de anidación, número de nido y número de hobo (fig. 7) además se utilizaron formatos para la obtención de datos al colocar los hobos (fig. 8).



Figura 7. Colocación de los datos en la estaca para marcar los nidos del estudio.

Fecha:	Nº de Nido:
Hora:	Nº d Huevos:
Hobo:	Uso del Nido:
Dist. al mar:	
Ubicación GPS	

Figura 8. Formato para la obtención de datos.

Los nidos fueron continuamente vigilados por el personal que realiza labores de conservación en dicha playa para evitar su saqueo y la pérdida de hobos durante el estudio.

Una vez que los nidos cumplieron el periodo de incubación se procedió a recuperar los hobos de los nidos (fig. 9) para poder acceder a la información capturada en el periodo de estudio.



Figura 9. a) Excavación del nido y b) Obtención de hobo y restos de cascarones.

5.2 Evaluación de temperaturas de incubación de nidos de tortuga negra.

Una vez culminado el periodo de incubación de los nidos muestreados, se recolectaron los hobos de temperatura y se bajó su información a la computadora por medio del programa HOBOWare PRO (fig. 10) para obtener los datos de temperatura registrados en los mismos. Conforme se completaron los periodos de incubación de los nidos muestreados se obtuvo la proporción sexual de las crías obtenidas, a partir de la temperatura pivotal registrada para tortuga negra en la playa de Colola (29.5°C) (Díaz, 1986). A pesar de que algunos hobos se perdieron durante el estudio, los datos de esas fechas fueron calculadas con hobos obtenidos que abarcaron las fechas de los hobos perdidos.



Figura 10. Programa para dispositivos y registradores de datos hobo.

Al final del periodo de muestreo, se obtuvo la proporción sexual de crías nacidas en la temporada 2011-2012 la cual se comparó con la obtenida por Hernández en 1995.

Una vez estimada la proporción sexual se realizó un análisis de los resultados para evaluar la proporción sexual de las crías de tortuga negra obtenida en este estudio y las repercusiones en la recuperación de la población de tortuga negra en Michoacán.

6. RESULTADOS

En este trabajo se estimó una proporción sexual global de crías de tortuga negra de 1:1.2 (hembra-macho) en nidos incubados *in situ*, mientras que la proporción sexual global obtenida en nidos de vivero fue de 1.45:1 (hembra:macho).

Durante la primera temporada seis de los hobos colocados tanto en nidos de vivero como en nidos *in situ* no se localizaron (2 en vivero y 4 en nidos naturales), debido principalmente a la gran cantidad de hembras que llegaron a desovar durante la temporada, las estacas fueron removidas de los nidos por las mismas tortugas, y los 14 hobos recuperados se colocaron en la segunda temporada comprendiendo los meses cálidos de los cuales solo se recuperaron 10 por las mismas razón que la temporada anterior donde las mismas tortugas removieron las estacas.

Las temperaturas obtenidas durante el periodo noviembre 2011- enero 2012 fueron las que comprendieron al segundo tercio del periodo de incubación las cuales se muestran en la tabla 1

Tabla 1. Temperatura de los hobos en vivero e *in situ* temporada noviembre 2011- enero 2012.

Hobo <i>In situ</i>	Temperatura (promedio) °C	Hobo Vivero	Temperatura (promedio) °C
Hobo1	29.99	Hobo1	30.59
Hobo 2	29.53	Hobo 2	29.36
Hobo 3	29.53	Hobo 3	28.42
Hobo 4	29.17	Hobo 4	28.45*
Hobo 5	29.31*	Hobo 5	28.45
Hobo 6	29.14*	Hobo 6	28.72
Hobo 7	No localizado	Hobo 7	28.54
Hobo 8	27.8*	Hobo 8	28.9
Hobo 9	28.0*	Hobo 9	29.33*
Hobo 10	27.96	Hobo 10	27.46

En la figura 11 se observa el porcentaje de crías para nidos *in situ* del periodo frío, con una producción del 48,7 % de hembras y 51.3% machos a partir de de noviembre a diciembre, y a partir del mes de enero el porcentaje de hembras disminuye hasta 15.63% obteniéndose una producción de 84.37% de machos.

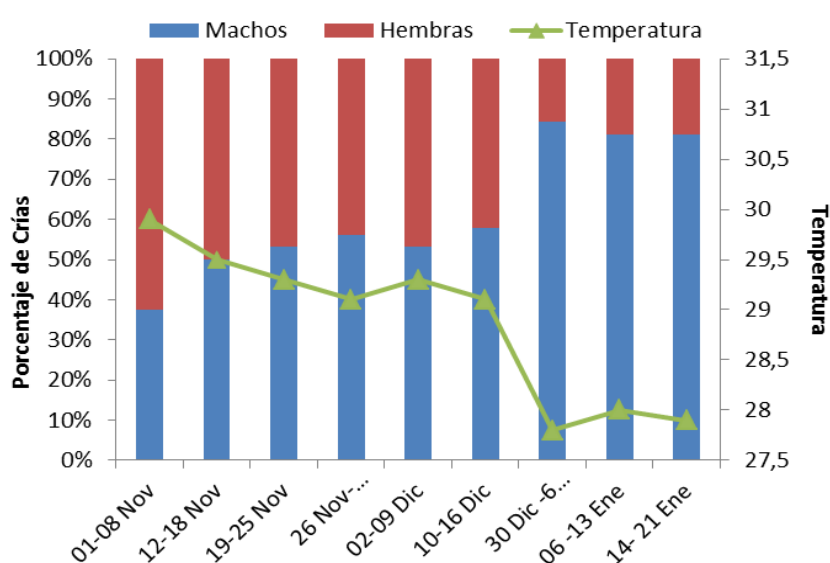


Figura 11. Proporción sexual de crías de tortuga negra producidas semanalmente en nidos *in situ* de los meses noviembre 2011- enero 2012.

Para nidos en vivero, se observó una disminución en la proporción de hembras a partir de la segunda mitad del mes de noviembre, aumentando la producción de machos hacia mediados del mes de enero (fig.12).

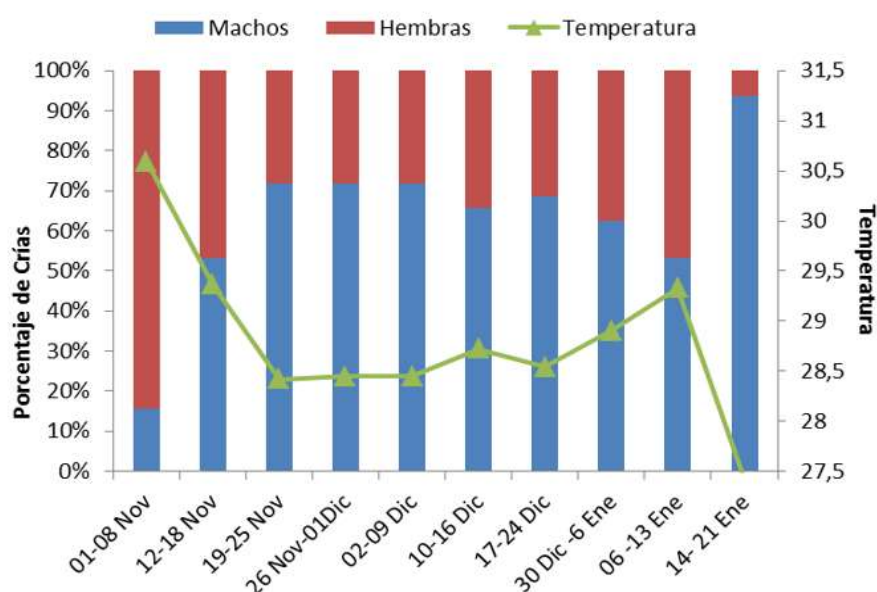


Figura 12. Proporción sexual de crías de tortuga negra producidas semanalmente en nidos en vivero de los meses noviembre 2011- enero 2012.

Se obtuvo el porcentaje de hembras de acuerdo con la temperatura para nidos *in situ* con un resultado de 38.37% de hembras, con el total de huevos calculado se estimó el número total de crías producidas (tabla 2).

Tabla 2. Proporción sexual de crías de tortuga negra estimada por periodos semanales para nidos *in situ* noviembre 2011- enero 2012.

Periodo	% de hembras <i>in situ</i>	Nidos	Huevos
01-08 noviembre	62.5	285	19,950
12-18 noviembre	50	468	32,760
19-25noviembre	53.12	257	17,990
26 nov-01diciembre	56.25	335	23,450
02-09 diciembre	53.12*	785	54,950
10-16 diciembre	57.81*	257	17,990
17-24 diciembre	x	x	x
30 dic - 06 enero	15.63*	684	47,880
06- 21 enero	18.75*	742	51940
14- 21 enero	18.75	586	41,020
Promedio	38.37%		307,930

De la misma forma, se obtuvo la información del total de nidos y huevos en vivero para los periodos semanales de los meses fríos y se calculó el total el porcentaje de crías hembras producidas en vivero de acuerdo con la temperatura registrada de cada nido por los hobos (tabla 3).

Tabla 3. Proporción sexual de crías de tortuga negra obtenida semanalmente en nidos de vivero en el periodo noviembre- enero 2011

Periodo	% de hembras vivero	Nidos	Huevos
01-08 noviembre	84.37	65	4550
12-18 noviembre	46.88	124	8680
19-25 noviembre	28.13	31	2170
26 nov-01diciembre	28.13*	62	4340
02-09 diciembre	28.13	92	6440
10-16 diciembre	34.38		
17-24 diciembre	31.25		
30 dic - 06 enero	37,5		
06- 21 enero	46.88*		
14- 21 enero	6.27		
TOTAL	37,19%		26180

Con la información de temperatura obtenida en los meses fríos, se estimó una proporción sexual para nidos incubados *in situ* de 61,63% machos y 38,37% (118,152 crías) hembras, mientras que para nidos en vivero 62,8 % de machos y 37,19% (9737 crías) hembras.

El segundo periodo de estudio que correspondió al mes de septiembre y la primera semana de noviembre del 2012 se consideró el periodo cálido de la temporada en la cual se colocaron un total de 14 hobos.

La información de temperaturas de incubación obtenidas a partir de hobos en 2012 arrojó los siguientes resultados (tabla 4).

Tabla 4. Temperatura de los hobos en vivero e *in situ* temporada septiembre a la primera semana de noviembre 2012.

Hobo <i>In situ</i>	Temperatura °C	Hobo En Vivero	Temperatura °C
Hobo 1	31.4	Hobo 1	No localizado
Hobo 2	30.5	Hobo 2	32.8
Hobo 3	30.87	Hobo 3	32.6
Hobo 4	30	Hobo 4	30.8
Hobo 5	29.67	Hobo 5	30.78
Hobo 6	30.04*	Hobo 6	31.7
Hobo 7	30.36	Hobo 7	31.2

Para este periodo la proporción sexual correspondiente a las semanas de colocación de hobos para nidos *in situ* se observó una mayor producción de hembras (fig.13).

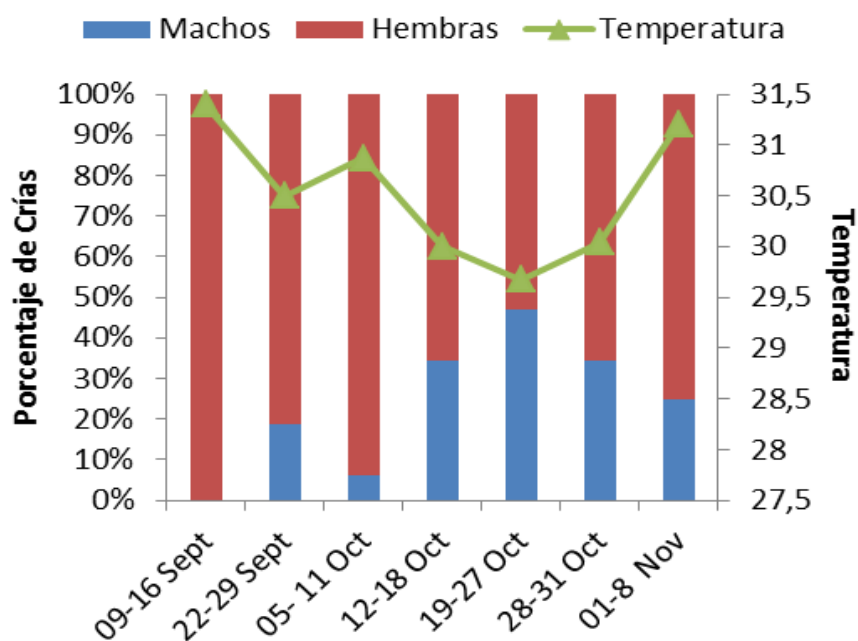


Figura 13. Proporción sexual de crías de tortuga negra por semana en nidos *in situ* de los meses septiembre-noviembre 2012.

Para nidos en vivero, se estimó una producción de hembras casi del 100% solo se observa una producción de machos en el periodo del 12 al 18 de octubre y del 19 al 27 de noviembre ambos con un porcentaje de 9.38% y 13% de machos siendo esta la menor producción de machos en vivero (fig.14).

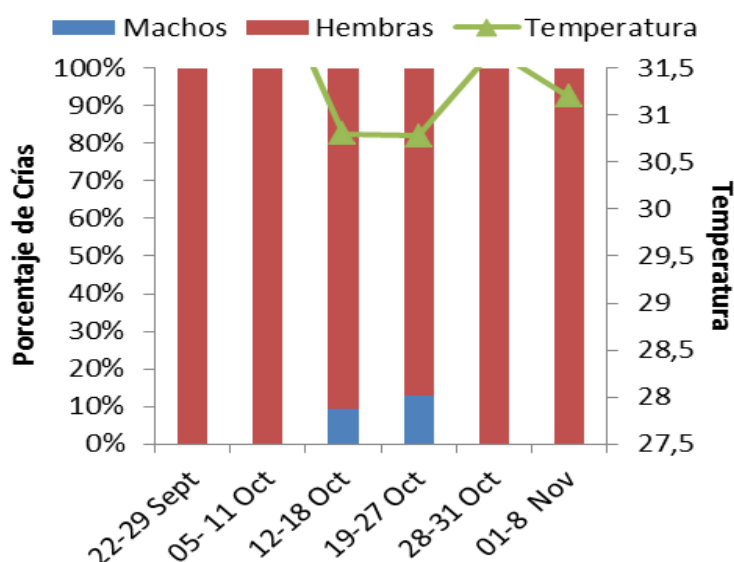


Figura 14. Proporción sexual de crías de tortuga negra por semana en nidos en vivero de los meses septiembre-noviembre 2012.

Para los meses cálidos se obtuvo el porcentaje de hembras de acuerdo con la temperatura para nidos *in situ* con un resultado de 76.33% de hembras, con el total de huevos estimado para calcular así el número total de crías producidas (tabla 5)

Tabla 5. Proporción sexual de crías de tortuga negra estimada por periodos semanales para nidos *in situ* del mes de septiembre a la primera semana de noviembre 2012.

Periodo	%de hembras <i>In situ</i>	Nidos	Huevos
09-16 septiembre	100		
22-29 septiembre	81,25*		
05- 11 octubre	93.75	360	25200
12- 18 octubre	65,62	185	12950
19- 27 octubre	53.12*	251	17570
28 – 31 octubre	65.62	360	25200
01- 08 noviembre	75	605	42350
TOTAL	76.33%		123270

Por otra parte, se obtuvo la información del total de nidos en vivero y huevos incubados para cada periodo y con esto, se estimó el porcentaje total de crías hembras producidas en vivero de acuerdo con la temperatura obtenida de los nidos monitoreados (tabla 6).

Tabla 6. Proporción sexual de crías de tortuga negra estimada por periodos semanales para nidos en vivero de septiembre a la primera semana de noviembre 2012.

Periodo	% de hembras en Vivero	Nidos	Huevos
09-16 septiembre		139	
22-29 septiembre	100	131	9170
05-12 octubre	100	6	420
13- 18 octubre	90.62	30	2100
19- 27 octubre	87	80	5600
28- 31 octubre	100	46	3220
01- 08 noviembre	100	72	5040
TOTAL	96.2.%		25550

Para los meses cálidos que comprenden del mes de septiembre a la primera semana de noviembre se encontró una proporción para nidos *in situ* de 23.6% machos y un 76.33% (94,100 crías) hembras y para nidos en vivero se estimó una proporción sexual de 3.79% machos y un 96.2% (24,580 crías) hembras.

En la figura 15, se observan los periodos tanto de meses cálidos como los periodos de los meses fríos de los nidos *in situ* en los que se observa la producción de hembras y machos durante la temporada 2011-2012.

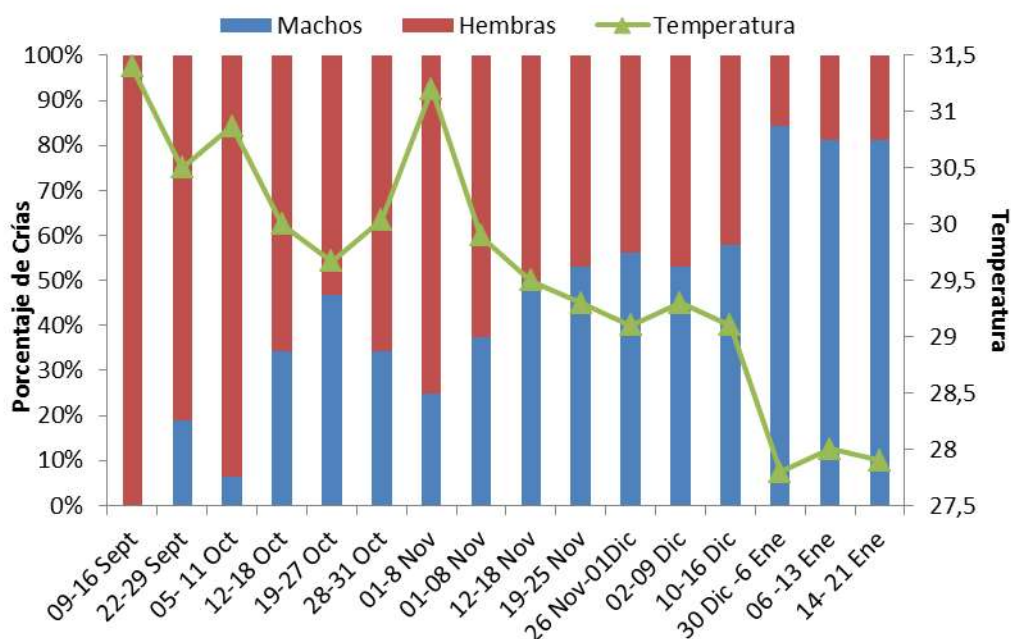


Figura 15. Proporción sexual de crías de tortuga negra por semana de nidos *in situ* de la temporada 2011-2012.

En la figura 16, se muestran las temperaturas de los periodos de los meses cálidos y fríos de nidos en vivero en los que se observa una alta producción de hembras en los meses cálidos y una alta producción de machos en los meses fríos en temporada 2011-2012.

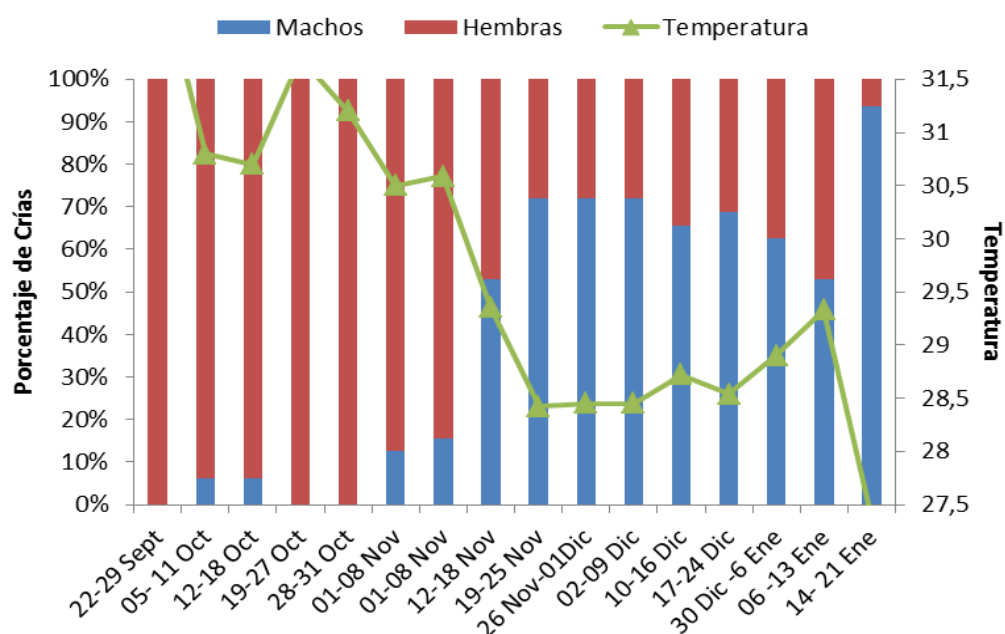


Figura 16. Proporción sexual de crías de tortuga negra por semana de nidos en vivero de la temporada 2011-2012.

Para esta temporada se estimó una proporción sexual para los nidos *in situ* de 1.2:1 (54.9 % de hembras y 45% de machos), mientras que para los nidos en vivero se estimó una proporción sexual de 1.45:1 (59.3% hembras y 40.6% machos).

En la figura 17 se observa la proporción sexual mensual de hembras obtenida en la temporada de anidación 2012.

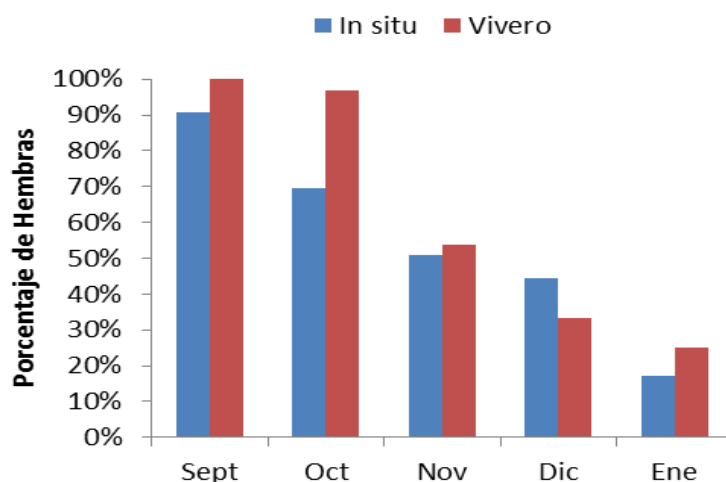


Figura 17. Porcentaje de hembras producidas por mes durante la temporada de anidación.

En este estudio, la proporción sexual natural de las crías de tortuga negra producida por mes a partir de septiembre tiene la mayor producción de hembras, y ésta empieza a disminuir hacia el mes de noviembre, esto debido a que la temporada cálida comprende estos meses, la cual disminuye drásticamente en el mes de enero en el cual ocurre la mayor producción de machos.

La proporción de hembras producida en vivero, va disminuyendo de forma gradual del mes de septiembre hasta el mes de enero, siendo los meses de septiembre y octubre los de mayor producción de hembras en Colola tanto en nidos de vivero como en *in situ*.

En el mes de noviembre hasta la proporción sexual de las crías de tortuga negra en Colola se mantiene cerca del 1:1, la producción de hembras hacia

finales de diciembre disminuye y en el mes de enero se da la mayor producción de machos con temperaturas de 28 a 27.48°C presentándose entre el 81% al 93.75 % de machos en las nidadas.

7. DISCUSION

Es cierto que la ocurrencia de TSD en reptiles ha provocado un considerable interés porque este fenómeno puede potencialmente producir proporciones de sexos altamente asimétricos bajo ciertas condiciones ambientales (Miller y Limpus 1981; Mrosovsky et al 1992). Por ejemplo, en Florida, temperaturas cálidas para nidos de tortugas bobas producen crías predominantemente femeninas (Mrosovsky y Provancha 1989, 1992). En tales circunstancias, TSD parece ser inadecuado y potencialmente conducir a la extinción de la población.

En este trabajo se observa que la proporción sexual de las crías no solo puede estar influenciada por el manejo de las nidadas en el caso del uso de los viveros de incubación, donde el calor metabólico producido por una gran cantidad de nidos trasplantados en un área relativamente pequeña puede contribuir de manera importante a la producción diferencial de un sexo en particular sino también a los factores ambientales (temperatura y precipitación).

Aunque en algunas playas ya se han encontrado sesgos hacia las hembras como por ejemplo en las poblaciones de islas Buck y Bahía de acuerdo con Godfrey *et al.*, (1999) donde encontraron el 90% de hembras en la población de tortuga Carey. Así como también en las poblaciones de caguama de acuerdo con Mrosovsky, Oz *et al.*, 2004, Chu *et al.*, 2008 y en otras poblaciones por ejemplo en Zakynthos (Grecia) la estimación fue de 68 y 75% de hembras, en el Mediterráneo fue de 89 a 99% al igual que en Kefhalonia y Kyparissia Bay existe sesgo femenino y en tortugas planas (*Natator depressus*) por Blamires y Guinea 1997 también existe un sesgo hacia las hembras. Al igual que en tortuga laúd en Costa Rica con un 74.3 a 100% de hembras.

La proporción sexual estimada en este estudio mostró un resultado importante ya que los resultados entran dentro de los modelos teóricos que predicen proporciones sexuales equilibradas (Bull y Charnov, 1988), como la que se estimó en este estudio para nidos *in situ* donde la proporción sexual fue cercana a 1:1.

La proporción sexual de las crías de tortuga negra producidas en vivero y estimada en este trabajo 1.45:1 (hembra-macho), concuerda con la encontrada por Alvarado y Figueroa (1990) y la reportada con Hernández en 1995 (83 y 75% respectivamente). Sin embargo, la proporción sexual estimada en nidos *in situ* sugiere que la proporción sexual natural de las crías producidas en Colola es cercana al equilibrio (1:1.2).

Las diferencias en las estimaciones de la proporción sexual en vivero con la de nidos *in situ* sugieren un sesgo importante de la proporción sexual por efectos de manejo que deben ser consideradas seriamente cuando se decida utilizar viveros de incubación sobre todo en poblaciones de especies en peligro de extinción, como es el caso de las tortugas marinas.

El equilibrio de la proporción sexual de las crías producidas en nidos *in situ* es fomentada al parecer, por las variaciones estacionales de temperatura en la temporada de reproducción: un porcentaje muy importante de la población de hembras anidadoras anida durante los meses cálidos (septiembre-noviembre) y otra parte anida durante los meses fríos (diciembre-marzo) en la primera parte se produce una mayor proporción de hembras y en la otra parte correspondiente a invierno se produce una proporción considerable de machos.

Hernández (1995), estimó que la proporción sexual de crías de tortuga negra en la playa de Colola producida en nidos *in situ* fue de 71.7% hembras y un 71.2% de machos en nidos incubados en vivero. Después de 17 años, en este estudio se estimó una proporción sexual global de crías de tortuga negra producidas *in situ* de 1:1.2 (hembra - macho), mientras que en vivero se estimó una proporción de 1.45:1 (hembra – macho).

Las diferencias encontradas entre las estimaciones de la proporción sexual de crías de tortuga negra en la playa de Colola entre lo reportado por Hernández en 1995 y las reportadas en este trabajo pueden atribuirse a diferentes factores: 1) Los métodos utilizados en el registro de las temperaturas de incubación (hobos/termopares); 2) la ocurrencia de un mayor número de anidaciones en los meses fríos de la temporada de reproducción durante la

temporada de invierno; 3) variaciones de temperatura y precipitación en los años de estudio.

La diferencia que se encuentra entre la proporción sexual *in situ* y la de vivero puede deberse a cuestiones de manejo de las nidadas; en nidos incubados en vivero el calor metabólico que producen los nidos con huevos en desarrollo puede ser un factor importante en el sesgo de la proporción sexual, debido que en vivero los nidos están colocados a una distancia y profundidad estandarizada (70 cm entre nido y a una profundidad de 70 cm) , lo que no ocurre en condiciones naturales los cuales se encuentran distribuidos heterogéneamente en términos espaciales y a profundidades que van de los 80 a 120 cm.

De acuerdo con Hernández (1995), el calor metabólico en vivero puede considerarse un factor que sesga la proporción sexual cuando los nidos en los viveros no son trasplantados adecuadamente. Ikarán (2010), menciona que la temperatura dentro del nido aumenta a lo largo del periodo de incubación, alcanzando valores máximos hacia el final del periodo. En su estudio, la media del calentamiento metabólico fue de 0.9°C, alcanzando valores máximos de hasta 3.5°C durante el final de la incubación. Durante el primer tercio, es casi inexistente mientras que durante el periodo crítico para la determinación sexual (alrededor del segundo tercio de la incubación), los huevos estuvieron a una temperatura media 0.6°C más calientes que la arena, oscilando entre valores de 0.4 y 1.1°C. Se comprobó, que este factor tiene un efecto considerable al momento de calcular la razón de sexos por medio de la temperatura de la arena, por lo que, el calor metabólico puede ser un factor que está generando el sesgo femenino en los nidos de vivero.

Por otra parte, los nidos ya eclosionados con crías muertas dentro de ellos también podrían estar generando calor dentro del vivero de acuerdo con Annette (2001), la cual menciona que en el último tercio de incubación, las temperaturas permanecen altas debido probablemente a la descomposición embrionaria.

Existen trabajos donde han realizado modelos para predecir la temperatura durante los próximos años los resultados muestran que para el 2029, se alcanzaría un escenario de 100% en la producción de hembras de tortugas marinas en Australia. Para el 2099, la arena podría llegar a tener valores medios por encima de los límites tolerados para el desarrollo embrionario (Fuentes, 2009).

El riesgo por las temperaturas en ascenso dependerá hasta cierto punto de la habilidad de las tortugas marinas para adaptarse por comportamiento o por evolución. Las hembras pueden alterar su comportamiento, por ejemplo anidando en áreas sombreadas por cobertura vegetal que puede proporcionar condiciones más frescas de incubación y por lo tanto, una mayor proporción de machos. Algunas alternativas a esta nueva amenaza, son el desplazamiento a diferentes playas de anidación con condiciones más frescas o cambios en el tiempo de anidación hacia meses más frescos. Aunque las tortugas marinas se han adaptado a muchos cambios de clima en el pasado, se ha sugerido que podrían ser incapaces de evolucionar tan rápido como sería necesario para contrarrestar los efectos del cambio climático como lo estamos viendo hoy en día (Baker *et al.*, 2009).

Este estudio contribuye al conocimiento de la proporción sexual de las crías de tortuga negra en la playa de Colola, el sitio de anidación más importante de *Chelonia agassizii* (o *Chelonia mydas agassizii*) en el mundo, sin embargo, es imperativo el seguimiento de estos estudios ante los escenarios de cambio climático que repercuten directamente en especies en peligro de extinción que tienen sistemas de diferenciación sexual dependientes de la temperatura como el caso de las tortugas marinas.

El incremento de las anidaciones de tortuga negra en la playa de Colola en los últimos años en meses fríos (diciembre, enero, febrero y marzo) contribuye de manera importante al equilibrio de la proporción sexual en Colola, sin embargo, el monitoreo anual de las temperaturas de incubación de los nidos de tortuga negra en Colola debería de ser considerada dentro de las actividades de

conservación para identificar sesgos en la proporción sexual que amenacen la restauración de la población de tortuga negra en Michoacán.

Actualmente, la mayor parte de las nidadas de las hembras de tortuga negra que ocurren en Colola se mantienen *in situ*, lo que favorece el equilibrio de la proporción sexual de las crías y evita el sesgo de la proporción sexual que ocurre en los viveros de incubación por efectos de manejo.

8. CONCLUSIONES

En este trabajo se estimó una proporción sexual en crías de tortuga negra en la playa de Colola en nidos *in situ* de 1:1.2 (hembra: macho) y para nidos incubados en vivero una proporción sexual de 1.45:1 (hembras: macho).

De acuerdo con la temperatura de incubación de los nidos, la proporción sexual en la playa de Colola está gobernada por el patrón estacional de temperatura, el cual tiende a producir hembras durante los primeros meses de la temporada y machos hacia el final de la temporada. En el mes de septiembre ocurre la mayor producción de hembras y en el mes de enero se produce el mayor porcentaje de machos.

La proporción sexual natural en la playa de Colola se mantiene en una condición equilibrada en los nidos *in situ* (1:1). Esta proporción, debería promoverse en las playas donde se llevan a cabo actividades de conservación de tortuga marina.

Se ha observado un incremento en el desove hacia los meses fríos donde tradicionalmente no ocurrían anidaciones (febrero, marzo, abril) esto probablemente se deba a un comportamiento de las hembras por evitar la competencia por sitios de anidación en el pico de la temporada debido al incremento en el número de hembras o para evitar las altas temperaturas de los meses cálidos.

La proporción sexual en vivero se estimó en un 59% de hembras, a diferencia de la proporción sexual encontrada en nidos *in situ*, este sesgo probablemente ocurra debido a que el calor metabólico producido por la alta concentración de nidos en el vivero podría estar afectando la temperatura de incubación de los nidos sesgando la proporción sexual hacia el segmento de las hembras.

Para evitar el sesgo de la proporción sexual en los viveros protegidos se podrían realizar acciones como cubrir estos con malla de sombra para evitar el incremento de la temperatura en estos además de promover el adecuado

trasplante de los nidos que incluya una adecuada separación entre nidos y a una profundidad adecuada.

Se recomienda el uso de data loggers (hobos) para estudios que intentan estimar la proporción sexual en cría de tortuga marina debido a que la toma de datos es más precisa evitando sesgos en las estimaciones que tienen relevancia sobre la conservación.

La playa de Colola representa un sitio importante para la anidación de tortuga negra y contribuye de manera significativa al equilibrio de la proporción sexual natural. Las prácticas de conservación de tortuga negra en Colola dirigidas a mantener los nidos *in situ* promueven una alta producción de crías con una producción equilibrada de sexos.

9. LITERATURA CITADA

Aguilar H. 1987. Influencia de la temperatura de incubación sobre la determinación del sexo y duración del período de incubación en la tortuga lora (*Lepidochelys kempi*). Tesis Profesional, Instituto Politécnico Nacional, México, 58 pp.

Alvarado, J y A. Figueroa L.1989. Ecología y conservación de las tortugas marinas de Michoacán, México. Cuaderno de divulgación (2) Coordinación de Investigación, Universidad Michoacana San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán.

Alvarado, J. y C. Delgado, 2005. Tortugas Marinas de Michoacán: Historia Natural y Conservación. Comisión de Pesca en el Estado de Michoacán y Universidad Michoacana de San Nicolás Hidalgo.

Arzola F y J Armenta. 1994. Análisis comparativo de dos factores ambientales en nidos naturales y nidos trasladados y su efecto en crías de tortuga golfina, *Lepidochelys olivacea* en la playa El Verde, Mazatlán, Sinaloa, durante la temporada 1992-1993. Tesis de Biología, Instituto Tecnológico de Los Mochis, México, 72 pp.

Arzola, J.F.G. 2007. Humedad y temperatura en nidos naturales y artificiales de tortuga golfina *Lepidochelys olivacea* (Eschscholtz 1829). Revista de Biología Marina y Oceanografía. 42(3): 377- 383.

Atlas Geográfico del Estado de Michoacán. 2003. Secretaria de Educación en el Estado de Michoacán y Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Editora y distribuidora EDDISA. Segunda edición.

Baker, J., Fish, M.R. y C. Drews. 2009. Manual de monitoreo de temperatura: guía para monitorear temperaturas de arena e incubación en playas de anidación de tortugas marinas. Informe de WWF, San José, pp. 20.

Binckley, C. A., Spotila, J. R., Wilson, K. S., and Paladino, F. V. 1998. Sex determination and sex ratios of Pacific leatherback turtles, *Dermochelys coriacea*. *Copeia* 2, 291-300

Blamires, S. J., and Guinea, M. L. 1997. Implications of nest site selection on egg predation at the sea turtle rookery at Fog Bay. In *Marine turtle conservation and management in northern Australia*. Northern Territory University, Darwin

Booth DT, Astill K. 2001. Temperature variation within and between nests of the green sea turtle, *Chelonia mydas* on Heron Island, Great Barrier Reef. *Aust J Zool* 49:71–84

Boyles RP, Raman S. 2003. Analysis of climate trends in North Carolina (1949–1998). *Environment International*, 29, 263–275.

Broderick AC, Godley BJ, Reece S, Downie JR. 2000. Incubation periods and sex ratios of green turtles: highly female biased hatchling production in the eastern Mediterranean. *Marine Ecology Progress Series*, 202, 273–281.

Bull, J. J. 1983. *Evolution of Sex Determining Mechanisms*. Benjamin/Cummings, Menlo Park, California

Bull, J. J., and E. L. Charnov, 1988. How fundamental are Fisherian sex ratios?, pp. 96–135 in *Oxford Surveys on Evolutionary Biology*, Vol. 5, edited by P. H. Harvey and L. Partridge. Oxford University Press, Oxford.

Canbolat AF. 2004. A review of sea turtle nesting activity along the Mediterranean coast of Turkey. *Biol Conserv* 116:81–91

Carrasco, M.A.A 2000. Estudio de los parámetros físicos que afectan el avivamiento en nidos de tortuga lora (*Lepidochelys kempii*, Garman 1880). Tesis de Maestría. Universidad de Colima.

Chu, C. T., Booth, D. T., and Limpus, C. J. 2008. Estimating the sex ratio of loggerhead turtle hatchlings at Mon Repos rookery (Australia) from nest temperatures. *Australian Journal of Zoology* 56, 57-64

Dalrymple, J. H., J. C. Hampp y D. J. Wellins. 1985. Male-biased sex ratio in a cold nest of a hawksbill sea turtle *Eretmochelys imbricata*. *Journal of Herpetology* 19:158-159.

Davenport, J. 1989. Sea Turtles and the Greenhouse Effect. *British Herpetological Society Bulletin* 29:11-15.

Díaz, C.A. 1986. Importancia de la temperatura de incubación en la determinación sexual de la tortuga negra *Chelonia agassizii*, en la playa de Colola, Mich., México. Tesis Profesional. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.

Fuentes, M.M.P.B., J. A. Maynard, M. Guinea, I. P. Bell, P. J. Werdell, M. Hamann. 2009. Proxy indicators of sand temperature help Project impacts of global warming on sea turtles in northern Australia. *Endangered Species Research*. Vol 9:33-40

Fuentes, M.M.P.B., C.J. Limpus & M. Hamann. 2010. Impacts of climate change on the largest green turtle population in the world: the nGBR green turtle population. *Indian Ocean Turtles Newsletter* No 12. Pag 6-8.

García E., T. Reyna. 1969. Relaciones entre el clima y la vegetación del suroeste de Michoacán, Instituto de geología. UNAM.

Garduño M., E Cervantes. 1996. Influencia de la temperatura y la humedad en la sobrevivencia en nidos in situ y en corral de tortuga Carey (*Eretmochelys imbricata*) en Las Coloradas, Yucatán, México. INP. SEMARNAP. *Ciencia Pesquera* 12: 90-97

Gitay Habiba, Avelino Suarez, Robert T. Watson, David John Dokken (Editores).2002. Documento técnico V del IPCC: Cambio Climático y Biodiversidad. CBD editorial. Pag 93.

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

Godfrey, M. yN. Mrosovsky.2000.Estimación de la Proporción Sexual en Playas de Anidación 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 Especialista en Tortugas Marinas Publicación No. 4, Pag 156-159.

Godley BJ, Broderick AC, Downie JR et al. 2001. Thermal conditions in nests of loggerhead turtles: further evidence suggesting female skewed sex ratios of hatchling production in the Mediterranean. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 263, 45–63.

Godley BJ, Broderick AC, Mrosovsky N. 2001. Estimating hatchling sex ratios of loggerhead turtles in Cyprus from incubation durations. *Marine Ecology Progress Series*, 210, 195– 201.

Godley B.J, A. C. Broderick, F. Glen, G. C. Hays.2002. Temperature-dependent sex determination of Ascension Island green turtles. *Marine Ecology Progress Series*. Vol.226:115-124

González, C. 1981. Excursiones a Michoacán y Colima. Guías botánicas de excursión en México, VVIII Congreso mexicano de botánica. Soc. Botánica Mexicana y Esc. De Biología, UMSNH

Hanson J, Wibbels T, Martin RE. 1998. Predicted female bias in sex ratios of hatchling loggerhead sea turtles from a Florida nesting beach. *Canadian Journal of Zoology*, 76, 1850–1861.

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

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

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

Hernández, G.A.M. 1995. Temperatura de incubación en huevos de tortuga negra (*Chelonia agassizii*, Bocourt 1868) y su influencia en el sexo de las crías en la playa de Colola, Michoacán, México. Tesis. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.

Houghton JDR, Hays GC. 2001. Asynchronous emergence by loggerhead turtle (*Caretta caretta*) hatchlings. *Naturwissenschaften* 88:133–136.

Ikaran M.S. 2010. Nesting and conservation of the leatherback turtle, *Dermochelys coriacea*, at the beach of Kingere, Gabon, Central Africa. Tesis Doctoral. Departamento de Biología. Universidad de las Palmas de Gran Canarias.

Janzen, F.J. 1994. Climate change and temperature-sex determination in reptiles. *Proceedings of the National Academy of Sciences, USA* 91:7487-7490.

Kaska, Y; Downie, R; Tippet, R, et al. 1998. Natural temperature regimes for loggerhead and green turtle nests in the eastern Mediterranean. Canadian Journal of Zoology-Revue Canadienne de Zoologie 76(4):723-729.

Kaska Y, Ilgaz C, Özdemir A, Baskale E, Türkozan O, Baran I, Stachowitsch M. 2006. Sex ratio estimations of loggerhead sea turtle hatchlings by histological examination and nest temperatures at Fethiye beach, Turkey. Naturwissenschaften 93:338–343.

Lovich, J.E. 1996. Possible demographic and ecologic consequences of sex ratio manipulation in turtles. Chelonian Conservation and Biology 2:114-117.

Luna, A.B.G. 2004. Registro de la temperatura de incubación durante el periodo termosensible en nidos de *Caretta caretta* y *Chelonia mydas* en la playa de Xcacel, en el litoral central de Quintana Roo. Título de Servicio Social. Hidrobiología. Iztapalapa.

Marco, A., Patino-Martínez, J., Ikarán, M., Quiñones, M. L. 2009. Tortuga laúd – *Dermochelys coriacea*. En: Enciclopedia Virtual de los Vertebrados Españoles. Salvador, A., Marco, A. (Eds.). Museo Nacional de Ciencias Naturales, Madrid. <http://www.vertebradosibericos.org/>

Marcovaldi MA, Godfrey MH, Mrosovsky N. 1997. Estimating sex ratios of loggerhead turtles in Brazil from pivotal incubation durations. Canadian Journal of Zoology, 75, 755–770

McCoy.C.J., R.C. Vogt y E.J. Censky. 1983. Temperature controlled determination in sea turtle *Lepidochelys olivacea*. J.Herp. 17(4): 404-406.

Merchant, H.L. 2000. Determinación del Sexo en Crías. 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 Especialista en Tortugas Marinas Publicación No. 4, 2000 (Traducción al español). Pag. 150-155

Miller, J. D. y C. J. Limpus. 1981. Incubation period and sexual differentiation in the green turtle, *Cheloniemydas* L., p.66-73. In: C. B. Banks y A. A. Martin (Editores). Proceedings of the Melbourne Herpetological Symposium, Parkville Zoological Board of Victoria

Morreale, S. J., G. J. Ruiz, J. R. Spotila y E. A. Standora. 1982. Temperature dependent sex determination: current practices threaten conservation of sea turtles. *Science* 216:1245-1247.

Mrosovsky N, Hopkins-Murphy SR, Richardson J. 1984. Sex ratios of sea turtles: seasonal changes. *Science*, 225, 739–741.

Mrosovsky, N., and Provancha, J. A. 1989. Sex ratio of loggerhead sea turtles hatching on a Florida beach. *Canadian Journal of Zoology-Revue Canadienne De Zoologie* 67, 2533-2539

Mrosovsky N, Provancha J. 1992. Sex ratio of hatchling loggerhead sea turtles: data and estimates from a 5-year study. *Canadian Journal of Zoology*, 70, 530–538.

Mrosovsky N. 1994. Sex ratios of sea turtles. *The Journal of Experimental Zoology*, 270, 16–27.

Naro-Maciel E, Mrosovsky N, Marcovaldi MA. 1999. Thermal profiles of sea turtle hatcheries and nesting areas at Praia do Forte, Brazil. *Chelonian Conservation and Biology*, 3, 407–413.

Oz, M., Erdogan, A., Kaska, Y., Dusen, S., Aslan, A., Sert, H., Yavuz, M., and Tunc, M. R. 2004. Nest temperatures and sex-ratio estimates of loggerhead turtles at Patara beach on the southwestern coast of Turkey. *Canadian Journal of Zoology-Revue Canadienne De Zoologie* 82, 94-101

Oliván, A. V. 2009. Mecanismo de determinación sexual. Fundamentos de genética. Curso.

Pachauri, R. K., and Reisinger, A. 2007. Climate Change 2007: Synthesis Report. Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University Press, Cambridge, UK.

Packard G, M Packard, K Miller & T Boardman. 1987. Influence of moisture, temperature and substrate on snapping turtle eggs and embryos. *Ecology* 68: 983-993.

Pike DA, Antworth RL, Stiner JC. 2006. Earlier nesting contributes to shorter nesting seasons for the Loggerhead sea turtle, *Caretta caretta*. *Journal of Herpetology*, 40, 91–94.

Plumer M & H Snell. 1988. Nest site selection and water relations of eggs in the snake, *Opheodry saestirus*. *Copeia* 1988(1): 58-61.

Rees AF, Margaritoulis D. 2004. Beach temperatures, incubation durations and estimated hatchling sex ratio for loggerhead sea turtle nests in southern Kyparissia Bay, Greece. *Testudo* 6:23–36

Rimblot, F., J. Fretey, N. Mrosovsky, J. Lescure y C. Pieau. 1985. Sexual differentiation as function of the incubation temperature of eggs in the sea-turtle *Dermochelys coriacea* (Vandelli, 1761). *Amphibia- Reptilia* 6:83-92.

Rimblot-Baly, F., Lescure, J., Fretey, J. and Pieau, C. 1987. Sensibilité de la température de la différenciation sexuelle chez la Tortue Luth, *Dermochelys coriacea* (Vandelli, 1761) – application des données de l'incubation artificielle à l'étude de la sex-ratio dans la nature. *Annales Des Sciences Naturelles- Zoologie et Biologie Animale* 8:277-290.

Rzedowski, J. 1981. Vegetación de México. Limusa. México. 432 pp.

Salame M. A., 1998. Influence of incubation temperature in the sex determination in chelonians. *Rev. Soc. Mex. Hist. Nat.*, 48:125-136.

Santamaría, H.C., 2004. Comportamiento de anidación de la Tortuga Negra (*Chelonia agassizii*). Tesis de titulación. Facultad de Biología. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.

Shaver, D. J., D. W. Owens, A. H. Chaney, C.W. Caillouet, P. Burchfield Jr., y R. Marquez. 1988. Styrofoam box and beach temperatures in relation to incubation and sex ratios of Kemp's ridley sea turtles, p.103-108. *In*: B. A. Schroeder (Editor), *Proceedings of the Eighth Annual Workshop on Sea Turtle Conservation and Biology*. NOAA Technical Memorandum NMFS-SEFC-214.

Shoop CR, Kenney RD. 1992. Seasonal distributions and abundances of loggerhead and leatherback sea turtles in waters of the northeastern United States. *Herpetological Monographs*, 6, 43–67.

Sieg Annette E., Christopher A. Binckley, Bryan P. Wallace, Pilar Santidrián Tomillo, Richard D. Reina, Frank V. Paladino, James R. Spotila. 2011. Sex ratios of leatherback turtles: hatchery translocation decreases metabolic heating and female bias. *Endangered Species Research*. Vol 15:195-204.

Spotila JR, Standora EA, Morreale SJ, Ruiz GJ. 1987. Temperature dependent sex determination in the green turtle (*Chelonia mydas*): effects on the sex ratio on a natural beach. *Herpetologia* 43:74–81

Stephens, P.A., W.J. Sutherland, and R.P. Freckleton. 1999. What is the Allee effect? *Oikos* 87:185-190.

UNAM. Instituto de Geología. 1989. Carta geológica del estado de Michoacán

Vogt, R.C. y J.J.Bull. 1982. Temperature controlled sex-determination in sea turtles: Ecological and behavioral aspects. *Herpetologica*. (38): 156-164.

Webster WD, Gouveia JF. 1989. Predicting hatchling sex ratios in loggerhead sea turtles (*Caretta caretta*) by incubation duration. In: Proceedings of the Eighth Annual Workshop on Sea Turtle Conservation and Biology (compiler Schroeder B), pp. 127–128. NOAA Technical Memorandum NMFS-SEFSC 214.

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

Yntema, C. L. y N. Mrosovsky. 1980. Sexual differentiation in hatchling loggerhead (*Caretta caretta*) incubated at different controlled temperatures. *Herpetologica* 36:33-36.

Yntema, C.L. y N. Mrosovsky .1982. Critical periods and pivotal temperatures for sexual differentiation in loggerhead turtles. *Canadian J. Zool.* 60(5):1012-1016.

Zamora R. 1990. Relación de la humedad del ambiente incubatorio en el avivamiento de *Chelonia agassizii* en la playa de Colola, Michoacán. Tesis de Biología. Universidad de San Nicolás de Hidalgo. Michoacán, México, 94 pp.

Zbinden, Judith A, Christina Davy, Dimitris Margaritoulis, Raphaël Arlettaz. 2007. Large spatial variation and female bias in the estimated sex ratio of loggerhead sea turtle hatchlings of a Mediterranean rookery. *Endangered Species Research*. Vol 9:305-312.