

**Centro de Investigación Científica y de Educación
Superior de Ensenada, Baja California**



**Maestría en Ciencias
en Ecología Marina**

**Influencia de factores ambientales sobre el éxito de
incubación de la tortuga golfina (*Lepidochelys olivacea*) en
condiciones de vivero en el estado de Guerrero, México**

Tesis

Para cubrir parcialmente los requisitos necesarios para obtener el grado de
Maestro en Ciencias

Presenta:

José Luis Sandoval Ramírez

**Ensenada, Baja California, México
2017**

Tesis defendida por
José Luis Sandoval Ramírez

y aprobada por el siguiente Comité

Dra. MA. Elena Solana Arellano
Directora de tesis

Miembros del comité

M. en C. Vicente Ferreira Bartrina

Dra. Mónica Hernández Rodríguez



Dra. María Lucila del Carmen Lares Reyes
Coordinador del Posgrado en Ecología Marina

Dra. Rufina Hernández Martínez
Directora de Estudios de Posgrado

José Luis Sandoval Ramírez © 2017

Queda prohibida la reproducción parcial o total de esta obra sin el permiso formal y explícito del autor y director de la tesis.

Resumen de la tesis que presenta **José Luis Sandoval Ramírez** como requisito parcial para la obtención del grado de Maestro en Ciencias en Ecología Marina.

Influencia de factores ambientales sobre el éxito de incubación de la tortuga golfina (*Lepidochelys olivacea*) en condiciones de vivero en el estado de Guerrero, México

Resumen aprobado por:

Dra. MA. Elena Solana Arellano
Directora de tesis

Debido a la alta demanda de huevos y carne de tortuga marina, la especie *Lepidochelys olivacea* fue sobreexplotada por las pesquerías mexicanas durante la década de los 60-70, llevando a la especie a un nivel de peligro de extinción. Aunado a esto, la intensa captura de hembras y saqueo de huevos para consumo y comercio local ha sido una práctica común por años dentro del estado de Guerrero. A raíz de esto, en las costas mexicanas se han instalado campamentos tortugueros con el fin de ayudar en la recuperación y protección de estas especies. Se sabe que existen variables ambientales que afectan el éxito de incubación de las tortugas marinas, sin embargo, se conoce poco sobre los efectos específicos de estos factores sobre estas especies. Las playas de anidación son las incubadoras de los embriones, por tal motivo es esencial que las condiciones ambientales circundantes de los huevos permanezcan dentro del rango que permita su desarrollo embrionario. El éxito de incubación es importante debido al aporte de crías al mar. En este estudio se analizó la influencia de variables ambientales como la temperatura ambiental, anomalías de temperatura superficial del mar, precipitación y huracanes sobre el éxito de incubación (éxito de eclosión y de emergencia) de *L. olivacea* en cuatro campamentos tortugueros del estado de Guerrero, México, para lo cual se utilizaron modelos lineales generalizados. Los resultados mostraron que, para la mayoría de los modelos, la temperatura ambiental es la variable que tiene mayor influencia (75-93 %) sobre el éxito de incubación. Sin embargo, para un campamento el modelo de éxito de emergencia se incluyó únicamente la variable de anomalías de temperatura superficial del mar, la cual tiene una influencia de 35 %. Las variables huracanes y precipitación presentan baja influencia sobre el éxito de incubación de esta especie. Por otra parte, se observa una tendencia de recuperación de *L. olivacea* respecto al número de nidos protegidos de las playas de los campamentos tortugueros de este estado. Finalmente, no se encontraron diferencias significativas en el éxito de emergencia de los cuatro campamentos tortugueros el cual es considerado bajo con respecto a lo reportado por otros autores para otras áreas.

Palabras clave: *Lepidochelys olivacea*, éxito de incubación, variables ambientales, modelos lineales generalizados.

Abstract of the thesis presented by **José Luis Sandoval Ramírez** as a partial requirement to obtain the Master of Science degree in Marine Ecology.

Influence of environmental factors on the successful incubation of the turtle (*Lepidochelys olivacea*) in nursery conditions in the state of Guerrero, Mexico

Abstract approved by:

Dra. MA. Elena Solana Arellano
Thesis Director

Due to the high demand for eggs and sea turtle meat, the species *Lepidochelys olivacea* was overexploited by Mexican fisheries during the 60s and 70's decades leading the species to an endangered level. In addition, the intense capture of females and looting of eggs for consumption and local commerce has been a common practice for years within the state of Guerrero, México. As a result of this, turtle camps have been set up on Mexican coasts in order to assist in the recovery and protection of these species. It is known that there are environmental variables that affect the successful incubation of sea turtles, nevertheless, the specific effects of these factors are not well known for these species. Nesting beaches are the embryos incubator and therefore it is essential that the surrounding environmental conditions of the eggs remain within the range that permit their embryonic development. Egg incubation success important since represent to contribution of offspring to the sea. This study analyzed the influence of environmental variables such as air and sea surface temperature anomalies, precipitation and hurricanes on the success of incubation (hatching and emergency hatching) of *L. olivacea* in four turtle camps in the state of Guerrero, México, for which generalized linear models were used. The results showed that for incubations success, air temperatura was the variable with bigger influence (75-93%) for most models. Nevertheless, for one turtle camp the emergency success model included only the temperature anomalies variable with a 35% influence. The precipitation, and hurricanes variables had minor effect this species incubation succes. On the other hand, *L. olivacea* show a recovery tendency with respect to protected nests in the state turtle camps beaches. Finally, no significant differences in emergency success among camps were found, parameter which was considered lower than reported for other areas.

Keywords: *Lepidochelys olivacea*, success of incubation, environmental variables, generalized linear models

Dedicatoria

A mi familia.

Agradecimientos

Al Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada (CICESE), por la oportunidad brindada para realizar mis estudios de maestría.

Al Conacyt, por el apoyo económico otorgado a través del programa de becas de maestría.

A mi Directora de tesis la Dra. Elena Solana, gracias por apoyarme, estar al pendiente siempre de este trabajo y por la amistad que me brindó durante mi estancia en el Laboratorio de Ecología Matemática. Al MC. Vicente Bartrina por sus valiosas sugerencias y por orientarme generosamente en todo momento con mucha amabilidad. A la Dra. Mónica por sus valiosos comentarios para mejorar la tesis. Y a todos los profesores que ayudaron en mi formación académica.

A las personas que hicieron que mi estancia en el CICESE sea más agradable.

Tabla de contenido

	Página
Resumen en español.....	ii
Resumen en inglés.....	iii
Dedicatoria.....	iv
Agradecimientos.....	v
Lista de figuras.....	viii
Lista de tablas.....	ix
Capítulo 1. Introducción	
1.1 Antecedentes.....	1
1.2 Justificación	9
1.3 Hipótesis	10
1.4 Objetivos.....	10
1.4.1 Objetivo general	10
1.4.2 Objetivos específicos.....	10
Capítulo 2. Metodología	
2.1 Área de estudio.....	11
2.2 Metodología de campo.....	14
2.3 Obtención de las bases de datos.....	14
2.4 Modelos lineales generalizados (MLG).....	15
2.4.1 Modelos lineales generalizados (MLG).....	15
2.4.2 Variables introducidas en los MLG.....	19
2.5 Análisis de varianza del éxito de emergencia de los cuatro campamentos tortugueros....	20
2.6 Estimación del éxito de eclosión.....	21
Capítulo 3. Resultados	
3.1 Estadísticas básicas.....	22
3.2 Tendencias generales de los parámetros reproductivos.....	27
3.3 Tendencias generales de las variables abióticas.....	32

3.4 Modelos lineales generalizados (MLG).....	34
3.4.1 Modelo de éxito de emergencia CT1.....	34
3.4.2 Modelo de éxito de emergencia CT2.....	37
3.4.3 Modelo de éxito de emergencia CT3.....	39
3.4.4 Modelo de éxito de emergencia CT4.....	42
3.4.5 Modelo de éxito de eclosión CT4.....	44
3.4.6 Modelo de éxito de eclosión tortuga laúd CT4.....	45
3.4.7 Modelo de éxito de emergencia tortuga laúd CT4.....	47
3.5 Éxito de emergencia.....	49
Capítulo 4. Discusión	
4.1 Tendencia y estado actual de la tortuga golfiná en el estado de Guerrero.....	50
4.2 Modelos Lineales Generalizados (MLG).....	52
4.3 Éxito de eclosión y de emergencia.....	57
Capítulo 5. Conclusiones	
5.1 Recomendaciones.....	61
Literatura citada.....	62
Anexos.....	76

Lista de figuras

Figura		Página
1	Área de estudio. Campamentos tortugueros de anidación solitaria en el estado de Guerrero.....	15
2	Tendencia de la serie de tiempo del número de nidos protegidos para los cuatro campamentos tortugueros y la correspondiente para nuestro ejemplo de la tortuga laúd.....	30
3	Número de huevos protegidos y número de crías liberadas de los cuatro campamentos tortugueros y la correspondiente para nuestro ejemplo de tortuga laúd.....	31
4	Éxito de emergencia de la tortuga golfina por temporada de los cuatro campamentos tortugueros por sitio de muestreo, únicamente se presenta el éxito de eclosión para el CT4 y nuestro ejemplo de la tortuga laúd.....	33
5	Tendencias de las variables abióticas para los cuatro campamentos tortugueros y nuestro ejemplo para la tortuga laúd.....	34
6	Valores observados y ajustados del éxito de emergencia (%) del M3 CT1.....	38
7	Valores observados y ajustados de éxito de emergencia (%) del M4 CT1.....	39
8	Valores observados y ajustados del éxito de emergencia (%) del modelo 1 CT2.....	41
9	Valores observados y ajustados del éxito de emergencia (%) del modelo 2 CT2.....	41
10	Valores observados y ajustados del éxito de emergencia (%) del modelo 1 CT3.....	43
11	Valores observados y ajustados para el éxito de emergencia (%) del modelo 7 CT3.....	44
12	Valores observados y ajustados para el éxito de emergencia (%) del modelo 3 aplicando los datos del CT4.....	45
13	Valores observados y ajustados para el éxito de emergencia (%) del modelo 4 aplicando datos del CT4.....	46
14	Valores observados (línea azul) y ajustados (línea naranja) para el éxito de eclosión (%) del modelo 3 del CT4.....	48
15	Valores observados y ajustados para el éxito de eclosión (%) del modelo 1 del CT4 de tortuga laúd.....	50
16	Valores observados y ajustados para el éxito de eclosión (%) del modelo 2 del CT4 de tortuga laúd.....	50
17	Valores observados y ajustados para el éxito de emergencia del modelo 1 CT4.....	52
18	Valores observados y ajustados para el éxito de emergencia del modelo 2 CT4.....	53

Lista de tablas

Tabla		Página
1	Estadísticas básicas de las variables reproductivas y abióticas de cada campamento tortuguero	25
2	Matrices de correlación entre las variables bióticas y abióticas para cada campamento tortuguero	28
3	Modelos éxito emergencia mediante el análisis de mejores subconjuntos CT1.....	37
4	Análisis de pasos hacia delante de los cinco modelos del CT1 que cumplieron con los supuestos de residuales, significancia, porcentaje de devianza aceptable y AIC.....	38
5	Devianza del modelo final de CT1.....	39
6	Devianza del modelo final de CT2.....	42
7	Devianza del modelo final de CT3.....	44
8	Devianza del modelo final de CT4.....	46
9	Devianza del modelo final éxito de eclosión CT4.....	48
10	Devianza del modelo final éxito de eclosión tortuga laúd de CT4.....	51
11	Devianza del modelo final éxito de emergencia tortuga laúd de CT4.....	53
12	Modelos mediante el análisis de mejores subconjuntos CT2.....	95
13	Análisis de pasos hacia delante de éxito de emergencia de los cuatro modelos del CT2 que cumplieron con los supuestos de residuales, significancia, porcentaje de devianza aceptable y AIC.....	95
14	Modelos mediante el análisis de mejores subconjuntos CT3.....	96
15	Análisis de pasos hacia delante de éxito de emergencia de los cinco modelos del CT3 que cumplieron con los supuestos de residuales, significancia, porcentaje de devianza aceptable y AIC.....	96
16	Modelos mediante el análisis de mejores subconjuntos éxito de emergencia CT4.....	97
17	Análisis de pasos hacia delante de éxito de emergencia de los dos modelos del CT4 que cumplieron con los supuestos de residuales, significancia, porcentaje de devianza aceptable y AIC.....	97
18	Modelos mediante el análisis de mejores subconjuntos éxito de eclosión CT4.....	98

19	Análisis de pasos hacia delante de éxito de eclosión de los dos modelos del CT4 que cumplieron con los supuestos de residuales, significancia, porcentaje de devianza aceptable y AIC.....	98
20	Modelos mediante el análisis de mejores subconjuntos éxito de eclosión CT4 tortuga laúd.....	99
21	Análisis de pasos hacia delante de éxito de eclosión de los dos modelos del CT4 tortuga laúd que cumplieron con los supuestos de residuales, significancia, porcentaje de devianza aceptable y AIC.....	99
22	Modelos mediante el análisis de mejores subconjuntos éxito de emergencia CT4 tortuga laúd.....	99
23	Análisis de pasos hacia delante de éxito de emergencia de los dos modelos del CT4 tortuga laúd que cumplieron con los supuestos de residuales, significancia, porcentaje de devianza aceptable y AIC.	100

Capítulo 1. Introducción

1.1 Antecedentes

Las poblaciones de tortugas marinas a nivel mundial hasta hace un par de siglos eran abundantes, algunas de las cuales se conformaban por millones de individuos, en el Pacífico Oriental fueron consideradas durante mucho tiempo entre las más grandes del mundo, sin embargo, dichas poblaciones disminuyeron drásticamente por la población humana en las décadas de los años 60's y 70's (National Research Council, 1990; SEMARNAP-INE, 1999). En México, la pesquería de tortugas marinas puede ser definida en varias etapas, la primera, de 1940 hasta 1959, de escaso desarrollo, en la cual pobladores residentes de las costas consumían huevos de estas especies solamente para la subsistencia y comercio en escala local o regional; en la segunda etapa, de 1960 a 1968 (tanto huevos como carne) se da un incremento acelerado y máximo sobrepasándose el nivel de equilibrio de la población (Cliffton et al. 1982). Por lo que, a partir de 1969 decayó rápidamente la captura (Márquez-Millán et al. 1982). En México, la captura de tortugas marinas se desarrolló de tal manera que durante casi dos décadas (1965-1982) se contribuyó con más de la mitad de la producción mundial (Márquez-Millán, 1996).

Por otra parte, el Programa Nacional de Tortugas Marinas se inició en 1964 en el Instituto Nacional de Investigaciones Biológico Pesqueras, dirigido a las actividades de protección, conservación e investigación de todas las especies de tortugas que anidan en México (SEMARNAP-INE, 1999; Márquez-Millán y Jiménez, 2006). Para el año de 1966, el entonces Instituto Nacional de Pesca (INP) propuso el Programa de Protección y Conservación de las principales playas de anidación, mediante la operación de los primeros campamentos tortugeros cuya función es realizar recorridos en las playas para recolectar huevos de los nidos, para su siembra en corrales o cajas de incubación y la posterior liberación de las crías después de la eclosión. Esta ha sido durante años una de las prácticas más difundidas en programas de conservación en playas (Abella et al. 2007). En esta misma época se establece la veda total del huevo de tortuga marina para todas las especies (Sánchez et al. 1989; SEMARNAP-INE, 1999). Entre 1971 a 1972 se decreta veda total por dos años sobre el aprovechamiento de estas especies, solo cooperativas de producción pesquera pueden aprovechar este recurso, mediante cuotas y a partir de 1977 se incluyen las franquicias otorgadas por la secretaria de pesca (SEMARNAP-INE, 1999). En 1972 se organizó el Programa Nacional de Tortugas Marinas en el INP, orientado hacia la administración de la pesquería y conservación del recurso, por medio de campamentos tortugeros, dicho programa se transfirió a la Dirección de Vida Silvestre de la Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales en el año 2001.

Asimismo, en el año de 1986 se establece la veda total de todas las especies de tortugas marinas, (excepto la tortuga golfina) (Márquez-Millán y Carrasco, 1970) y fue hasta cuatro años después que se incluyó la veda total de esta especie (Sánchez et al. 1989; Secretaria de pesca, 1990). De la misma manera, a nivel internacional se estableció la Convención Internacional sobre el Tráfico de Especies Silvestres (CITES) para prohibir el comercio de esta especie entre los países que participen en dicho acuerdo (James y Melero, 2015). Cabe señalar que, esta especie se encuentra en peligro de extinción y está catalogada como vulnerable en el Libro Rojo de Datos de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN, 2016). En México, además de esos acuerdos, todas las especies de tortugas marinas se encuentran protegidas por la NOM-059-SEMARNAT-2010 (Diario Oficial de la Federación, 2010).

El impacto positivo de las actividades de conservación se empieza a manifestar hasta que las crías maduran y regresan a la playa a desovar, lo que ocurre al menos una década después de su nacimiento (Márquez-Millán y Garduño-Dionate, 2014). Los viveros han resultado exitosos contra el saqueo de nidadas y depredación por parte de animales, además, ofrecen beneficios como instrumentos de educación ambiental; los problemas anteriores aumentan en los poblados costeros remotos donde el cumplimiento de las leyes ambientales es más difícil de controlar (Balladares y Dubois, 2014). Algunos investigadores, como Márquez-Millán (1996), señalan que, en muchas playas importantes a lo largo de la costa del Pacífico mexicano, por más de tres décadas, la protección de playas de anidación ha sido operada exitosamente. Sin embargo, los esfuerzos de conservación en México han tenido en general pocos resultados, lo anterior debido a la falta de recursos económicos, humanos y culturales, los cuales son insuficientes para la protección en playas. Esto genera efectos negativos en el éxito de eclosión del nido y en la proporción de sexos; esto último, debido a la influencia de la temperatura sobre la determinación del sexo, así como el grado en que los neonatos son afectados por la manipulación humana en el proceso de “impronta”, comportamiento que permite a los neonatos encontrar su playa natal cuando anidan como adultos (Morreale et al. 1982). Finalmente, los resultados de las acciones proteccionistas parecen solamente lograr disminuir el ritmo decreciente de las poblaciones de tortugas marinas (Peñaflores y Renatan, 1989).

La tortuga golfina es la más abundante de todas las especies de tortugas marinas, pero también es una de las más explotadas (Reichart, 1993, Marcovaldi, 2001, Instituto Nacional de Ecología 1990). Muchos stocks han sido reducidos y continúan disminuyendo debido a la recolección de huevos, explotación comercial de tortugas adultas, mal manejo de la pesquería, destrucción de hábitats de anidación, contaminación, depredación, enfermedades, microorganismos, parásitos, bajo éxito de eclosión de los nidos, captura incidental de pesquerías costeras y pelágicas (National Research Council, 1990; Lutcavage et al. 1997; Orrego, 2005; Santoro y Mattiucci, 2009; Burger y Gochfeld, 2014). Por lo antes mencionado, se puede

explicar porque después de más de 20 años de la veda, en algunas playas de anidación las poblaciones no se han recuperado a pesar de la protección generalizada (Koch et al. 2006). El estado de la mayoría de las poblaciones de tortugas marinas es pobremente entendido en el océano Pacífico, sin embargo, varios estudios indican que algunos stocks han incrementado (García et al. 2003, Chaloupka et al. 2004, Da Silva et al. 2007, Muñoz y Arauz, 2015).

Actualmente, esta especie se distribuye en aguas templadas y tropicales del océano Pacífico, Índico y Atlántico (Pritchard, 1969; Pitmann, 1990; Spotila, 2004). Sin embargo, varios estudios sugieren que fenómenos climáticos como El Niño afectan su distribución, ya que se ha encontrado también en Alaska, Nueva Zelanda y Chile (Plotkin, 1994; Spotila, 2004). En el Pacífico Oriental Tropical (POT) se distribuye desde el sur de California, México hasta el norte de Perú (Márquez-Millán, 1990). *Lepidochelys olivacea* migra grandes distancias y, son nómadas, esto es, nada continuamente sin tener fidelidad a hábitats específicos de alimentación, explotando múltiples zonas (Plotkin, 2010). El género *Lepidochelys* posee mandíbulas fuertes y picos gruesos que favorecen la trituración de alimentos duros. De la especie *L. olivacea* sólo se conocen hábitos de los subadultos y adultos (Márquez-Millán, 1996). La tortuga golfina prefiere forrajear en áreas que están cerca de bahías y estuarios con alta riqueza biológica (Reichert, 1993). Se alimenta de una amplia variedad de organismos que consumen tanto de la comunidad del bentos como del necton, como: peces, crustáceos, moluscos, medusas, calamares, tunicados, langostillas, algas, salpas, gusanos sipunculidos, briozoos, porciones de mangle, entre muchos otros (Colman et al. 2014; Behera et al. 2015).

Esta especie alcanza la madurez sexual entre los 10 y 18 años (Zug et al. 2006) y es reproductivamente activa por al menos 21 años (Pandav y Kar, 2000). El rendimiento reproductivo puede depender de numerosos factores endógenos (genética, edad, tamaño del cuerpo, salud y condición e historia reproductiva) y exógenos (distancia migratoria, latitud del área de forrajeo, y calidad del área de forrajeo) (Lutz, et al. 2003). A diferencia de la mayoría de las especies de tortugas marinas las cuales abandonan sus áreas de alimentación específicas para dirigirse a sus áreas de anidación, *L. olivacea* explota una serie de áreas de alimentación antes de dirigirse a sus zonas de reproducción (Plotkin, 1994). Dentro del litoral del Pacífico mexicano las playas de desove de esta especie van desde las costas del estado de Baja California Sur hasta las costas del estado de Chiapas (Peñaflores y Nataren, 1989) y su periodo de anidación es entre los meses de julio a noviembre. Las mayores abundancias de anidación se presentan en agosto y septiembre, coincidiendo con la temporada más lluviosa del año (Casas-Andreu 1978).

Las tortugas marinas son organismos heterosexuales con fecundación interna, el apareamiento lo realizan en el mar y sus ciclos de reproducción están regulados por estados fisiológicos y cambios ambientales. Dichos ciclos, son circadianos, es decir, se repiten en periodos anuales, bianuales, trianuales o en casos especiales se vuelven irregulares; además, también presenta una componente mensual, quincenal o decenal (Márquez-Millán, 1996). El periodo reproductivo dentro de una estación, llamado intervalo de interanidación, es el número de días entre un evento de anidación consecutivo, mientras que el intervalo de remigración es tiempo que puede tardar en volver a anidar a la playa entre temporadas sucesivas de anidación, ambos son modulados por las condiciones ambientales (Carr y Carr, 1970; Broderick et al. 2001; Tripathy y Pandav, 2008; Matos et al. 2012). Las hembras de tortugas marinas tienen una alta fidelidad a su región de nacimiento y tienden a anidar en playas muy próximas donde nacieron, lo que significa que son especies filopátricas (Meylan et al. 1990; Tripathy y Pandav, 2008). La retención de huevos parece ser una adaptación que permite el retraso de ovoposición cuando las condiciones ambientales son desfavorables, puede también facilitar la reproducción sincrónica y (Plotkin et al. 1997).

Por otra parte esta especie presenta dos tipos de anidación, 1) tipo arribada (menos frecuente) en la cual miles de hembras se sincronizan para anidar en unas cuantas noches consecutivas (Miller, 1997; Valverde et al. 2012); y 2) tipo solitaria, consiste en que grupos pequeños de hembras anidan de forma asincrónica y dispersa en la playa (Kalb, 1999), este tipo de anidación tiene un mayor éxito de eclosión, por tanto, un mayor reclutamiento a la población (García-Romero et al. 2007; Dornfeld et al. 2015) ya que la alta densidad de puesta de arribada tiene un impacto negativo en el éxito del nido, aunados a variaciones en el clima, reducción de concentraciones de oxígeno, depredación, contaminación de hongos y bacterias (Valverde et al. 1998; Honarvar et al. 2008; Ocaña et al. 2012; Bezy, 2014). La mayoría de las especies de tortugas marinas muestran una variación en el número de huevos por puesta y en el número de nidadas puestas por temporada (Broderick et al. 2003).

Su fase reproductiva está ligada a las playas arenosas, en donde las hembras depositan sus huevos, los cuales no reciben cuidado parental (Briceño-Deñás y Abreu-Grobois, 1998). Las playas de anidación son las incubadoras para el desarrollo de los embriones y producen un espacio climático apropiado para su desarrollo, ya que interviene en su éxito reproductivo: la tasa de supervivencia y el éxito de la progenie (Ackerman, 1997). La temperatura umbral o pivote, en el que se produce una razón de sexo de (1:1), es de alrededor de 28.5-30.5°C para la mayoría de las poblaciones de tortugas marinas. Temperaturas por debajo de la temperatura pivote (28 °C) producen más machos y por encima de esta (31-34 °C) más hembras (Morreale et al., 1982; McCoy et al., 1983; Standora y Spotila, 1985; Wibbels et al., 1998; González et al., 2012). Las crías eclosionan una vez transcurrido el tiempo de incubación entre 45-60 días y se dirigen

al mar para empezar la fase pelágica de su ciclo de vida (Burger y Gochfeld, 2014). Este período se ha denominado “años perdidos” ya que poco se sabe sobre la distribución y ecología de las tortugas jóvenes (Witham, 1980; Hammer, 1998). Durante su desarrollo, pasan por los estadios neonato, juvenil, subadulto y adulto, antes de llegar a la madurez sexual (Musick y Limpus, 1997).

Para comprender el éxito reproductivo de las tortugas marinas, es necesario determinar el número de huevos desovados, el diámetro y peso de los huevos, el número que se incuban exitosamente, y el número de crías que cruzan la playa y entran al agua; cualquier cambio estadísticamente significativo de estas variables a través del tiempo podrían indicar algún efecto en sus poblaciones. Por ejemplo, un cambio significativo en el número de huevos incubados podría indicar que algunos factores influyeron en la incubación (por ejemplo, gases, humedad, temperatura y factores bióticos) (Miller, 2000).

La determinación del éxito de la incubación es un proceso de dos pasos que consisten en determinar el éxito de eclosión y de emergencia (Miller, 2000). Es importante conocer cuál es la influencia de cada factor en el éxito reproductivo de las hembras que anidan y en el desarrollo del nido (Colin-Aguilar, 2015). Conocer el efecto de factores ambientales sobre los parámetros reproductivos más relevantes de las poblaciones de tortugas marinas y el análisis de sus tendencias, es un elemento necesario para comprender de manera integral el estado en que se encuentra la colonia anidadora en cierta zona (Colin-Aguilar, 2015). Finalmente, evaluar el éxito de eclosión y emergencia son procesos complejos, que involucran múltiples variables ambientales e individuales (Ditmer y Stapleton, 2012).

La evaluación de los parámetros poblacionales es decisiva para el desarrollo de los modelos predictivos requeridos para la toma de decisiones en el manejo de recursos (Patiño-Martínez et al. 2012). Los estudios en playa para estos objetivos podrían incluir mediciones de la mortalidad anual y el reclutamiento a la población anidadora, proporción sexual y la proporción de la fecundidad poblacional que se logra como crías que ingresan a la fase marina (Richardson, 2000). El enfoque colectivo debe estar dirigido a la obtención de resultados comparables, replicables y con precisión y exactitud. Los estudios sobre biología de la reproducción o anidación pueden generar mayores beneficios si se comparan con los de otros estudios similares (Richardson, 2000).

Para todas las especies de tortugas marinas los cambios en las condiciones oceanográficas y climáticas tienen influencia en el ciclo de vida ya que determinan su probabilidad de anidación, y la cantidad de fuentes disponibles para permitir procesos, tales como mantenimiento, crecimiento, almacenamiento y reproducción, disponibilidad de recursos en áreas de alimentación, abundancia, distribución y tipos de

organismos presentes en cualquier hábitat (Broderick et al. 2001; Wallace et al. 2006a; Saba et al. 2008). Existen muchos factores climáticos que afectan a todas las especies, sin embargo, hay poco conocimiento cuantitativo de como las especies reaccionan ante tales factores (Pike y Stiner, 2007). Las poblaciones de tortugas golfinas necesitan elementos esenciales para crecer y multiplicarse durante todo su desarrollo, los cuales dependen de varios factores ambientales (Ackerman, 1997).

Aunque las tortugas marinas pasan la mayor parte de su vida en el mar, el desarrollo embrionario y éxito de emergencia de los huevos ocurren en nidos excavados en playas arenosas; los factores abióticos y bióticos influyen la selección de los sitios de anidación de las tortugas marinas (Mortimer, 1982). Es esencial que las condiciones ambientales circundantes de los huevos permanezcan dentro del rango que permitirá su desarrollo embrionario, especialmente temperatura y humedad, los aumentos de ambos factores hacia límites superiores pueden causar una disminución del éxito de eclosión (Miller, 1985; Matsuzawa et al., 2002). La supervivencia de las nidadas depende de la capacidad de las mismas para soportar y adaptarse a los constantes cambios de factores abióticos del medio de incubación a lo largo del año (Miller, 2000). Dentro de las playas de anidación, los factores ambientales influyen en la sobrevivencia embrionaria, la calidad de eclosión y proporción de sexo (Ackerman, 1997; Wood y Bjorndal, 2000; Wallace et al. 2004). En muchos casos los nidos no presentan eclosión de crías y existen pocos estudios donde se conocen las causas reales de mortalidad del nido, algunas de las cuales son inundación constante debido a mareas, infertilidad, mortalidad embrionaria debida a infección microbiana, desarrollo de anomalías y desarrollo retardado (Peters et al. 1994; Wallace et al. 2004).

Por otra parte, muchos aspectos de su ciclo de vida de las tortugas marinas están estrechamente ligados a variables climáticas como la temperatura ambiental (Hawkes et al. 2009; Girondot y Kaska, 2015). Como es sabido, la temperatura influye en la determinación del sexo de los embriones, es importante durante el desarrollo de estos (Ackerman, 1997, Poloczanska et al. 2009); más aún, parámetros de la población y atributos individuales, maduración de los huevos, intervalo de interanidación, duración de incubación, proporción de sexos y la duración de la temporada de reproducción, son dictadas por la temperatura (Sato et al. 1998; Hamann et al. 2003; Hays et al. 2003; Weischampel et al. 2006).

Los embriones de tortuga marina son significativamente afectados por las condiciones de incubación, especialmente la temperatura, tiene una fuerte influencia en la tasa de desarrollo y éxito de los embriones (Rafferty y Reina, 2014). La temperatura de incubación influye en el sexo, tamaño, forma, color, comportamiento, emergencia de las crías del nido, reservas de energía, periodo de incubación y rendimiento locomotor en reptiles (Hewavisenti y Parmenter, 2002; Matsuzawa et al. 2002; Booth, 2006;

Fisher et al. 2014). Altas temperaturas (mayores a 34 °C) reducen las tasas de éxito de eclosión y de emergencia e incrementan la mortalidad embrionaria de incubación temprana y retardada, (Maulany et al. 2012b; Santridrián-Tomillo et al. 2015b; Kobayashi et al. 2017). Por lo anterior, la investigación de características termales de nidos y hábitats de anidación es un área de investigación de suma importancia para las especies amenazadas (Van Lohuizen et al. 2016).

Algunos autores, consideran que proyecciones de cambios en la temperatura global, aumento del nivel del mar, precipitaciones e incremento en la intensidad de huracanes y tormentas en zonas tropicales debido al calentamiento global, impactarán en el ciclo de vida y desarrollo reproductivo de las tortugas marinas (Poloczanska, et al. 2009, Patiño-Martínez et al. 2014, Jourdan y Fuentes, 2015). Sin embargo, puesto que este cambio climático se espera que será heterogéneo en diferentes zonas, las estrategias de conservación de la biodiversidad deben de incrementar mirando hacia un futuro (Hawkes et al. 2007). Las especies ovíparas están amenazadas por el calentamiento global si sus distribuciones de anidación no cambian o si no pueden adaptarse a las condiciones ambientales cambiantes (Pike, 2013, Van Lohuizen et al. 2016). La temperatura del nido es de importancia primaria para entender la persistencia de poblaciones en el contexto del cambio climático (Girondot y Kaska, 2015). El calentamiento global exacerbara una mayor producción de hembras en el futuro, por lo cual, estrategias de conservación de temperaturas de incubación bajas como sombrear los nidos, rociar los nidos con agua, trasladar los nidos a mayores profundidades podrían ser la única manera de prevenir la extinción de poblaciones de tortugas marinas (Laloë et al. 2016). Sin embargo, no se conoce muy bien la eficacia de varias estrategias de conservación para mitigar amenazas potenciales (Jourdan y fuentes, 2015).

Por otra parte, la temperatura del océano es clave determinante de la distribución y fenología de la vida marina, particularmente organismos poiquilotermos, animales cuya temperatura corporal varía según la del ambiente ya que carecen de mecanismos reguladores de la misma (Lamont y Fujisaki, 2014). Estudios recientes sugieren que las altas temperaturas superficiales del mar afectan los patrones de anidación en las tortugas marinas, estas especies no están geográficamente distribuidas al azar, sino que están dentro de rangos de temperaturas preferentes los cuales varían de manera estacional (Coles y Musick, 2000); de igual manera, hay una correlación entre eventos ENSO y el número de hembras que emergen para ovopositar en playas de anidación, pues se sabe que durante El Niño se retrasa y disminuye el arribo de las tortugas marinas. Los eventos fríos de alta productividad incrementan la probabilidad de anidación, mientras que eventos cálidos, menos productivos la decrecen (Hawkes et al. 2007; Saba et al. 2008; Pike, 2009; Quiñones et al. 2010). La temperatura superficial del mar causa cambios en los patrones de reproducción, anidación, la temporada se acorta, el tiempo de migraciones estacionales, intervalo de inter

anidación, tiempo de cortejo, disminuyendo también el total de nidos producidos (Solow et al. 2002; Jiménez-Quiroz et al. 2003). Sin embargo, Jiménez-Quiroz et al. (2003) sugieren que el fenómeno de El Niño influye positivamente en la anidación, aunque con un año de retraso.

Otra variable ambiental que afecta las poblaciones de tortugas marinas en zonas de anidación son las precipitaciones pluviales, debido a que los huevos de tortugas marinas incubados en los nidos no siempre mantienen los niveles de humedad presentes en la naturaleza y esta diferencia pudiera afectar directamente el desarrollo de los neonatos (Mc Gehee, 1979). En escalas de tiempo cortas, la precipitación puede influenciar directamente en el comportamiento de anidación de las hembras (Poloczanska et al. 2009). Las lluvias fuertes pueden tener efectos positivos como la disminución las temperaturas de los nidos y actuar como el balance en la proporción de sexos a través de un efecto de enfriamiento en la temperatura de arena, también, pueden beneficiar el desarrollo de los huevos y éxito de emergencia y proporcionar a humedad adecuada para evitar el colapso del nido durante su construcción (Ackerman, 1997; Houghton et al. 2007; Santidrán-Tomillo, et al. 2012; Lolavar y Wyneken, 2015). Más aun, los huevos de tortugas marinas requieren de ciertos niveles de textura en la arena, dependiendo de la especie, para evitar desecación (Bustard and Greenham, 1968; Mortimer, 1990; Houghton et al. 2007). La producción de crías puede incrementar con la precipitación a largo plazo en áreas con condiciones climáticas secas, mientras que el efecto puede variar en áreas donde la precipitación es alta (Santrillan-Tomillo et al. 2015).

Sin embargo, todos los estados de desarrollo del nido son vulnerables a sofocación inducida por lluvia (Kramer y Bell, 1980). Algunos autores sugieren que las precipitaciones pueden tener efectos negativos en las playas de anidación tales como: lluvias fuertes disminuyen la difusión de gases a través del nido lo cual puede causar la muerte embrionaria, sumergen o destruyen nidos, afectan la estabilidad de la arena. Las fuertes lluvias pueden hacer también que los lugares de anidación sean inadecuados para la excavación o la incubación, la compresión de la arena sólida o dura puede dificultar que las crías emerjan o se esfuercen más para salir del nido, las compactaciones de la arena pueden obstruir la emergencia de crías, mediante desecación y colapsos del nido, o inhibir la emergencia de hembras durante lluvias intensas. De igual manera, las lluvias pueden ocasionar el retraso en la arribada, debido a la turbiedad y salinidad de las aguas costeras, similarmente, los nidos sufren mortalidad completa o parcial seguida de exceso de lluvia (Ragotzkie, 1959; Mortimer, 1990; Ackerman, 1997; Foley et al. 2006; Arzola-González, 2007).

Los huracanes pueden ser considerados como otra variable que pudiera tener un efecto en las playas de anidación, ya que reducen significativamente el éxito reproductivo mediante la disminución en el número de huevos que eclosionan, el número de neonatos que emergen de los nidos, pueden alterar severamente

el hábitat costero resultando en efectos catastróficos incluyendo inundación, erosión y depositación de grandes cantidades de arena (Pike y Stiner, 2007; Carranza-Edwards, 2009; Bolongaro et al., 2010). En algunas playas sujetas a erosión se forman cantiles y terrazas verticales que constituyen barreras físicas y las tortugas a menudo están obligadas a recorrer grandes trechos paralelos al mar y anidar en lugares más alejados (Márquez-Millán, 1996). Cuando se presentan oleajes de tormenta, el nivel base de la ola se profundiza e incluso material muy fino puede entrar en movimiento hacia las partes más elevadas de la playa. Las tortugas tienden a anidar justo debajo de la marca de agua más alta, pero los ciclones, tormentas y lluvias fuertes pueden inundar nidos o erosionar dunas de arena resultando en una pérdida significativa de nidos y huevos (Foley et al. 2006; Poloczanska et al. 2009; Fuentes et al. 2011).

1.2 Justificación

El propósito de este trabajo fue analizar la influencia de variables ambientales sobre parámetros reproductivos, como es, el éxito de eclosión y éxito de emergencia dentro de los viveros de cada campamento tortuguero en el estado de Guerrero. En éste estado se encuentran varias de las principales playas de anidación en México, con alta abundancia de la tortuga golfina, sin embargo, un estudio como este no se ha realizado para este estado. Éste estudio nos ayudara a entender mejor la influencia que tienen las variables ambientales sobre dichos parámetros reproductivos, lo cual resulta importante, debido a que las tortugas marinas son altamente vulnerables, especialmente, durante la incubación de los huevos. Gracias a esto se puede proveer información fundamental para la conservación y el manejo de las tortugas marinas dentro de esta región. Estos datos son esenciales porque ayudan a comprender la adecuación del vivero para actuar como sistema de incubación (Miller, 2000).

La evaluación de los parámetros poblacionales es decisiva para el desarrollo de los modelos predictivos requeridos para la toma de decisiones en el manejo de recursos; el ignorar temas de relevancia para la conservación o dejar de tomar en cuenta su importancia para el éxito reproductivo de las tortugas marinas sería negligente y de consecuencias graves para el manejo (Richardson, 2000). Además, las playas con altos niveles de anidación son una prioridad, donde deben de estimarse tasas de eclosión y de emergencia, y en casos en que la eclosión o emergencia sea baja, determinar las causas más probables para enfocar los esfuerzos de conservación y mejorar el éxito reproductivo (Richardson, 2000). Evaluar los diferentes campamentos tortugueros y los problemas que enfrenta cada uno de ellos es necesario con el propósito de mejorar las técnicas implementadas y contribuir a una mejor conservación y protección de esta especie.

Por otra parte, las tendencias de la población de *L. olivacea* no han sido ampliamente evaluadas para esta zona, por tal motivo, es necesario conocer si las estrategias de conservación y medidas de manejo en el estado de Guerrero han sido suficientes para la recuperación de esta especie. Por lo que el estudio de las tendencias de la población de hembras anidadoras es necesario para evaluar y adecuar las medidas de conservación.

1.3 Hipótesis

1.- Existe una relación entre los parámetros reproductivos de *L. olivacea* (éxito de eclosión y éxito de emergencia) con algunas variables ambientales (temperatura del aire, huracanes, precipitación y anomalías de TSM), dicha relación es estadísticamente diferente entre los campamentos tortugueros.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

Analizar la influencia de variables ambientales sobre los parámetros reproductivos de *L. olivacea* para cada sitio de estudio en el estado de Guerrero.

1.4.2. Objetivos específicos

Analizar la tendencia de recuperación de las poblaciones de la *L. olivacea* en los campamentos tortugueros.

Realizar comparaciones de los parámetros reproductivos con respecto al éxito de emergencia de *L. olivacea* entre los campamentos tortugueros.

Encontrar los MLG más representativos entre parámetros reproductivos y variables ambientales.

Explicar la influencia de cada variable ambiental en el éxito de emergencia y en su caso éxito de eclosión de *L. olivacea*.

Capítulo 2. Metodología

2.1 Área de estudio

El estado de Guerrero se ubica en el suroeste de la República Mexicana, en el Pacífico Tropical entre los 16° 18' y 18° 48' de latitud norte y los 98° 03' y 102° 12' de longitud oeste. Sobre la costa, colinda con el estado de Michoacán al norte y Oaxaca al sur (Figura 1). El litoral de este estado se extiende por 484.9 km, y solamente presenta un tipo de dunas costeras, las dunas frontales. Este estado alberga uno de los más antiguos centros turísticos de playa de México y que hoy sigue siendo atractivo por su paisaje. Sin embargo, el desarrollo urbano de estas costas es alto y los ecosistemas están fuertemente transformados por las actividades agropecuarias y por los centros turísticos y múltiples poblados rurales (Martínez et al. 2014).

Este estado tiene una de las geomorfologías más accidentadas y complejas de México: es atravesado por la sierra Madre del Sur y las Sierras del Norte, y entre ambas se ubica la Depresión del Río Balsas. Presenta gran cantidad de ríos y lagunas costeras, ello habla de la cantidad de agua y sedimentos que bajan por los ríos caudalosos y de fuerte pendiente de esta región (Martínez et al. 2014). Es una costa en la que se mezclan las playas arenosas y los trechos rocosos, es decir, cantiles y puntas rocosas se alternan con playas bajas arenosas. La costa presenta un oleaje de alta energía (Ortiz-Pérez y de la Lanza Espino, 2006). Las mareas son de tipo mixto con dos pleamares y dos bajamares en un período de 24 horas (Guiurrérez-Zavala y Cabrera-Mancilla, 2012).

El clima de la zona costera de Guerrero es cálido subhúmedo (87 % de la superficie del estado), con una temperatura media anual de 25 °C. La temperatura mínima promedio es de 18 °C y la máxima de 32 °C. Las lluvias se presentan en verano, en los meses de junio a septiembre, y la precipitación media del estado es de 1200 mm anuales (INEGI; Martínez, et al. 2014). Las tormentas tropicales y los huracanes tienen un impacto moderado en las costas de este estado. Muchos factores son responsables de los cambios que sufre esta zona: geológicos, físicos, biológicos, químicos y antropogénicos. Las costas de Guerrero muestran cambios morfológicos en los perfiles de playa, con variaciones de acumulación y de erosión (Márquez-García et al. 2010).

En este trabajo los cuatro sitios de estudio se encuentran dentro del estado de Guerrero (Figura 1).

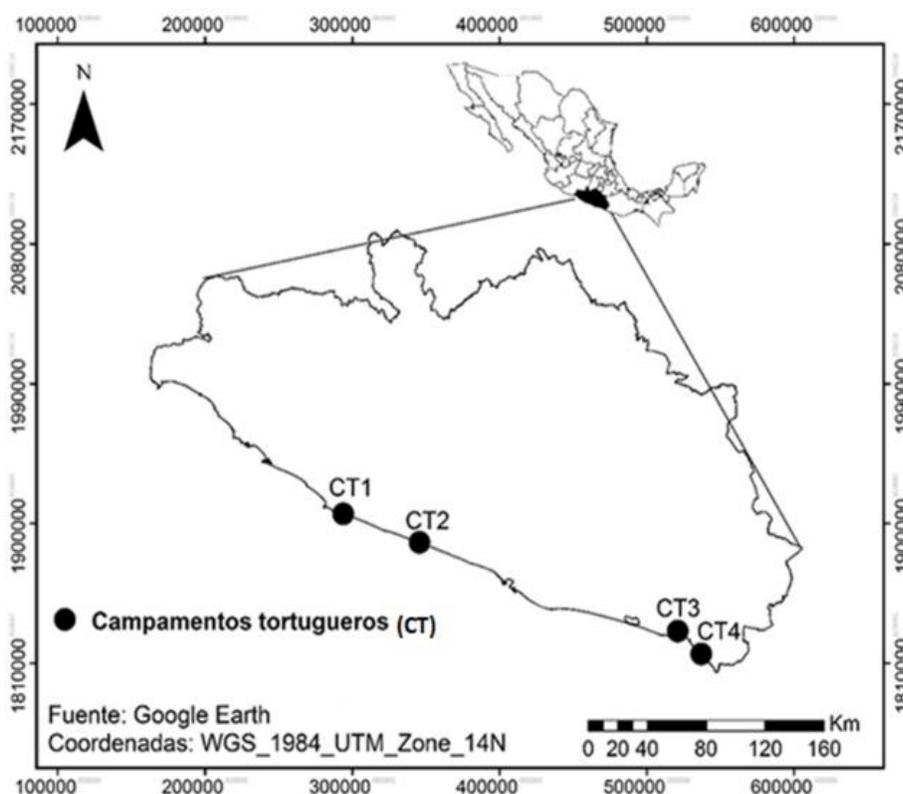


Figura 1 Área de estudio. Campamentos tortugueros de anidación solitaria en el estado de Guerrero.

Campamento tortuguero Santuario playa Piedra de Tlacoyunque (CT1)

Este campamento está ubicado entre los $17^{\circ} 13'$ latitud N y los $100^{\circ} 56'$ longitud O (Figura 1), dentro del municipio de Técpan de Galena, Guerrero. Este campamento fue creado en el año 1967 y ha sido operado por diversas dependencias e instituciones como la secretaria de marina, la escuela Cet-Mar 27 y la secretaria de pesca. Sin embargo, no ha logrado ser constante en cuanto a las temporadas de anidación debido a la inseguridad y falta de vigilancia. A partir del año 2006 el grupo ecológico Piedra de Tlacoyunque A. C. se ha encargado de operarlo hasta la fecha. Los datos para el presente estudio corresponden a 15 años, de 1993 al 2015, divididos en dos periodos, de 1993-1998 y 2007-2015. La playa de Piedra de Tlacoyunque fue decretada como santuario y publicada en el D. O. F. el 29 de octubre de 1986. Es una de las dos zonas de reserva que existen en el estado de Guerrero, y una de las dos áreas naturales protegidas del estado. Inicialmente, esta era una playa de arribazón, pero colapsó debido a la pesca legal e ilegal a gran escala de adultos de la especie (Cliffon et al. 1982). Este campamento tortuguero actualmente realiza

recorridos sobre una extensión de 15 km de playa, sin embargo, en ocasiones varía debido a la apertura de barras las cuales obstruyen el acceso de cualquier clase de vehículo.

Campamento tortuguero centro de conservación de la tortuga marina ECOMAR (CT2)

En el año 1982, la unidad académica de ecología marina de la Universidad Autónoma de Guerrero (UAG) se integró al programa nacional de protección, conservación e investigación de la tortuga marina, fecha en que se instaló el campamento tortuguero en la localidad de Llano Real, municipio de Benito Juárez, Guerrero, ubicado en los 17° 4' latitud N y los 100° 26' longitud O (Figura 1). Este campamento ha funcionado bajo la participación de maestros encargados, estudiantes de servicio social y habitantes de la comunidad. Los datos en el presente estudio incluyen únicamente 16 años, de 1999 al 2015, no se incluyó el año 2014 debido a que no se obtuvo permiso para operar el campamento por parte de la SEMARNAT. Anteriormente el personal de este campamento tortuguero recorría una extensión de 10 km de playa, pero debido a que se instaló otro campamento en la misma playa se redujo el esfuerzo de recorrido a 4 km.

Campamento tortuguero Guadalupe Betina (CT3)

Este campamento se encuentra ubicado en las coordenadas 16° 33' latitud N y 98° 48' longitud O, en playa La Bocana del municipio de Marquelia, Guerrero (Figura 1). Es el de más reciente operación, se instaló en 2007, y ha operado como campamento tipo ecoturismo y unidad de manejo ambiental (UMA). Los datos tomados de este campamento abarcan del 2007 al 2015, pero no se incluye el año 2009 debido a que no se contó con recursos económicos para construir el corral y demás material. Los recorridos (km) varían dependiendo de la abertura de barras (abertura de ríos o lagunas costeras) sobre la línea costera.

Campamento tortuguero Santuario de Tierra Colorada (CT4)

Este campamento comenzó a funcionar desde 1970, sin embargo, los programas de protección y evaluación de las poblaciones que aquí anidan fueron poco regulares durante esta época. El campamento se encuentra ubicado en las coordenadas 16° 25' latitud N y 98° 39' longitud O, dentro del municipio de Cuajinicuilapa, Guerrero (Figura 1). Los datos tomados para el presente estudio representan 22 temporadas, y abarca del periodo de 1993 al 2015, pero en la serie de tiempo no se incluye el año 1995 debido a que no estaba disponible. En 1986, esta playa fue decretada como zona de reserva y sitio de refugio para la protección, conservación, repoblación, desarrollo y control de las tortugas marinas que ahí

desovan (DOF, 1986, informe 2015). En el año 2002, adquirió la categoría de santuario (DOF. 2002) y en 2003 fue decretado como sitio Ramsar. Los recorridos se realizan en 27 km sobre la línea costera, la cual también varía dependiendo de la abertura de barras.

2.2 Metodología de campo

Las labores de los campamentos se realizan regularmente entre los meses de junio a diciembre; consisten en patrullajes o recorridos en la playa en cuatrimoto o a pie, colecta de huevos, reubicación de nidos dentro del vivero o corral de incubación, liberación de crías y educación ambiental hacia escuelas de diversos niveles académicos. Regularmente se realizan dos o tres recorridos en un día durante la noche y madrugada, y los huevos son colectados y transportados en bolsas de plástico hasta su posterior siembra dentro del corral o vivero. Sin embargo, en ocasiones se realizan recorridos de acuerdo al conocimiento empírico del personal comunitario, dependiendo de fases lunares, vientos y lluvia. Igualmente, la frecuencia de recorridos en los campamentos tortugueros depende del personal y recursos disponibles como gasolina y vehículos como cuatrimotos. Los huevos son sembrados en los corrales de incubación a una profundidad de 45 cm y una distancia entre nidos de 1 m. Los corrales son construidos y reubicados en diferente lugar cada año (algunas veces cada dos años, dependiendo del presupuesto), con el fin de evitar contaminación. Los nidos se vigilaron hasta el nacimiento de las crías, las cuales son liberadas inmediatamente después del nacimiento, en lugares diferentes de la playa.

2.3 Obtención de las bases de datos

Los datos utilizados en este trabajo incluyen número de nidos sembrados por temporada, número de huevos, número de crías liberadas, éxito de emergencia y de eclosión (este último únicamente estuvo disponible para el CT4). Se realizó primero una limpieza de la base de datos omitiendo datos con error de cálculo o de muestreo, y la procedencia de la información es la siguiente:

a) Los datos de los CT1, CT3 y CT4 provienen de la comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP) y de la Dirección General de Vida Silvestre, esta última, a cargo de la Secretaria del Medio Ambiente y Recursos Naturales.

b) Los datos del CT2 provienen de la base de datos la Universidad Autónoma de Guerrero (UAG) y de la Dirección General de Vida Silvestre.

También, se obtuvieron bases de datos de temperatura del aire y precipitación de cada municipio en la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), delegación Chilpancingo de los Bravo, Guerrero; los datos de huracanes se obtuvieron del servicio meteorológico nacional (<http://smn.cna.gob.mx/es/ciclones-tropicales/información-historica>) y los datos de anomalías de temperatura superficial del mar (TSM) de las bases de datos de la NOAA (www.cpc.ncep.noaa.gov).

Las fórmulas de los porcentajes de eclosión y emergencia son:

$$\text{Porcentaje de eclosión} = \frac{\text{Cascarones} + \text{Crias eclosionando (vivas y muertas)}}{\text{Total de huevos sembrados}} \times 100 \quad (1)$$

$$\text{Porcentaje de emergencia} = \frac{\text{crias liberadas}}{\text{Total de huevos sembrados}} \times 100 \quad (2)$$

Los análisis estadísticos se llevarán a cabo en los programas Statistica versión 7 y en Rstudio 3.3.3, con un $\alpha = 0.05$

2.4 Modelos lineales generalizados (MLG)

2.4.1 Modelos lineales generalizados (MLG)

Los MLG's son una generalización natural de los modelos lineales clásicos (McGullagh y Nelder, 1989; Lindsey, 1997). El termino de modelos lineales generalizados es debido a Nelder y Wederburn (1972), quienes mostraron como la linealidad puede ser explotada para unificar aparentemente diversas técnicas estadísticas, como, por ejemplo: regresión lineal, ANOVA, ANCOVA (Lindsey, 1997).

Una razón por la que los GLM's son muy utilizados es debido a que pueden describir un fenómeno determinado a pesar de que la relación entre la variable de respuesta y la(s) variable(s) independiente(s) no sea lineal (esto es, no es necesario cumplir el supuesto de linealidad). La función vínculo se encarga de

linealizar la relación entre la variable dependiente y la(s) variable(s) independiente(s) mediante la transformación de la variable de respuesta (Lindsey, 1997). Otra característica particular es que permiten utilizar distribuciones no normales para la variable de respuesta (Y), no es necesario cumplir el supuesto de normalidad para las variables independientes siempre y cuando el error poblacional cumpla con los requisitos de los errores en el componente aleatorio, el cual es de la familia de las exponenciales, por ejemplo, la variable dependiente puede tener distribución binomial, poisson, gamma, etc., (McCullagh y Nelder, 1989). Además, otras ventajas de utilizar MLG es que permiten incorporar interacciones entre las variables independientes (McCullagh, 1984), y que la distribución del componente aleatorio no es necesariamente homocedastica, es decir, no se requiere un supuesto de homogeneidad de varianzas. Una de las características más importantes es que ya no aplica la estimación por mínimos cuadrados y la estimación de los parámetros B_1, \dots, B_p , es por medio del método de máxima verosimilitud (Quinn y Keough, 2002). Los MLG son una solución especialmente adecuada para modelos de dependencia de datos no métricos, como discretos, nominales u ordinales (López-González y Ruiz-Soler, 2011). En la construcción de modelos lineales generalizados es importante tener en cuenta que “no existe un único modelo que sea válido”. Parte del trabajo de construcción y evaluación del modelo es determinar cuál de todos estos modelos son adecuados, y cuál es el que explica la mayor proporción de varianza sujeto a la restricción de que todos los parámetros del modelo deberán ser estadísticamente significativos.

Los MLG son modelos lineales porque la variable de respuesta es descrita por la combinación lineal de las variables predictoras (Quinn y Keough, 2002). El objetivo es encontrar el mejor modelo, aquel que provea el mejor ajuste para los menores predictores (Quinn y Keough, 2002). Dependiendo del tipo de distribución de probabilidad se selecciona el tipo de función vínculo (Hoffman, 2004). La estimación por máxima verosimilitud es la que estima el valor de p que maximiza la verosimilitud de observaciones de los datos muestrales (Hoffman, 2004).

Los MLG están conformados por tres componentes:

- 1) Componente aleatorio: corresponde a las variables dependientes (Y 's), la cual debe tener una distribución de la familia de las exponenciales. En este caso las variables dependientes (éxito de eclosión y éxito de emergencia) presentaron distribución normal.
- 2) Componente sistemático o predictor lineal: corresponde a las variables independientes (X 's). Producen un predictor lineal η . Incluye la suma lineal de los efectos de una o más variables explicativas (X_j).

$$\eta_i = \sum_{j=1}^p x_{ij}\beta_j \quad (3)$$

3) Función de vínculo o ligadura: se encarga de linealizar la relación entre los componentes aleatorio y sistemático, mediante la transformación de la variable de respuesta.

Es una función monótona y diferenciable (McCullagh y Nelder 1989; Lindsey, 1997). Otra de las utilidades de la función vínculo, es la de conseguir que las predicciones de nuestro modelo queden acotadas.

En este trabajo, debido a que las variables de respuesta (éxito de emergencia y éxito de eclosión) tuvieron distribución normal la función vínculo logarítmica fue usada para aproximar la estructura de los errores. El proceso para la estimación del mejor MLG, es decir, el mejor conjunto de variables independientes que explican de mejor manera la variable de respuesta es el ajuste de la ecuación:

$$\ln(y_i) = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \beta_4 X_4 + E_i \quad (4)$$

Donde:

y_i = éxito de eclosión o éxito de emergencia (variables dependientes)

x_{ij} = variables independientes

β_0 = coeficiente de la variable independiente

β_1 = coeficiente para un término constante

E_i = error

Existen varios métodos y criterios para determinar cuál o cuáles modelos son los mejores y susceptibles de interpretación, entre dichos métodos se encuentran el método de los mejores subconjuntos, el cuál fue utilizado en este estudio. Este es un procedimiento estadístico utilizado para ayudar a seleccionar de entre todas las variables independientes que se ingresan al modelo sólo aquellas que deben ser incluidas en la regresión (Draper y Smith, 1998). Es un método automatizado que examina todos los modelos creados de todas las posibles combinaciones de las variables predictoras e identifica los modelos de regresión de mejor ajuste con los predictores especificados. El método general se basa en seleccionar los

subconjuntos más pequeños que satisfagan determinados criterios estadísticos, como el criterio de información de akaike AIC (por sus siglas en ingles) y significancia ($p < 0.05$). La selección basada en AIC suele proporcionar resultados más precisos (McCullagh y Nelder, 1989). Sin embargo, no todas las variables son significativas dentro de los modelos, estas podrían estar incluidas en el modelo final debido a que el AIC elige los modelos que minimizan la pérdida de información, pero no ofrece un valor de significancia de las variables. La razón para utilizar un subconjunto de variables y no un conjunto completo se debe a que el modelo de subconjuntos pudiera realmente estimar los coeficientes de regresión y pronosticar respuestas futuras con menor varianza que el modelo completo con todos los predictores.

Por otra parte, las medidas de bondad de ajuste o de discrepancia son importantes, pueden ser formadas de varias maneras, una de ellas, la devianza del modelo, está formada a partir del logaritmo de una relación de verosimilitud, y mide la cantidad de varianza explicada por el modelo, también, nos da una idea de la variabilidad de los datos. El porcentaje de devianza (D^2) tiene una ventaja general como medida de discrepancia en cuanto que es aditiva para conjuntos anidados de modelos si se usan estimaciones de máxima verosimilitud (McCullagh y Nelder 1989). El modelo completo consigna toda la variación de las Y 's en el componente sistemático (variables explicativas) (McCullagh y Nelder, 1989). Se utiliza para revisar el ajuste del modelo y se toman valores grandes de devianza de los residuals como indicativos de un mal ajuste para el modelo (Draper y Smith, 1998; Hoffman, 2004). La proporción de devianza, esta dada por la fórmula:

$$D^2 = \frac{\text{devianza del modelo nulo} - \text{devianza de los residuales}}{\text{devianza de modelo nulo}} \quad (5)$$

Por ello, para obtener una medida de la variabilidad explicada por el modelo, hemos de comparar la devianza del modelo nulo con la devianza residual, esto es, una medida de cuánto de la variabilidad de la variable de respuesta no es explicada por el modelo.

Otra medida de bondad es el AIC, mencionado anteriormente, el cual es un criterio que encuentra el modelo que tiene un mejor ajuste para los valores observados y usa la función de máxima verosimilitud para estimar sus parámetros (Lindsey, 1997). Es una función de log-verosimilitud de la función ajustada por el número de parámetros de covarianza (Cnaan et al., 1997). Los modelos con el valor más pequeño son preferibles, y mejor es el ajuste (Lindsey, 1997, Quinn y Keough, 2002). Evalúa tanto el ajuste de los datos al modelo como la complejidad del modelo (McCullagh et al. 1984) y es de los criterios más utilizados para distinguir los ajustes de los diferentes modelos (Quinn y Keough, 2002). Sin embargo, no siempre debe seleccionarse ciegamente el modelo con el AIC más pequeño (Lindsey, 1997), debe de inspeccionarse

también los residuales y la significancia de las variables dentro del modelo. La fórmula para obtener el AIC está dado por:

$$AIC = \frac{\text{Devianza del modelo nulo} + 2C}{N} \quad (6)$$

Esta fórmula involucra la devianza del modelo más 2 veces el número de parámetros ajustados (variables independientes + intercepto) (C), dividido por el tamaño de muestra (N) (Hoffmann, 2004), por lo que es altamente penalizado por el número de parámetros.

Aun cuando el criterio para la selección del modelo tenga un AIC apropiado o un porcentaje de devianza considerado aceptable, si no cumple con los supuestos del análisis de residuales (media cero, normalidad, independencia y varianza constante) el modelo no puede ser considerado robusto (Quinn y Keough, 2002). Los residuales son la diferencia entre los valores observados y los correspondientes valores que son predichos por el modelo y, entonces representan la varianza que no es explicada por el modelo. El chequeo de los supuestos para el modelo puede ser realizado mediante el procedimiento usual de gráficas de los residuales (Dobson y Barnett, 2002). Los residuales pueden ser usados para explorar la adecuación de ajuste de un modelo, respecto a la elección de función de varianza, función de vínculo y términos en el predictor lineal. Los residuales son herramientas importantes para revisar los supuestos hechos en la formulación de un modelo (Quinn y Keough, 2002).

2.4.2 Variables introducidas en los MLG

En este estudio se utilizaron Modelos Lineales Generalizados para ver si existe una relación entre las variables ambientales sobre las variables reproductivas de la tortuga golfina *L. olivacea* para cada uno de los cuatro campamentos tortugueros. Se aplicó para cada uno de estos la función de distribución gaussiana y la función de vínculo Log debido a que fueron las más adecuadas. A manera de ejemplificar la aplicabilidad de los MLG se realizó un modelo de éxito de eclosión y éxito de emergencia para la especie *Dermochelys coriacea*, comúnmente conocida como tortuga laúd. No se incluye la variable de número de nidos debido a que el esfuerzo no fue constante en todos los campamentos tortugueros, por falta de recursos económicos y humanos.

Las variables que se tomaron en cuenta para alimentar los MLG's en cada campamento fueron: éxito de eclosión o éxito de emergencia como variables dependientes. Y como variables independientes:

Temperatura ambiental: temperatura mensual promedio de mayo-diciembre durante la temporada de anidación. Se decidió incluir estos meses debido a que *L. olivacea* comienza a anidar en el estado de Guerrero a principios de junio, por lo que los primeros huevos eclosionan entre 45 y 50 días después, y concluyen su periodo de incubación las últimas nidadas en diciembre.

Precipitación: promedio de 8 meses (mayo-diciembre) durante la temporada de anidación. Se decidió incluir el mes de mayo debido a que en este periodo comienza la temporada de lluvias en esta región, lo cual podría influir en la humedad de la arena.

Huracanes: se tomaron en cuenta únicamente los huracanes que afectaron las costas de Guerrero, esto es, puesto que la incidencia de estos concuerda con la temporada de anidación de *L. olivacea*, se considero los huracanes con respecto a su trayectoria, distancia en km a la costa de la playa de cada campamento, intensidad (vientos) y fecha en que ocurrieron.

Anomalías de temperatura superficial del mar: se decidió utilizar el índice Niño 3-4 debido a que es uno de los índices más utilizados en la vigilancia de los fenómenos El Niño y La Niña, en consideración a que en el sector central del Pacífico tropical se observan los mayores contrastes de la termodinámica oceánica (Montealegre, 2007). Por lo tanto, el Niño 3.4 y ONI fueron favorecidos para definir los eventos de El Niño y La Niña. El ONI (índice oceanico El Niño por sus siglas en ingles) es un índice desarrollado recientemente por la NOAA.

2.5 Análisis de varianza del éxito de emergencia de los cuatro campamentos tortugueros.

Se realizó el Análisis de Varianza (ANOVA) para comparar el éxito de emergencia entre los cuatro campamentos tortugueros. Dos de los campamentos se encuentran en la parte noroeste del estado de Guerrero, mientras que los otros dos campamentos se ubican en la parte suroeste (Figura 1). El único campamento tortuguero que emplea la técnica de sombreado y riego del vivero es el CT1.

2.6 Estimación del éxito de eclosión

Para estimar el éxito de eclosión de los campamentos tortugeros que no presentaron este parámetro (CT1, CT2 y CT3) se realizó un modelo alométrico mediante una regresión lineal simple sin ordenada al origen, utilizando los datos del CT4. Esto debido a que el éxito de emergencia es una proporción del éxito de eclosión, el modelo es:

$$EEC = K * EEM \quad (7)$$

Donde:

EEC= éxito de eclosión

EEM= éxito de emergencia

K= parámetro a estimar

Capítulo 3. Resultados

3.1 Estadísticas básicas

A continuación, se presentan las estadísticas básicas para todas las variables que alimentan los MLG para cada campamento tortuguero.

Tabla 1 a)-e). Estadísticas básicas de las variables reproductivas y abióticas de cada campamento tortuguero.

a) CT1

Variable	N	Media	Mínimo	Máximo	Varianza	Desviación estándar
Nidos protegidos	15	856	393	1571	1.66E+05	407.25
Huevos protegidos	15	74609	31735	146241	1.38E+09	37192.97
Crías liberadas	15	51149	18056	121159	8.05E+08	28364.95
Éxito de emergencia	15	68	51	83	8.71E+01	9.33
Huevos promedio por hembra	15	88	62	102	1.76E+02	13.28
Precipitación	15	93	46	154	1.26E+03	35.54
Temperatura ambiental	15	25.38	23.33	27.4	2.29E+00	1.51
Anomalías de TSM	15	0.10	-1.10	2.1	9.95E-01	1.00
Huracanes	15	47.33	0	230	7.21E+03	84.91

b) CT2

Variable	N	Media	Mínimo	Máximo	Varianza	Desviación estándar
Nidos protegidos	16	403	51	1267	1.79+05	423
Huevos protegidos	16	36820	3934	115499	1.52+09	38945.47
Crías liberadas	16	22404	3131	90544	6.45E+08	25394.38
Éxito de emergencia	16	64	40	82	2.16E+02	14.71
Huevos promedio por hembra	16	90	77	96	2.56E+01	5.05
Precipitación	16	143	90	195	1.04E+03	32.30
Temperatura ambiental	16	28	27	29.3	3.26E-01	0.57
Anomalías de TSM	16	0.02	-1.16	2.1	7.53E-01	0.87
Huracanes	16	35	0	230	6.24E+03	78.98

c) CT3

Variable	N	Media	Mínimo	Máximo	Varianza	Desviación estándar
Nidos protegidos	8	335	279	411	2.43E+03	49.27
Huevos protegidos	8	31756	25891	39134	2.40E+07	4899.70
Crías liberadas	8	24443	16287	31333	2.54E+07	5038.66
Éxito de emergencia	8	77	60	98	1.63E+02	12.76
Huevos promedio por hembra	8	95	90	98	6.00E+00	2.37
Precipitación	8	193	143	265	1.90E+03	43.63
Temperatura ambiental	8	28.36	23.36	31.25	8.00E+00	2.78
Anomalías de TSM	8	-0.04	-1.10	2.07	1.00E+00	1.01
Huracanes	8	44	0	230	7.43E+03	86.18

d) CT4

Variable	N	Media	Mínimo	Máximo	Varianza	Desviación estándar
Nidos protegidos	22	510	21	1108	1.05E+05	323.58
Huevos protegidos	22	46869	2002	96271	8.50E+08	29153.29
Crías liberadas	22	32111	1050	68291	3.94E+08	19851.71
Éxito eclosión	12	82	55	88	8.72E+01	9.34
Éxito de emergencia	22	70	39	85	1.94E+02	13.94
Huevos promedio por hembra	22	92	81	104	2.60E+01	5.07
Precipitación	22	152	86	227	1.70E+03	41.24
Temperatura ambiental	22	27.54	26.26	28.64	0.00E+00	0.64
Anomalías de TSM	22	0.11	-1.16	2.07	1.00E+00	0.90
Huracanes	22	220	0	230	7.50E+01	8.66

e) CT4 Tortuga laúd

Variable	N	Media	Mínimo	Máximo	Varianza	Desviación estándar
Nidos protegidos	13	118	48	400	8991	94.82
Huevos protegidos	13	7540	26.51	26065	37559232	6128.56
Crías liberadas	13	3958	1081	15459	14792432	3846.09
Éxito eclosión	13	53.27	37.17	66.40	77	8.78
Éxito de emergencia	13	48.80	37.17	60.46	68	8.25
Huevos promedio por hembra	13	64	55	68	13	3.54
Precipitación	13	36.14	6.85	72.66	333	18.24
Temperatura ambiental	13	27.08	26.08	29.29	1	0.87
Anomalías de TSM	13	-0.01	-1.27	1.64	1	0.79

De manera similar, en la Tabla 2 a)-f) se presentan las matrices de correlación entre las variables bióticas y abióticas para cada campamento tortuguero. Se puede observar que en la mayoría de los campamentos tortugueros existe una baja correlación (± 0.30) entre éxito de emergencia y las variables ambientales. Similarmente, se observa baja correlación entre la mayoría de las variables ambientales.

Tabla 2 a)-f). Matrices de correlación entre las variables bióticas y abióticas para cada campamento tortuguero.

a) CT1

Variable	Matriz de correlación entre variable				
	Éxito emergencia	Precipitación	Temperatura ambiental	Anomalías TSM	Huracanes
Éxito emergencia	1	0.07	-0.08	0.11	0.14
Precipitación	0.07	1	-0.30	-0.26	0.35
Temperatura ambiental	-0.08	-0.30	1	0.05	-0.01
Anomalías de TSM	0.11	-0.26	0.05	1	0.11
Huracanes	0.14	0.35	-0.01	0.11	1

b) CT2

Variable	Matriz de correlación entre variables				
	Éxito emergencia	Precipitación	Temperatura ambiental	Anomalías TSM	Huracanes
Éxito emergencia	1	-0.23	-0.20	-0.29	-0.33
Precipitación	-0.23	1	-0.28	-0.27	0.68
Temperatura ambiental	-0.20	-0.28	1	0.72	-0.02
Anomalías de TSM	-0.29	-0.27	0.72	1	-0.07
Huracanes	-0.33	0.68	-0.02	-0.07	1

c) CT3

Variable	Matriz de correlación entre variables				
	Éxito emergencia	Precipitación	Temperatura ambiental	Anomalías TSM	Huracanes
Éxito emergencia	1	0.22	-0.50	0.61	-0.11
Precipitación	0.22	1	0.32	0.25	0.17
Temperatura ambiental	-0.50	0.32	1	-0.67	0.71
Anomalías de TSM	0.61	0.25	-0.67	1	-0.27
Huracanes	-0.11	0.17	0.71	-0.27	1

Se puede observar que para este campamento si existe correlación relativamente alta entre éxito de emergencia con temepatrua ambiental y anomalías de temperatura superficial del mar.

d) CT4 (del año 1993 al 2015)

Variable	Matriz de correlación entre variables				
	Éxito emergencia	Precipitación	Temperatura ambiental	Anomalías TSM	Huracanes
Éxito emergencia	1	-0.07	0.37	-0.09	0.29
Precipitación	-0.07	1	-0.27	0.41	-0.10
Temperatura ambiental	0.37	-0.27	1	-0.41	0.16
Anomalías de TSM	-0.09	0.41	-0.41	1	0.22
Huracanes	0.29	-0.10	0.16	0.22	1

e) CT4 (del año 2003 al 2015)

Variable	Matriz de correlación entre variables					
	Éxito eclosión	Éxito emergencia	Precipitación	Temperatura ambiental	Anomalías TSM	Huracanes
Éxito de eclosión	1	0.59	-0.59	0.43	-0.68	0.08
Éxito emergencia	0.59	1	-0.49	0.66	-0.72	0.17
Precipitación	-0.59	-0.49	1	-0.66	0.63	-0.17
Temperatura ambiental	0.43	0.66	-0.66	1	-0.68	0.30
Anomalías de TSM	-0.68	-0.72	0.63	-0.68	1	-0.09
Huracanes	0.08	0.17	-0.17	0.30	-0.09	1

Nota: solo estaba disponible el éxito de eclosión del periodo 2003-2015.

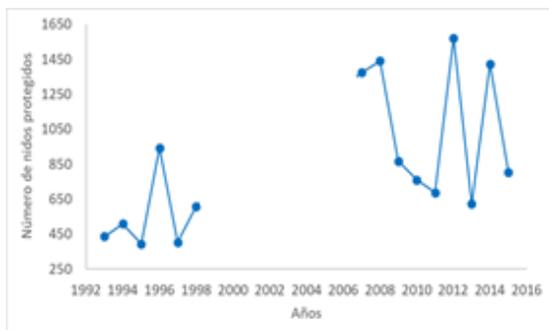
f) CT4 Tortuga laúd

Variable	Matriz de correlación entre variables				
	Éxito eclosión	Éxito emergencia	Precipitación	Temperatura ambiental	Anomalías TSM
Éxito de eclosión	1	0.94	-0.16	-0.39	-0.47
Éxito emergencia	0.94	1	-0.22	-0.43	-0.45
Precipitación	-0.16	-0.22	1	-0.12	0.34
Temperatura ambiental	-0.39	-0.43	-0.12	1	0.73
Anomalías de TSM	-0.47	-0.45	0.34	0.73	1

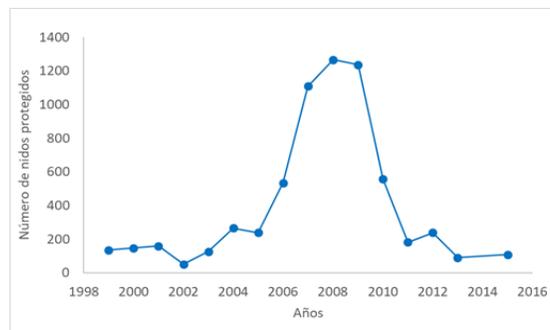
3.2 Tendencias generales de los parámetros reproductivos

En la figura 2 a)-e) se presenta la tendencia de la serie de tiempo del número de nidos protegidos de *L olivacea* para los cuatro campamentos tortugueros y la correspondiente para el ejemplo con la tortuga laúd. Respecto a nuestra especie de estudio se observa una tendencia de incremento en algunos campamentos tortugueros, y se observa una clara tendencia a la disminución de nuestro ejemplo de la tortuga laúd.

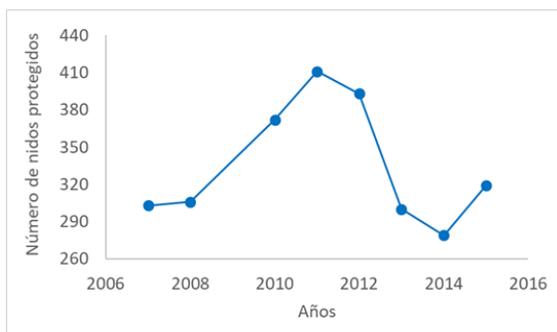
a) CT1



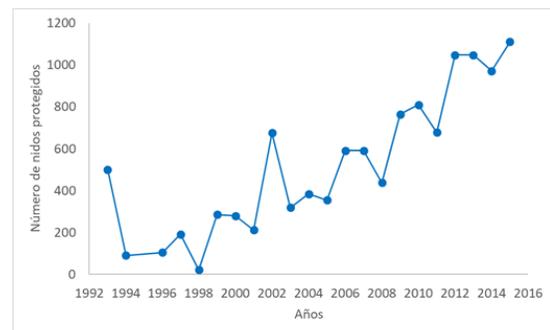
b) CT2



c) CT3



d) CT4



e) CT4*

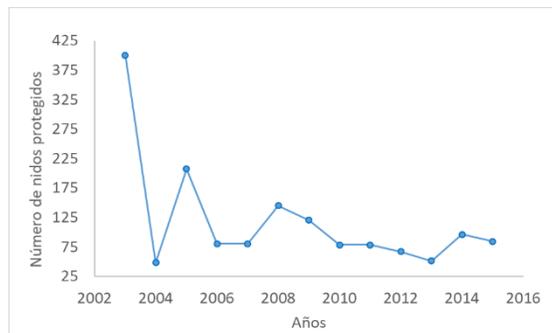
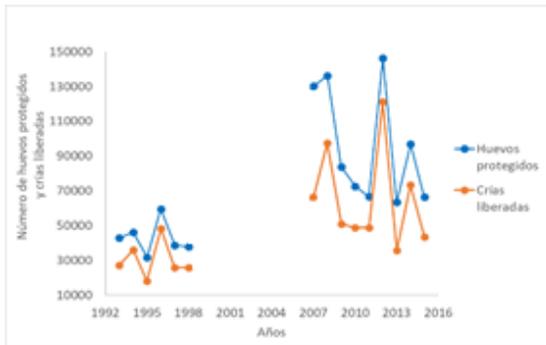


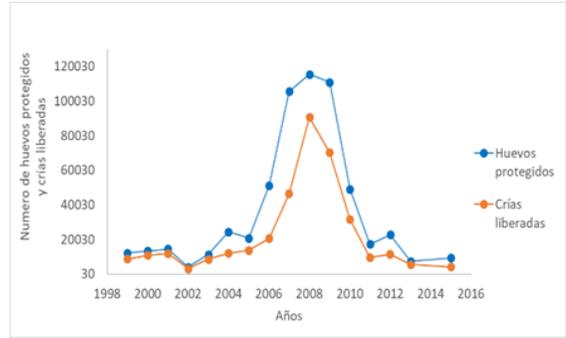
Figura 2 Tendencia de la serie de tiempo del número de nidos protegidos para los cuatro campamentos tortugueros y la correspondiente para el ejemplo con la tortuga laúd*.

De la misma manera en las figuras 3 a)-e) se representan la tendencia de la serie de tiempo del número de huevos protegidos y crías liberadas de los cuatro campamentos tortugueros y la correspondiente para el ejemplo con la tortuga laúd.

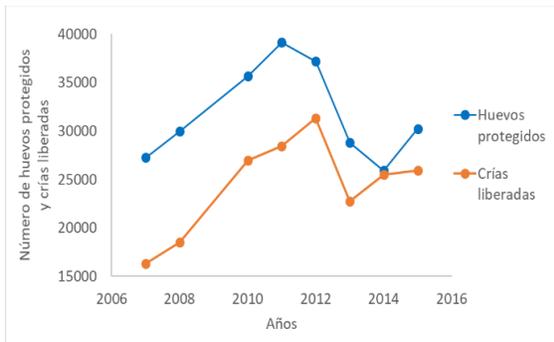
a) CT1



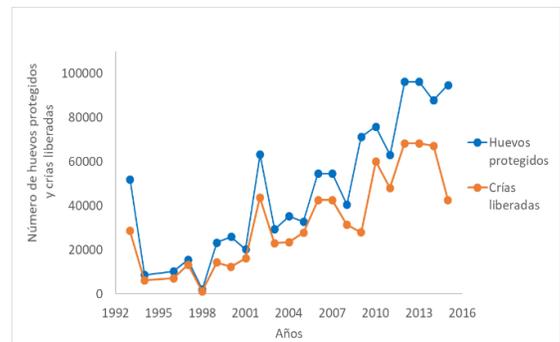
b) CT2



c) CT3



d) CT4



e) CT4*

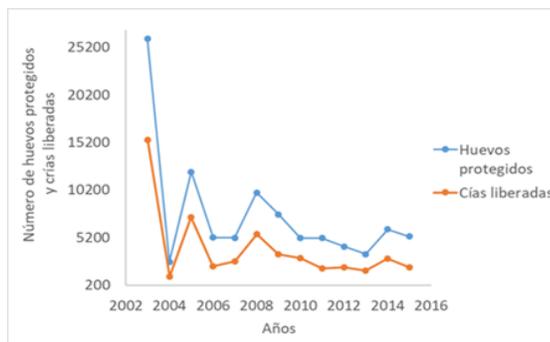
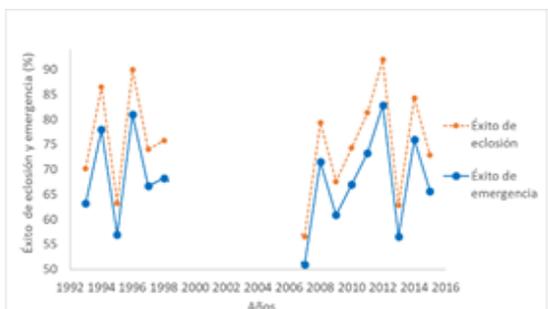


Figura 3. Número de huevos protegidos (línea continua) y número de crías liberadas (línea punteada) de los cuatro campamentos tortugueros y la correspondiente para el ejemplo con la tortuga laúd.

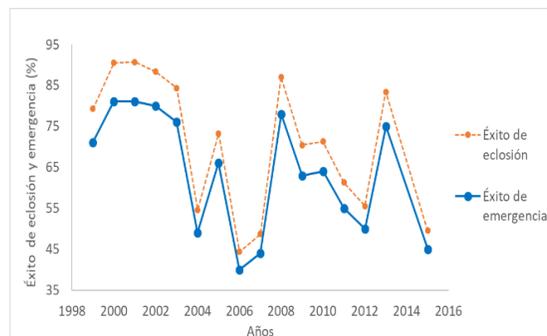
De los resultados del ajuste de estimación de la ecuación xx , para el éxito de eclosión de los campamentos que no presentaron este parámetro, se obtuvo $\beta = 1.11$ y \pm de 0.05, con una $r^2 = 0.97$.

La figura 4 a)-e) simbolizan el éxito de emergencia de los cuatro campamentos tortugueros y el éxito de eclosión estimado por la ecuación 7. El campamento tortuguero Santuario playa Tierra Colorada fue único campamento que presentó mediciones de este parámetro tanto para *L. olivacea* como para nuestro ejemplo de tortuga laúd. Se puede observar que tanto el éxito de emergencia como el éxito de eclosión son muy variables a lo largo del tiempo. Además, puede apreciarse que ambos parámetros son bajos en los cuatro campamentos tortugueros.

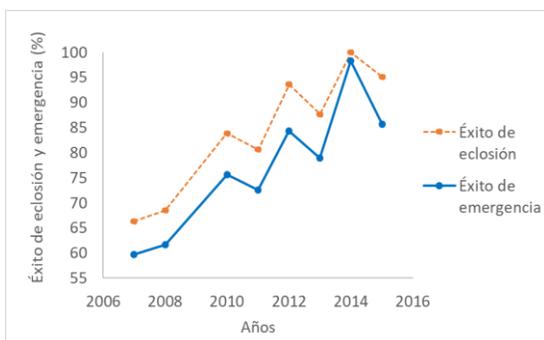
a) CT1



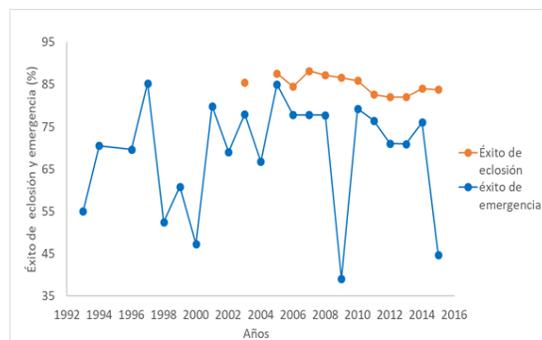
b) CT2



c) CT3



d) CT4



e) CT4*

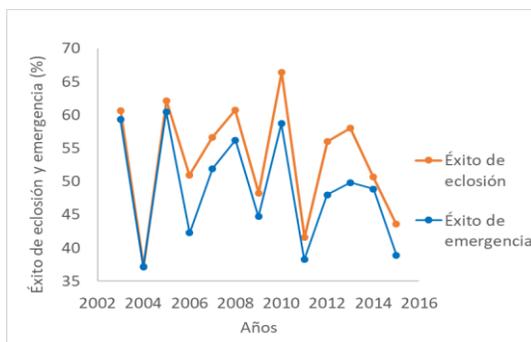


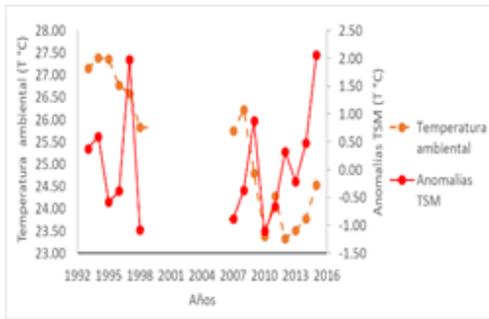
Figura 4. Éxito de eclosión (estimado, línea punteada) y emergencia de la tortuga golfinia por temporada de los cuatro campamentos tortugueros por sitio de muestreo, únicamente se presenta el éxito de eclosión para el CT4 y el ejemplo con la tortuga laúd*.

Además, es evidente en las graficas anteriores que existe una buena correspondencia entre los modelos ajustados para éxito de eclosion y éxito de emergencia.

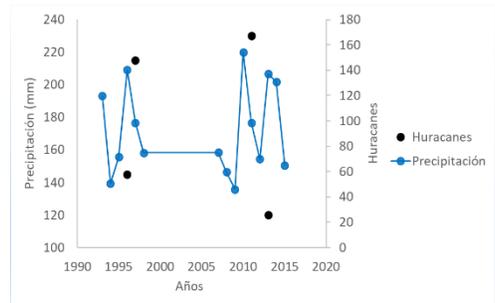
3.3 Tendencias generales de las variables abióticas

Las tendencias de las variables abióticas se presentan en la figura 5 a)-h) para los cuatro campamentos tortugeros y nuestro ejemplo de la tortuga laúd. Se puede notar una alta dispersión de las variables medidas, probablemente debido a la naturaleza de las variables.

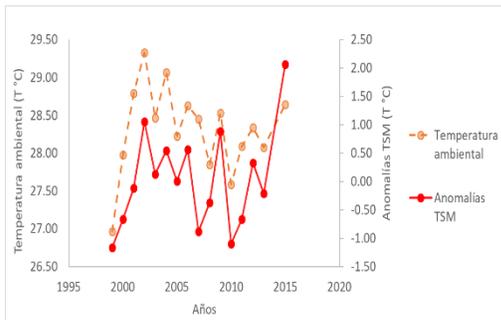
a) Temperatura ambiental y anomalías TSM CT1



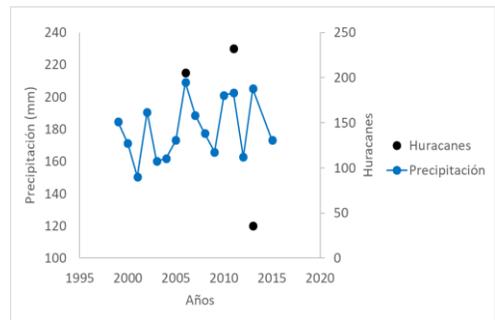
b) Precipitación y huracanes CT1



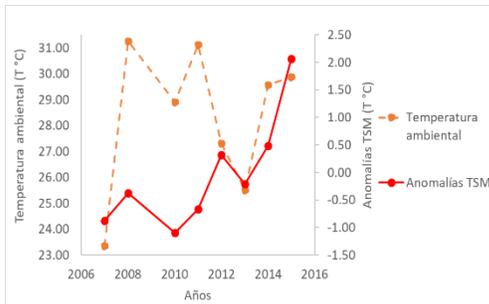
c) Temperatura ambiental y anomalías TSM CT2



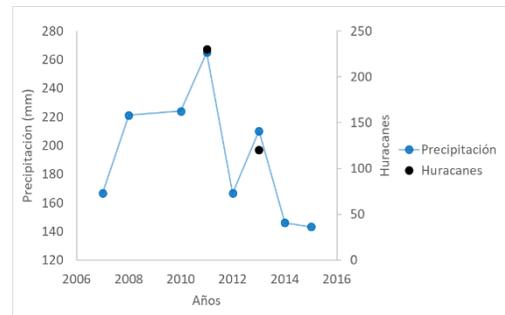
d) Precipitación y huracanes CT2



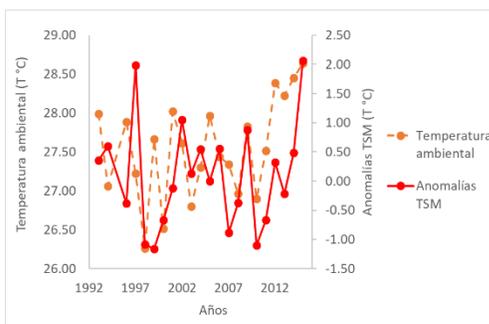
e) Temperatura ambiental y anomalías TSM CT3



f) Precipitación y huracanes CT3



g) Temperatura ambiental y anomalías TSM CT4



h) Precipitación y huracanes CT4

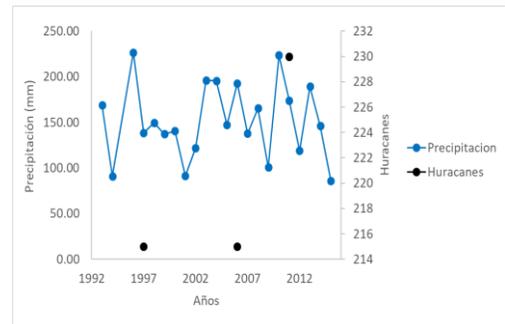


Figura 5. Tendencias de las variables abióticas para los cuatro campamentos tortugeros y el ejemplo con la tortuga laúd.

3.4 Modelos lineales generalizados (MLG)

A continuación, se muestran los resultados de los MLG para cada campamento tortuguero. Las variables de respuesta para estos MLG fueron éxito de emergencia para los campamentos CT1, CT2 y CT3. En el CT4 se tuvieron dos variables de respuesta, éxito de eclosión y éxito de emergencia, por lo que para este campamento se corrieron dos modelos lineales generalizados.

El éxito de emergencia, en todos los casos tuvo una distribución normal ($p > 0.05$), por lo que, siendo la variable de la familia de las gaussianas, la función vínculo para cada MLG fue la función logarítmica (log). Las variables independientes incluidas en los MLG para todos los sitios de muestreos fueron: temperatura ambiental, anomalías de TSM, precipitación y huracanes. Cabe mencionar que, en el apartado de resultados a manera de ejemplificar, solo se presentaran las tablas completas y paso por paso de los modelos resultantes del CT1. Las tablas completas de los otros campamentos se encuentran en los anexos. Primeramente, para todos los modelos se utilizó el método de mejores subconjuntos, después, se probaron los supuestos de los residuales para los mejores modelos. Posteriormente estos mejores modelos se corrieron de manera individual mediante el método de pasos hacia adelante para ver si se eliminaban variables o no. Finalmente, se utilizó el criterio del porcentaje de la devianza para seleccionar el mejor modelo.

3.4.1 Modelo éxito emergencia CT1

El ajuste del MLG para el éxito de emergencia para este campamento arrojó 15 modelos mediante el procedimiento de mejores subconjuntos (ver tabla 3). Los modelos (2, 3, 4, 5 y 6) fueron los únicos que cumplieron con todos los supuestos de un análisis de residuales, significancia, porcentaje de devianza aceptable y criterio de Akaike (AIC). Cabe mencionar que, aunque el modelo 1 tuvo el menor AIC y buen porcentaje de devianza, los residuales no cumplieron con homocedasticidad ($p < 2.2e16$). Con el propósito de reducir el número de modelos interpretables se utilizó el procediendo de pasos hacia adelante con cada uno de los cinco modelos resultantes, se eliminaron los modelos 2, 5 y 6 debido a que eliminaron variables (ver tabla 4). Por lo tanto, solamente los modelos 3 y 4 fueron utilizados para su interpretación, siendo estos:

Modelo 3: **Éxito emergencia= Temperatura ambiental + Huracanes**

Modelo 4: **Éxito emergencia= Temperatura ambiental + Anomalías TSM**

Tabla 3. Modelos éxito emergencia mediante el análisis de mejores subconjuntos CT1.

Modelo	Devianza (%)	AIC	p	Normalidad (p)	Media	Independencia (p)	Homocedasticidad y aleatoriedad (p)
1	92.57	133.9	0	0.53	0.13	0.79	< 2.2e-16
2	93.47	134	0	0.18	0.11	0.89	0.62
3	92.74	135.6	0	0.30	0.13	0.90	0.36
4	92.58	135.9	0	0.18	0.11	0.91	0.81
5	93.49	135.9	0.00	0.18	0.11	0.91	0.81
6	93.47	136	0.00	0.18	0.11	0.93	0.68
7	92.75	137.6	0.00	0.30	0.13	0.90	0.69
8	93.5	137.9	0.00	0.23	0.11	0.93	0.93
9	54.52	163.1	0.25	0.02	4.28	0.51	0.50
10	45.38	163.9	1	0.10	5.24	0.65	< 2.2e-16
11	48.66	164.9	0.62	0.04	5.69	0.68	0.22
12	54.52	165.1	0.43	0.02	4.28	0.51	0.50
13	18.37	169.9	1	0.00	49.2201	0.0025	< 2.2e-16
14	13.47	170.8	1	0.00	175.73	1.77E-09	< 2.2e-16
15	18.4	171.9	1	0.00	49.09	0.002	0.00

Tabla 4. Análisis de pasos hacia delante de los cinco modelos del CT1 que cumplieron con los supuestos de residuales, significancia, porcentaje de devianza aceptable y AIC.

Modelo	Temperatura ambiental	Precipitación	Anomalías TSM	Huracanes	Variable eliminada	Modelo resultante
2	X	X			Precipitación	1
3	X			X	Ninguna	3
4	X		X		Ninguna	4
5	X	X	X		Precipitación	4
6	X	X		X	Precipitación	3

La figuras 6 y 7 muestran los valores observados y ajustados de estos dos modelos. En ambas figuras se muestra que los valores ajustados no estan tan alejados de los valores observados, esto es, tienen una buena correspondencia.

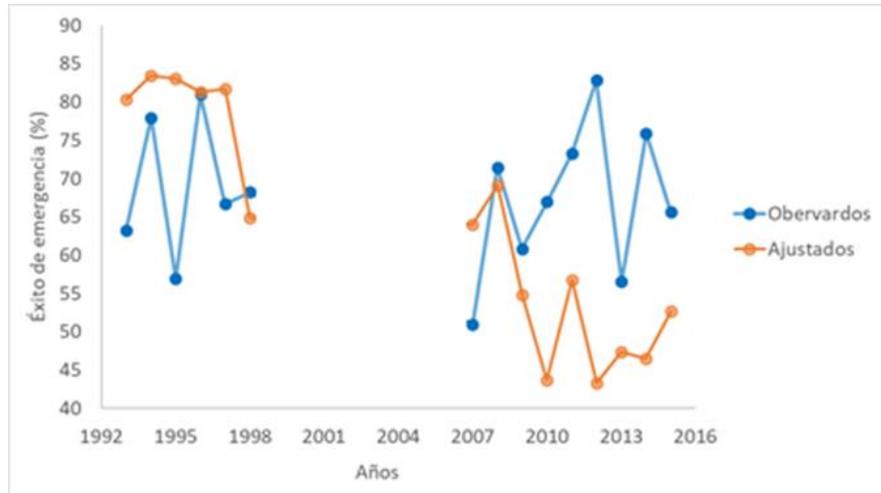


Figura 6. Valores observados (línea azul) y ajustados (línea naranja) del éxito de emergencia (%) del M3 CT1.

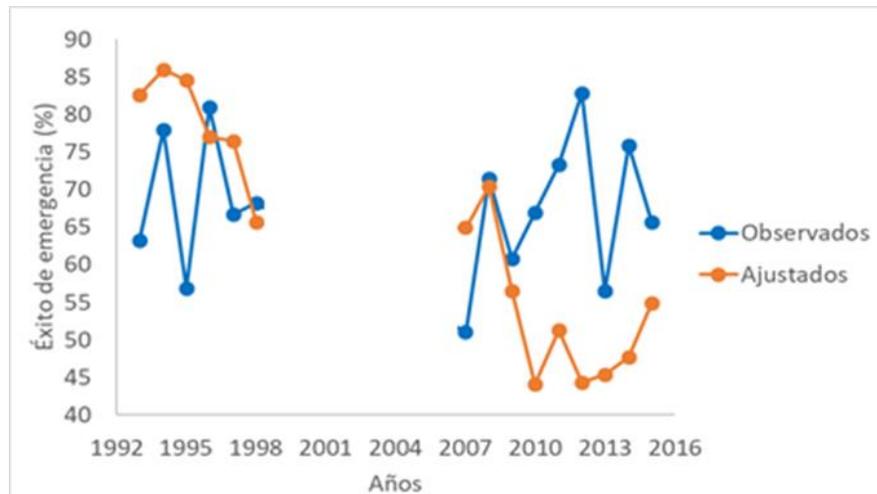


Figura 7. Valores observados (línea azul) y ajustados (línea naranja) de éxito de emergencia (%) del M4 CT1.

Aun cuando las gráficas de valores predichos y observados de los modelos 3 y 4 son muy parecidos, el modelo 3 representa un valor de AIC ligeramente menor al AIC del modelo 4, similarmente el porcentaje de devianza del modelo 3 es ligeramente mayor que el modelo 4, por lo que se podría concluir que el

modelo final de éxito de emergencia del campamento Piedra de Tlacoyunque (CT1) es el modelo 3. Más aún, el modelo 3 tuvo un valor de cuadrado medio del error (CME) igual a 353.95, mientras que el M4 obtuvo un valor de CME de 361.87, por lo cual el primer modelo presenta mejores valores ajustados con la variable huracanes.

La variable más importante con base en el porcentaje de aporte a la devianza, es la variable temperaturas ambiental, debido a que explica el 85.01 al modelo (Tabla 5). Por lo anterior, el mejor modelo para este sitio de estudio está representado por:

Modelo CT1 **Éxito de emergencia = Temperatura ambiental + Huracanes**

Tabla 5. Devianza del modelo final de CT1.

Variable	Devianza	% aporte a la devianza total	p
Temperatura Ambiental	55789	85.01	< 0.05
Huracanes	5072	7.73	> 0.05
		Porcentaje de devianza total 92.74	

3.4.2 Modelo éxito de emergencia CT2

Para el ajuste del MGL en el CT2 se obtuvo un total de 15 modelos mediante el procedimiento de mejores subconjuntos (anexos tabla 12). Sin embargo, debido a que varios de ellos no cumplieron con los supuestos de residuales, significancia y/o se alejaban más de tres unidades del AIC o tenían bajo porcentaje de devianza, solamente se tomaron en cuenta cuatro modelos (1, 2, 3 y 5) que cumplieron con todos los supuestos mencionados anteriormente. Los resultados del procedimiento de pasos hacia adelante para cada uno de los cuatro modelos resultantes se pueden ver en la tabla 7 de anexos, en la cual se puede visualizar que se eliminaron los modelos 3 y 5. Los dos mejores modelos para este sitio de estudio (CT2) fueron:

Modelo 1 **Éxito de emergencia = Temperatura ambiental + Anomalías TSM**

Modelo 2 Éxito de emergencia = Temperatura ambiental + Anomalías TSM + Huracanes

La figura 8 presenta los valores observados y ajustados para el modelo 1 del CT2.

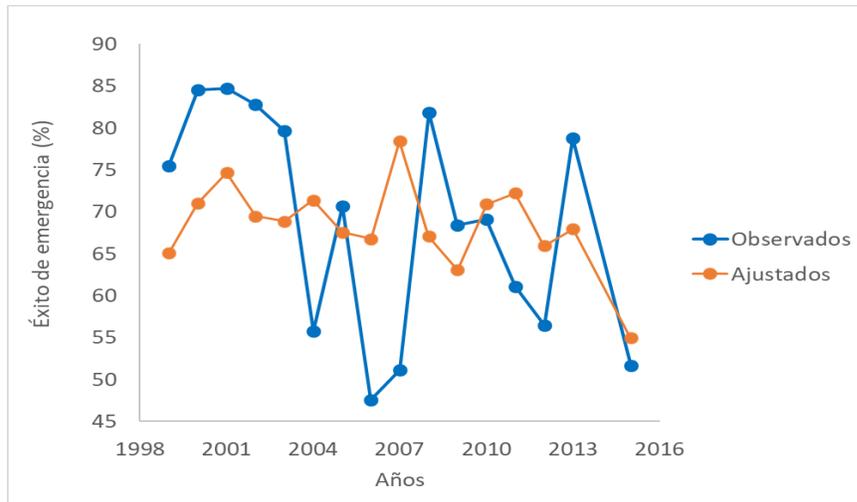


Figura 8. Valores observados (línea punteada) y ajustados (línea continua) del éxito de emergencia (%) del modelo 1 CT2.

Similarmente, la figura 9 presenta los valores observados y ajustados para el modelo 2.

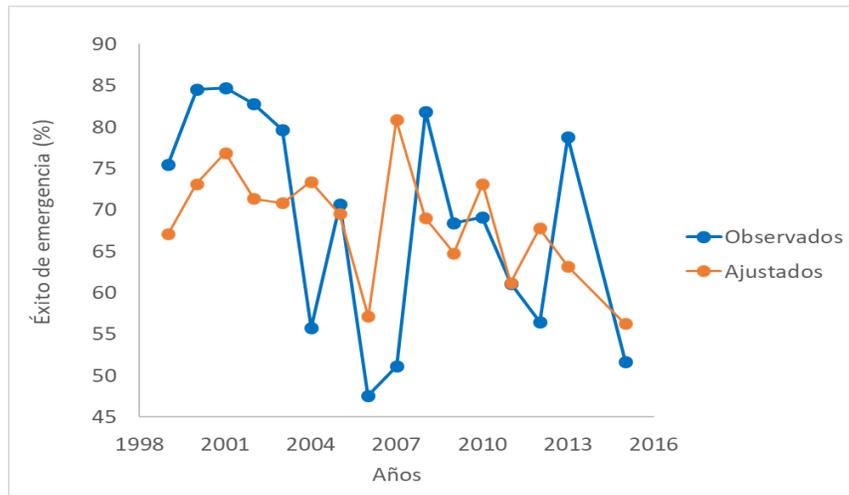


Figura 9. Valores observados (línea punteada) y ajustados (línea continua) del éxito de emergencia (%) del modelo 2 CT2.

El valor de AIC para los dos modelos fue casi idéntico, sin embargo, el porcentaje de devianza del modelo 2 fue ligeramente mayor y tomo en cuenta la variable huracanes, la cual, a pesar de no ser significativa y aportar poco a la devianza (anexo tabla 7-CT2) mejora sustancialmente los residuales y los valores ajustados puesto que el modelo 1 tuvo un valor mayor de cuadrado medio del error (CME) igual a 175.75, mientras que el modelo 2 obtuvo un valor de CME igual a 155.97. Para el modelo final de éxito de emergencia del CT2 se incluyeron 3 variables (Tabla 8), por lo que el modelo final que mejor explica el éxito de emergencia de este campamento tortuguero está dado por:

Modelo CT2 Éxito de emergencia= Temperatura ambiental + Anomalías TSM + Huracanes

En la tabla 6, se aprecia que la variable que aporta más al porcentaje devianza del modelo final es la temperatura ambiental con un 85.76 de porcentaje de devianza.

Tabla 6. Devianza del modelo final de CT2.

Variable	Devianza	% aporte a la devianza total	p
Temperatura Ambiental	550415	85.76	< 0.05
Anomalías TSM	4091	5.36	< 0.05
Huracanes	2863	4.56	> 0.05
		Porcentaje de devianza total 95.68	

3.4.3 Modelo éxito emergencia CT3

Los resultados del MGL mediante el procedimiento de mejores subconjuntos para el CT3 extrajo 15 modelos (anexos tabla 9-CT3), de los cuales únicamente cinco modelos (1, 2, 6, 7 y 8), cumplieron con los supuestos de los residuales, no se alejaban más de tres unidades del menor valor de AIC y tenían buen porcentaje de devianza. Sin embargo, cabe mencionar, que ninguno de ellos cumple con significancia $\alpha = 0.05$, sólo los modelos 1 y 2 son significativos a un $\alpha = 0.10$. De los resultados del procedimiento de pasos hacia delante de cada uno de estos cinco modelos (anexos tabla 10-CT3) se eliminaron los modelos 2, 6 y 8. Por lo cual sólo se consideran los modelos 1 y 7. Esto es, los modelos a considerar para su interpretación son:

M1 Éxito de emergencia=Anomalías TSM

M7 Éxito de emergencia= Anomalías TSM + Temperatura Ambiental

Cabe mencionar que ambos modelos tienen un porcentaje de devianza similar (35.5 y 45.6 respectivamente) pero el primero se acerca más a la significancia.

En la figura 10 se representan los valores observados y ajustados de éxito de emergencia para el M1.

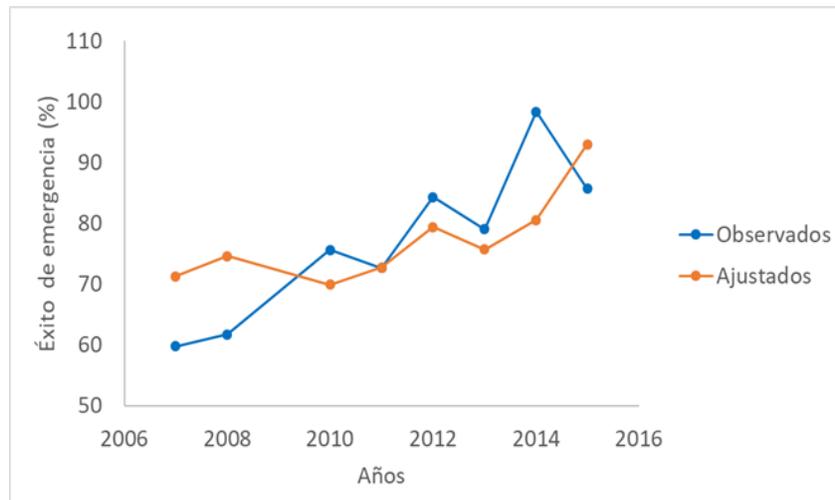


Figura 10. Valores observados (línea azul) y ajustados (línea naranja) del éxito de emergencia (%) del modelo 1 CT3.

Similarmente, en la figura 11 se representan los valores observados y ajustados para el modelo 7.

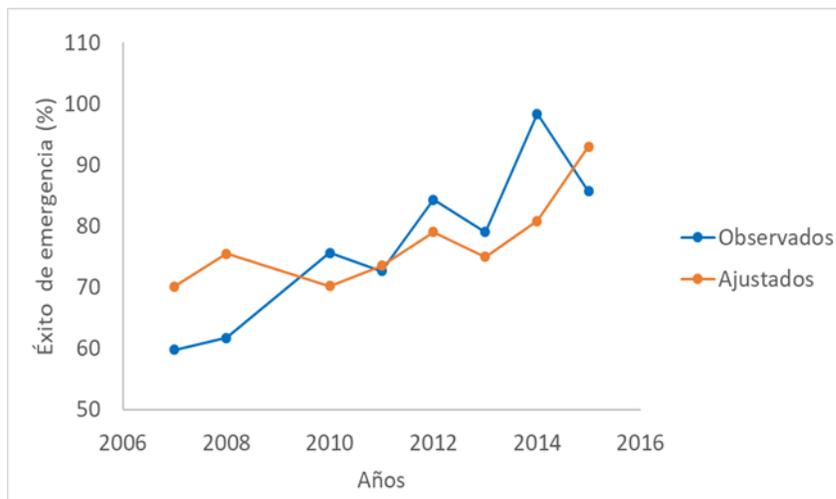


Figura 11. Valores observados (línea azul) y ajustados (línea naranja) para el éxito de emergencia (%) del modelo 7 CT3.

En las figuras 10 y 11 se muestra que aun cuando el porcentaje de devianza explicada es bajo, existe una buena correspondencia entre los valores observados y ajustados.

Finalmente, el M1 tuvo un valor de CME de 105.08 y el de M7 fue de 105.08, por lo que, ambos valores ajustados son muy cercanos, y tienen una diferencia de 0.0000002, siendo el CME de M7 ligeramente mayor.

Tomando el criterio de porcentaje de devianza el modelo 7 fue el mejor, sin embargo, este modelo se aleja más del 10 % de la significancia con un valor $p=0.16$, por lo que consideramos que el mejor modelo para el éxito de emergencia del CT3 es el modelo 1 con únicamente la variable anomalías de TSM con una devianza de 35.5 % (Tabla 7), y está dado por:

Modelo CT3 Éxito de emergencia= Anomalías TSM

Tabla 7. Devianza del modelo final de CT3.

Variable	Devianza	% aporte a la devianza	p
Anomalías TSM	1140.20	35.5	>0.05

3.4.4 Modelo éxito emergencia CT4

El MGL del CT4 para éxito de emergencia obtuvo un total de 15 modelos mediante el procedimiento de mejores subconjuntos (anexos tabla 12), sin embargo, varios de ellos no cumplieron con los supuestos de residuales, significancia o se alejaban demasiado respecto a la devianza o AIC. Sólo dos modelos (3 y 4) cumplieron con los supuestos mencionados anteriormente. El procedimiento de pasos hacia adelante nos arrojó los mismos modelos (anexos tabla 13). Sin embargo, ninguno de los modelos es significativo, pero no se alejan demasiado de la significancia, de un $\alpha = 0.10$ ($p = 0.14$ para el modelo 3 y $p = 0.12$ para el modelo 4) (anexos tabla 12). Por lo que se considera que los mejores modelos para este campamento son:

M3 Éxito emergencia= Temperatura ambiental + Precipitación + Anomalías TSM

M4 Éxito emergencia= Temperatura ambiental + Precipitación + Anomalías TSM + Huracanes

La figura 12 representa los valores observados y ajustados del modelo 3 del CT4.

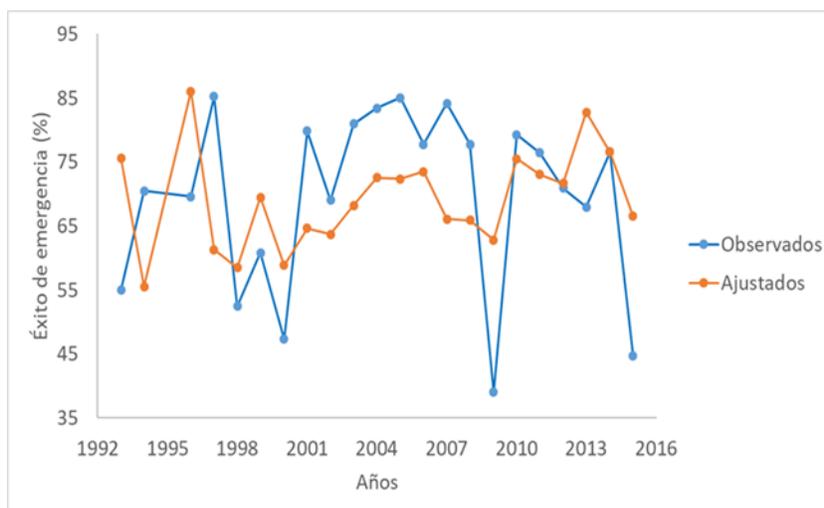


Figura 12. Valores observados (línea azul) y ajustados (línea naranja) para el éxito de emergencia (%) del modelo 3 aplicando los datos del CT4.

Similarmente, la figura 13 representa los valores predichos y observados del modelo 4 para el mismo campamento.

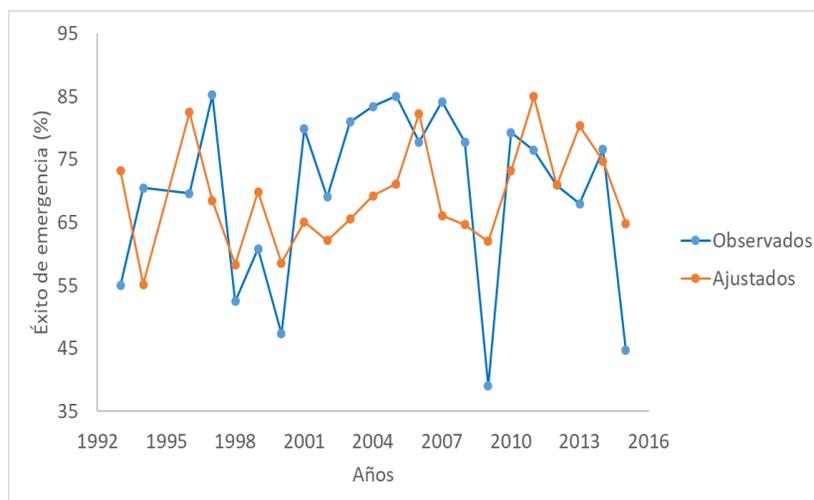


Figura 13. Valores observados (línea azul) y ajustados (línea naranja) para el éxito de emergencia (%) del modelo 4 aplicando datos del CT4.

Para el mejor modelo final éxito de emergencia del campamento Tierra Colorada se incluyeron 4 variables (modelo 4), siendo sólo significativa la variable temperatura ambiental (tabla 8). La devianza del modelo explica un 96.59 % y cumplió con los supuestos de los residuales. El valor de CME para el modelo 3 y 4 fue de 191.68 y 176.19, respectivamente; con base en el CME, el modelo 4 tiene mejores valores ajustados.

En la Tabla 8, nuevamente se aprecia que la variable que más aporta al modelo es temperatura ambiental, con un 74.95 % del porcentaje total de devianza.

Tabla 8. Devianza del modelo final éxito de emergencia de CT4.

Variable	Devianza	% aporte a la devianza total	p
Temperatura Ambiental	43055	74.95	<0.05
Precipitación	4528	7.87	>0.05
Anomalías TSM	3673	6.38	>0.05
Huracanes	4246	7.39	>0.05
		Porcentaje de devianza total	
		96.59	

3.4.5 Modelo éxito eclosión CT4

El campamento de Tierra Colorada (CT4) fue el único que presento datos de éxito de eclosión de 12 años. Lo anterior nos da la posibilidad de ajustar un MLG para esta variable y obtener una estimación del éxito de eclosión para los otros campamentos tortugueros mediante una regresión lineal.

El ajuste del MLG mediante el procedimiento de mejores subconjuntos para este campamento obtuvo un total de 15 modelos para el éxito de eclosión (anexos tabla 15), de los cuales sólo dos de los modelos (1 y 2) cumplieron con los supuestos de residuales, significancia y/o no se alejaban demasiado respecto a la devianza o AIC. Aun cuando para ambos procedimientos de mejores subconjuntos y pasos hacia adelante concordaron en el mejor modelo con el valor de AIC más bajo fue el modelo 1, se puede observar en la tabla 18 de anexos que dicho modelo no cumplió con los supuestos de los residuales, por lo cual fue descartado. De los dos modelos obtenidos, el procedimiento de pasos sólo se quedó con el modelo 3, el cual está representado por:

Modelo CT4 Éxito eclosión= Temperatura ambiental + Anomalías TSM + Huracanes

La figura 14 representa los valores observados y ajustados de éxito de eclosión del modelo 3 del CT4.

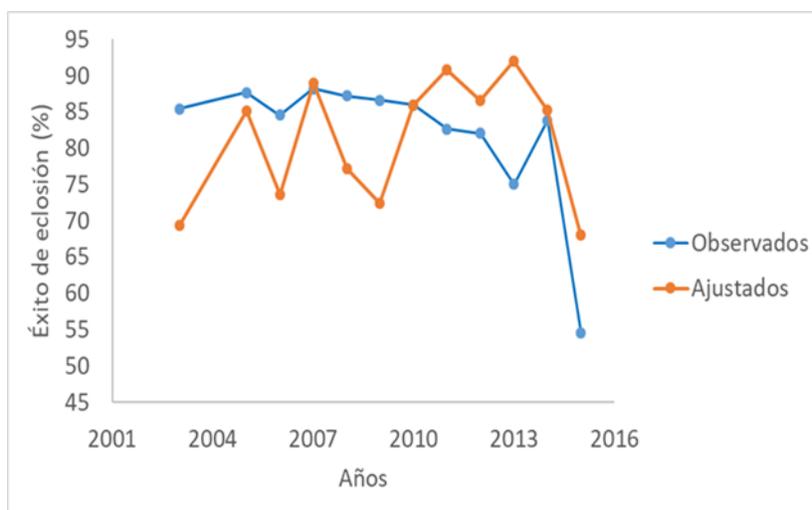


Figura 14. Valores observados (línea azul) y ajustados (línea naranja) para el éxito de eclosión (%) del modelo 3 del CT4.

Por lo anterior, para el modelo final de éxito de eclosión del CT4 se incluyeron 3 variables, siendo significativas únicamente dos de las tres variables incluidas en el modelo (temperatura ambiental y anomalías TSM) (tabla 14). Este explica un 98.43 de porcentaje de devianza y cumplió con los supuestos de los residuales. En la tabla 14 se aprecia que nuevamente la variable temperatura ambiental es la que más aporta al modelo con un valor de porcentaje de devianza de 92.30.

Tabla 9. Devianza del modelo final éxito de eclosión de CT4.

Variable	Devianza	% aporte a la devianza total	p
Temperatura Ambiental	65876	92.93	< 0.05
Anomalías TSM	2643	3.73	< 0.05
Huracanes	1255	1.77	> 0.05
		Devianza total 98.43	

3.4.6 Modelo éxito de eclosión en tortuga laúd CT4

A manera de ejemplificar la aplicabilidad de los MLG y dada la disponibilidad de datos para la especie *Dermochelys coriacea* (tortuga laúd) del campamento tortuguero de Tierra Colorada, se ajustó un MLG para las dos variables de respuesta, éxito de eclosión y emergencia.

El MGL del CT4 para éxito de eclosión de la tortuga laúd obtuvo un total de 7 modelos mediante el procedimiento de mejores subconjuntos (anexas Tabla 20), sin embargo, varios de ellos no cumplieron con los supuestos de residuales, significancia o se alejaban demasiado respecto a la devianza o AIC. Sólo dos modelos (1 y 2) cumplieron con los supuestos mencionados anteriormente. El procedimiento por pasos obtuvo los mismos modelos (anexas Tabla 21). Además, ambos modelos son significativos, el modelo 1 tuvo un valor $p = 0.007$ y el modelo 2 un valor $p = 0.01$ (anexas Tabla 10), los cuales están representados como:

M1 Éxito eclosión= Temperatura ambiental + Anomalías TSM

M2 Éxito eclosión= Temperatura ambiental + Anomalías TSM + Precipitación

La figura 15 representa los valores observados y ajustados de éxito de eclosión de la tortuga laúd del modelo 1 del CT4.

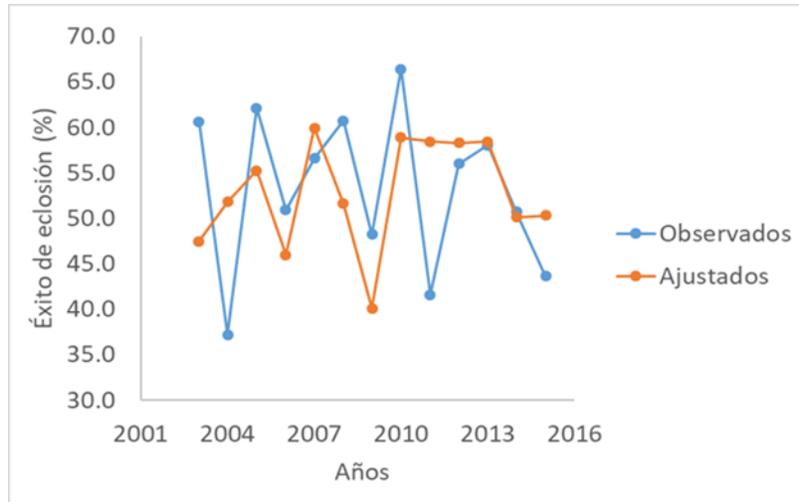


Figura 15. Valores observados (línea azul) y ajustados (línea naranja) para el éxito de eclosión (%) del modelo 1 del CT4 de tortuga laúd.

Similarmente, la figura 16 representa los valores observados y ajustados de éxito de eclosión de la tortuga laúd del modelo 2 del CT4.

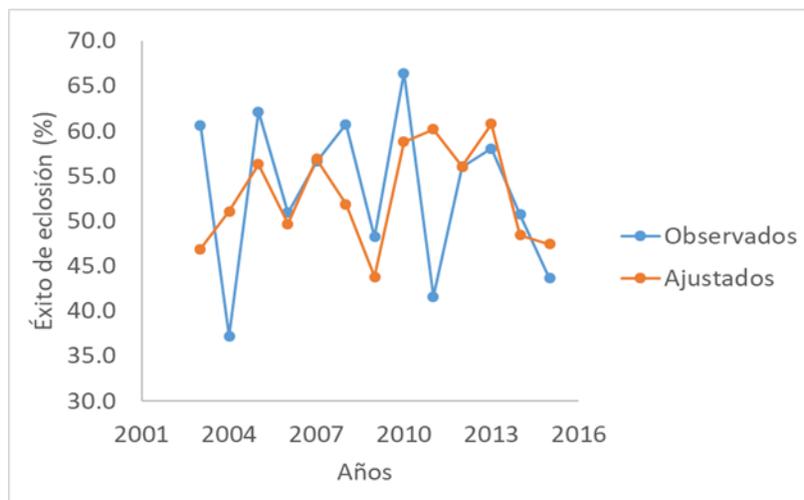


Figura 16. Valores observados (línea azul) y ajustados (línea naranja) para el éxito de eclosión (%) del modelo 2 del CT4 de tortuga laúd.

Los valores de CME para los modelos M1 y M2 fueron, 58.83 y 60.47, respectivamente, por lo que el primer modelo tiene mejores valores ajustados.

Para el modelo final de éxito de eclosión de la tortuga laúd del campamento Tierra Colorada se incluyeron 3 variables (modelo 2), siendo únicamente no significativa la variable precipitación (tabla 14 de anexos). El ajuste del modelo se considera bueno debido a que explica un 97.40 % de devianza y cumplió con los supuestos de los residuales. Este modelo se eligió siguiendo el criterio de una devianza mayor a pesar de haber tenido mejor valor del CME y AIC el modelo 1.

Tabla 10. Devianza del modelo final éxito de eclosión tortuga laúd de CT4.

Variable	Devianza	% aporte a la devianza total	p
Temperatura Ambiental	14960.7	80.55	< 0.05
Anomalías TSM	2118.9	11.41	< 0.05
Precipitación	1009.9	5.44	> 0.05
		Devianza total 97.40	

3.4.7 Modelo éxito emergencia tortuga laúd CT4

El MGL del CT4 para éxito de emergencia de la tortuga laúd obtuvo un total de 7 modelos mediante el procedimiento de mejores subconjuntos (anexos tabla XX), sin embargo, varios de ellos no cumplieron con los supuestos de residuales, significancia o se alejaban demasiado respecto a la devianza o AIC. Sólo dos modelos (1 y 2) cumplieron con los supuestos mencionados anteriormente, además, mediante el procedimiento de pasos se obtuvo los mismos modelos (anexos tabla XX). Ambos modelos son significativos, el modelo 1 tuvo una $p= 0.01$ y el modelo 2 una $p= 0.02$ (anexos XX). De lo anterior concluimos que tenemos dos modelos interpretables, siendo estos:

M1 Éxito emergencia tortuga laúd= Temperatura ambiental + Anomalías TSM

M2 Éxito emergencia tortuga laúd= Temperatura ambiental + Anomalías TSM + Precipitación

La figura 17 representa los valores observados y ajustados de éxito de emergencia de la tortuga laúd del modelo 1 del CT4.

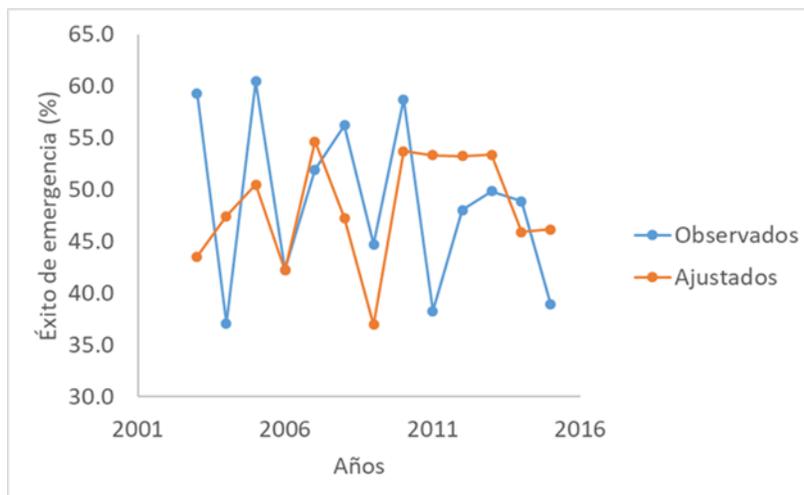


Figura 17. Valores observados (línea azul) y ajustados (línea naranjar) para el éxito de emergencia del modelo 1 CT4.

La figura 18 representa los valores observados y ajustados de éxito de emergencia de la tortuga laúd del modelo 2 del CT4.



Figura 18. Valores observados (línea azul) y ajustados (línea naranjar) para el éxito de emergencia del modelo 2 CT4.

Para el modelo final éxito de emergencia de la tortuga laúd del campamento Tierra Colorada se incluyeron 3 variables, siendo únicamente no significativa la variable precipitación (tabla 11). Este modelo se seleccionó debido a que posee un mayor porcentaje de devianza en comparación con el modelo 2. El ajuste

del modelo se considera bueno debido a que explica un 96.94 % de devianza y cumplió con los supuestos de los residuales. El valor de CME para el modelo 1 y 2 fue 75.45 y 73.99, respectivamente, el modelo 2 tuvo los mejores valores ajustados.

En la Tabla 11 se aprecia que la variable ambiental es la que más aporta el modelo con respecto al porcentaje de devianza es la temperatura ambiental con 79.69 %.

Tabla 11. Devianza del modelo final éxito de emergencia tortuga laúd de CT4.

Variable	Devianza	% aporte a la devianza total	p
Temperatura Ambiental	13007.6	79.69	< 0.05
Anomalías TSM	1858.2	11.39	< 0.05
Precipitación	958	5.86	> 0.05
		Devianza total 96.94	

3.5 Éxito de emergencia

Para corroborar si hubo diferencias significativas en las medias de éxito de emergencia de los cuatro campamentos tortugueros se realizó un ANOVA de una vía, una vez corroborados los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianzas. Para normalidad se realizó una prueba de Shapiro Wilk y Lilliefors, la cual indicó normalidad en éxito de emergencia para los cuatro campamentos con un valor $p > 0.05$. Similarmente, una prueba de Barlett de homocedasticidad nos indica que existe homogeneidad de varianzas en la variable de éxito de emergencia entre los cuatro tratamientos con un valor $p > 0.05$). Los resultados del ANOVA ($F=1.94$, $p=0.13$) nos indica que no existen diferencias significativas en el éxito de emergencia promedio entre los cuatro campamentos tortugueros.

Capítulo 4. Discusión

Los estudios realizados en México sobre tortugas marinas han sido muy diversos, varios de los cuales se mencionan en introducción, sin embargo, a pesar de que existen aproximadamente 200 campamentos tortugeros en este país, solamente pocas playas de anidación de estos han sido estudiadas, por ejemplo, en el Pacífico mexicano en estados como: Sinaloa, Nayarit, Jalisco, Colima, Michoacán y Oaxaca. Cabe mencionar que la razón principal de esto es la falta de recursos económicos y humanos para su operación.

Los estudios realizados en tortugas marinas abarcan algunos aspectos de importancia para la protección y conservación. Además, casi la mitad de playas de anidación de estos campamentos cuentan con información parcial o incompleta (Briceño-Dueñas y Abreu-Grobois, 1998), como es el caso de los datos del presente estudio para tres de los campamentos tortugeros. Por otra parte, los trabajos realizados en el estado de Guerrero sobre tortugas marinas además de ser pocos abarcan aspectos como: protección, conservación, biología, ecología, extracción furtiva de huevos, morfometría, conducta migratoria, sedimentología y morfología de playa de anidación (Valdez, 2001; Batalla 2002; Arraiga 2003; Pineda, 2003; Nava, 2008; Márquez-García et al. 2010; Mondragón et al. 2012; Sandoval-Sandaña et al. 2015). En el caso de *L. olivacea*, son poco los estudios realizados en el estado de Guerrero, la mayoría son tesis de licenciatura o informes técnicos por parte de los encargados de los campamentos tortugeros (Valenzuela, 1989; Vargas-Santamaría, 2004; Ocampo-Olvera, 2016).

La aportación de este trabajo es destacar la influencia de variables ambientales sobre el éxito de eclosión y emergencia en condiciones de vivero de la especie *Lepidochelys olivacea* y *Dermochelys coriacea* en el estado de Guerrero, ya que es el primer trabajo que evalúa estas características en el estado.

4.1 Tendencia y estado actual de la tortuga golfina en el estado de Guerrero

Aun cuando las tendencias observadas en el número de nidos protegidos y crías liberadas de la especie *L. olivacea* son de incremento, es importante mencionar que el esfuerzo de patrullaje no ha sido constante en los cuatro campamentos tortugeros. Por tal motivo en el presente estudio no se tomó en cuenta el número de nidos protegidos como un parámetro reproductivo. Por otra parte, este incremento en el número de nidos podría deberse en parte a la veda total de esta especie. A pesar de que en las playas de los cuatro campamentos se presentan problemas como saqueo de huevos y hembras anidantes, y

depredación por parte de animales (como perros, cangrejos, aves, entre otros), el personal de estos campamentos protege la mayoría de los nidos al realizar recorridos frecuentes durante las temporadas de desove, así como la vigilancia y cuidado de los nidos y huevos en los viveros de dichos campamentos. En México en el periodo de 1992 a 1997 se ha logrado proteger entre 20 y 50 %, del total de las nidadas depositadas en las playas de varios campamentos tortugueros, mientras que el resto se perdió debido a la depredación, inundación, erosión, saqueo, vegetación, rocas y escombros (SEMARNAP-INE, 1999). Hoy en día en la mayoría de los campamentos de México se logra proteger un porcentaje mayor (80 % - 90 %) de nidadas depositadas. En los datos podemos del presente trabajo, se puede observar que se protege entre el 85 y 95 % de las nidadas.

Las entrevistas con los encargados de tres campamentos tortugueros en el estado de Guerrero (Roberto Clemente, Guadalupe-Giron y Sandoval-Saldaña, com. per.), destacan que la especie *L. olivacea* muestra una tendencia de recuperación, excepto el campamento de la playa La Bocana (CT3), el cual es el de más reciente creación. El campamento Santuario Piedra de Tlacoyunque a pesar de mostrar una tendencia de recuperación, esta ha sido limitada, ya que la playa fue hace décadas una zona de arribazón, donde según el encargado desovaban más de 3 mil hembras por temporada, sin embargo, Albavera-Padilla (2007) menciona que el rango oscilaba entre 20000 y 50000 hembras anidadoras, por lo que, comparando esos valores con lo que se registran en la actualidad (856 nidos promedio por temporada), se podría decir que no se ha recuperado la población anidadora. En varios estudios sobre la especie *L. olivacea* tanto en el océano Pacífico como en el Atlántico se ha mostrado una tendencia de incremento en playas de anidación en solitaria (SEMARNAP-INE, 1999; Chaloupka et al. 2004; Da Silva et al. 2007, entre otros). Por lo cual se podría decir que los campamentos tortugueros han resultado ser una buena estrategia de protección y conservación en la mayoría de los casos.

No obstante, luego de muchos años de un mal aprovechamiento del recurso tortuga golfina, aunando al poco conocimiento sobre esta especie, se podría decir que el estado actual de su población en esta región es casi desconocido, lo anterior es debido entre otros aspectos a que no se han realizado inventarios completos a nivel estatal. Más aun, la información se encuentra dispersa, la mayoría proveniente de los campamentos tortugueros y reportada a diferentes dependencias o administraciones como el CRIP, donde ha quedado como archivos muertos y se ha ido perdiendo (Peñaflores-Salazar com pers. tomado de Chávez-Sánchez, 2011).

De igual manera, respecto a la tendencia de la especie *D. coriacea* en el campamento Santuario Tierra Colorada, es evidente una disminución de tres cuartas partes según los datos presentados en este estudio,

lo cual concuerda con varios trabajos realizados sobre esta especie en varias playas alrededor del mundo (Sarti et al. 1996; Chan y Liew, 1996 tomado de Chaloupka et al. 2004; entre otros), aunque, en Florida, USA, esta misma especie ha mostrado un incremento en el número de nidos a lo largo de 30 años (Stewart et al. 2011). Varios autores sugieren que la tendencia a la baja de esta especie es el resultado de presentar un bajo éxito de eclosión y de emergencia, el cual se reporta menor del 50 % (SEMARNAP-INE, 1999). En los años 80's se consideraba que el Pacífico Mexicano (Michoacán, Guerrero y Oaxaca) albergaba el 65% de la población mundial de tortuga laúd, con una estimación de aproximadamente 75000 hembras (Sarti, 2004; Pritchard, 1982, tomado de Chávez-Sánchez, 2011). En 1995 se reportan menos de 1000 hembras (Sarti et al. 1996), cuyo número fue disminuyendo en las siguientes temporadas. En las playas de Marquelia y Tierra Colorada (26 km) se congregaban de seis a ocho mil hembras de tortuga laúd por temporada (Márquez et al. 1981 tomado de Márquez et al. 1982). Una situación similar para el campamento de Piedra de Tlacoyunque es reportada por Márquez et al. (1982) donde las poblaciones disminuyeron pues dejó también de haber grandes arribazones, hoy en día ocurren entre 5 o 10 anidaciones de esta especie por temporada (Informe 2014, Santuario Playa Piedra de Tlacoyunque). Debido a esta tendencia de disminución a nivel mundial, esta especie esta catalogada en peligro crítico de extinción por la unión internacional para la conservación de la naturaleza (Sarti, 2004).

4.2 Modelos Lineales Generalizados (MLG)

Los estudios sobre los efectos de variables ambientales en estos organismos han ido incrementando y son necesarios para una adecuada protección y conservación de las tortugas marinas. En la introducción se ha enfatizado la importancia de los factores que afectan los parámetros demográficos de éxito de emergencia y eclosión utilizados en el presente estudio. Sin embargo, todavía se desconoce hasta qué punto la naturaleza del ambiente del nido tiene consecuencias directas tanto en la historia natural de las tortugas, como en su dinámica poblacional (reclutamiento efectivo de individuos) (Reece et al. 2002).

Los resultados de los MLG para cada campamento indican que tres de los modelos para el éxito de emergencia y uno de éxito de eclosión tuvieron porcentajes de devianzas totales superiores al 90% y cumplieron con los supuestos de los residuales, con un valor de AIC aceptable. Únicamente el mejor modelo para el CT3 tuvo una devianza baja (35.50 %). Los modelos para éxito de emergencia y eclosión fueron los siguientes:

- CT1 Éxito de emergencia: Temperatura Ambiental + Huracanes
- CT2 Éxito de emergencia: Temperatura Ambiental + Anomalías de TSM + Huracanes
- CT3 Éxito de emergencia: Anomalías de TSM
- CT4 Éxito de emergencia: Temperatura Ambiental + Precipitación + Huracanes + Anomalías TSM
- CT4 Éxito de eclosión: Temperatura Ambiental + Anomalías de TSM + Huracanes

Para la especie *D. coriacea* los modelos fueron:

- CT4 Éxito de eclosión: Temperatura ambiental + Anomalías TSM + Precipitación
- CT4 Éxito de emergencia: Temperatura ambiental + Anomalías TSM + Precipitación

La variable ambiental más importante en el presente estudio fue la temperatura ambiental, la cual aportó a cuatro de los modelos de la especie *L. olivacea* anteriores 85 %, 86 %, 75 % y 93 % de porcentaje de devianza. Godley et al. (2001) sugiere que dicha variable es probablemente el factor que define la temporada de anidación, ya que después de la ovoposición, la temperatura tiene una influencia marcada en la tasa de desarrollo y éxito de los embriones (Rafferty y Reina, 2014). La temperatura y humedad, aun cuando son factores ambientales independientes, están íntimamente relacionados e inician su efecto combinado sobre los huevos desde la ovoposición (Arzola-González, 2007), sin embargo, en el presente estudio no se consideró la interacción entre estas dos variables debido a que tuvieron baja correlación entre ellas (Tabla 2 de resultados), por lo que fueron manejadas de manera independiente.

Estudios de laboratorio y de campo han mostrado que los huevos de tortugas marinas rara vez eclosionan si se incuban en temperaturas constantes <24 ° C o >35 ° C por un periodo prolongado de tiempo (Bustard y Greenham 1968, Mc Gehee 1979; Yntema y Mrosovsky, 1980; Ackerman, 1994, 1997; Matsuzaga et al., 2002, Santidrián-Tomillo et al. 2009; Segura y Cajada, 2010; Valverde et al. 2010). Maulany et al. (2012b) demostraron que a temperaturas del nido arriba de 34° C por al menos 3 días consecutivos durante la incubación en el vivero, resultó en una disminución del éxito de emergencia y en el rendimiento locomotor de crías de *L. olivacea* en Indonesia. Esto sucede comúnmente en el estado de Guerrero durante la temporada de anidación, ya que se llegan a reportar temperaturas promedio mayores de 35 ° C. Sin

embargo, en un trabajo realizado por Morreale et al. (1982) en Costa Rica sobre nidos de la especie *C. mydas*, no se obtuvieron diferencias en la mortalidad de las crías en cuatro zonas con diferente régimen de temperatura de incubación, ya que en todos los casos la sobrevivencia osciló entre el 77 y el 100 % que son considerados valores altos.

Lo anterior podría concordar con algunos estudios realizados para el porcentaje de emergencia de la especie *Caretta caretta* en Japón, los cuales mencionan que muchas crías pre emergidas son encontradas muertas en la mayoría de los nidos o hay alta mortalidad en la cámara del nido durante parte de la estación de temperaturas altas (Yamashita, 1995; Matsuzaga et al. 2002). Ese calor relacionado a la mortalidad es considerado ser un fenómeno común debido a que los picos de emergencias coinciden con los picos de temperaturas altas (Matsuzaga et al. 2002).

La temperatura del nido es también resultado de la producción de calor metabólico debido al desarrollo de los embriones (Wood et al. 2014), el cual puede elevar la temperatura por encima del límite viable y matar a los embriones (Miller 1997). La temperatura media de la masa de los huevos, por efecto del metabolismo, se va incrementando constantemente, desde 26 o 27°C hasta un promedio máximo de 34 a 35°C, conforme se acerca el día de la eclosión (Azanza-Ricardo, 2009). El aumento del calor metabólico puede variar principalmente según el número de embriones vivos en desarrollo dentro del nido durante el periodo de determinación sexual (Broderick et al. 2001; Booth y Astill 2001; Godley et al. 2001). Por tal motivo, existe una gran discusión respecto a la reubicación de nidadas dentro de viveros debido a que representan pequeñas áreas congestionadas (Mortimer, 1999) y al hecho de que la incubación en proximidades cercanas entre si pueda incrementar la temperatura del nido debido a la gran cantidad de nidadas depositadas dentro del vivero (Mortimer, 1999; Maulany et al., 2012a; Sandoval, 2008). Sin embargo, el estudio realizado por Arzola-González (2007) en México sobre la temperatura de nidos *in situ* de *L. olivacea* fue mayor (33.6 ° C) que en condiciones de vivero (32.8 ° C). Similarmente, en un estudio realizado por Reece et al. (2002) en el Mediterraneo, en la especie *C. caretta* no encontraron diferencias significativas entre cada criadero y su playa circundante en términos de contenido de agua y temperatura.

Por otra parte, para el caso de la especie *D. coriacea* algunos estudios han demostrado que la temperatura de incubación afecta el desarrollo de huevos y la emergencia de las crías (Santidrián et al. 2009), lo cual concuerda con el presente estudio ya que la variable temperatura ambiental es la que tuvo mayor influencia sobre el éxito de incubación de esta especie. Sin embargo, en un estudio realizado por Wallace et al. (2004) en Costa Rica sobre esta especie, encontraron que ni la hipoxia ni la temperatura están relacionadas con el éxito de eclosión.

Varios estudios han tratado de relacionar el éxito de eclosión y de emergencia con la temperatura del nido mediante análisis de regresiones. El estudio realizado, por Wood et al. (2014) en Australia, reporta que la relación con esta variable de éxito de eclosión tuvo una $r^2= 0.02$, $p=0.51$ y el éxito de emergencia fue de $r^2= 0.04$, $p=0.37$. Similarmente, Arzola-González, (2007) en México analizó las posibles consecuencias de la humedad y temperatura mediante correlaciones con el éxito de eclosión de crías de la especie *L. olivacea*, reportando para la primera variable (humedad) una $r^2=0.05$ para nidos naturales y $r^2 = 0.49$ para nidos de vivero, en el caso de la temperatura una $r^2 = 0.12$ para nidos naturales y $r^2 = 0.05$ para vivero. Resultados similares se encontraron en el presente estudio (Tabla 2). Sin embargo, los efectos de la temperatura son típicamente no lineales (Ackerman, 1994), por dicha razón se utilizaron en este estudio MLG.

Anomalías TSM. Puesto que las tortugas marinas son sensibles a la temperatura a través de su ciclo de vida los fenómenos anómalos (El Niño y La Niña) afectaran de manera significativa dichos parámetros reproductivos, además, en algunos lugares, se ha demostrado que la temperatura del nido de tortuga en la playa de anidación es determinada mayormente por la temperatura superficial del océano que por la temperatura del aire (Girondot y Kaska, 2015). Esto concuerda con los resultados del modelo éxito de emergencia del campamento tortuguero de playa La Bocana (CT3).

Por otra parte, la variable Huracanes estuvo presente en tres de los modelos de éxito de emergencia (CT1, CT2 y CT4) y un modelo de éxito de eclosión (CT4) para tortuga golfinia, lo anterior puede deberse a que disminuye de modo significativo el éxito reproductivo al reducir el número de nidos que eclosionan y el número de neonatos que emergen de los nidos (Pike y Stiner, 2007). Sin embargo, no todos los años los huracanes afectan al estado de Guerrero, por lo que su influencia es menor, además el tiempo de ocurrencia es de pocos días. No obstante, aun cuando esta variable tiene poca influencia en los parámetros reproductivos, cuando ocurre cerca de las playas de los viveros de los campamentos tortugueros causa serios daños, ya que en algunos casos su impacto destructivo ocasiona la destrucción del corral debido a vientos fuertes y marejadas, las cuales llegan a erosionar una parte de los nidos. Colin-Aguilar (2015) reporta que esta variable aportó poco a los MLG para dos playas de Baja California Sur, México, cabe mencionar que tomó la interacción huracanes-precipitación como otra variable para alimentar el MLG, en el presente estudio se maneja de forma independiente cada variable debido a que no presentaron alta correlación (Tabla 2 resultados).

Con respecto a la variable Precipitación, la tortuga golfinia generalmente selecciona playas con alto niveles de humedad, la mayoría de estas se encuentran cerca de bocas de ríos o estuarios (Casas Andreu, 1978;

Márquez-Millán, 1996), esto concuerda con el área de estudio del presente estudio. La humedad podría ayudar a prevenir incrementos termales causados por altas temperaturas en el ambiente y un incremento en la viabilidad del desarrollo de los huevos (Miller, 1997).

La incubación se ve afectada por condiciones de elevada o baja humedad, y constituye una de las principales causas de mortalidad en tortugas marinas (Ragotzkie, 1959; MC Gehee, 1979; Kraemer y Bell, 1980; Márquez-Millán, 1996; Martin, 1996; Packard, 1999; Foley et al. 2006). Sin embargo, mediante el análisis de pasos hacia adelante varios modelos de éxito de emergencia y eclosión de la especie *L. olivacea* que cumplieron con todos los supuestos eliminaron la variable precipitación, a pesar de que el periodo de anidación e incubación de los huevos transcurre completamente dentro de la temporada de lluvias, sin embargo, esta variable parece no influenciar la incubación de esta especie.

Varios autores mencionan que esta variable puede disminuir la temperatura de la arena de los nidos, sin embargo, algunas veces puede generar cambios muy pequeños, sobre todo cuando se trata de lluvias ligeras, ya que afectan solo la arena superficial y no llegan a profundidades mayores del nido. Morreale et al. (1982), sugieren que las variaciones de la temperatura a más profundidad contienen una mayor capa de arena que ayuda a amortiguar los cambios de temperatura en el fondo, siendo más homogénea la temperatura de incubación.

Por otra parte, poca humedad causa sequedad y ésta tiene efectos negativos en la supervivencia, ya que los huevos se deshidratan, la arena del nido se deseca y colapsa (Mc Gehee 1979). Sin embargo, en el estado de Guerrero se presenta alta humedad (1200 mm anual), posiblemente esta sea una razón por la cual no influye esta variable. La humedad de la arena podría beneficiar a la especie para que construya la cámara del nido y la arena no se derrumbe.

Peters et al. (1994), en un estudio realizado en Turquía argumentan que la arena de playa compactada puede obstruir la emergencia de *C. caretta*. Esto podría pasar para el modelo éxito de emergencia del campamento Santuario Tierra Colorada, dado que fue el único modelo que incluyó la variable precipitación, posiblemente debido a que este campamento se encuentra más cercano al estado de Oaxaca que es una región donde hay una precipitación un poco mayor. Además, el estudio de Colin-Aguilar, (2015) para la especie *L. olivacea* en el estado de Baja California Sur (clima muy seco) incluyó en sus modelos de eclosión y emergencia la variable precipitación y huracanes-precipitación, pero esta variable aportó poco al porcentaje de devianza total, sin embargo, es importante mencionar que en esta región es mínima la precipitación de 200 mm/a en comparación con el estado de Guerrero (clima cálido

sub húmedo) que tiene una precipitación de 1200 mm/a. Por otra parte, en el estudio realizado por López-Castro et al. 2004 en Baja California Sur mencionan que el éxito de eclosión es afectado por la humedad.

Brenes (2011), demostró que tanto el descenso súbito de la temperatura de incubación como la interrupción del desarrollo embrionario de las nidadas fueron consecuencia directa de la acción de los eventos extremos de precipitación. Si la lluvia es muy intensa puede afectar la temperatura de la arena a la profundidad de la cámara de incubación (Godfrey y Mrosovsky, 2000).

Los estudios realizados en Colombia con tortuga laúd, demostraron la correlación entre el desarrollo embrionario y el éxito de eclosión con la humedad mediante diferentes niveles de contenido de agua de los nidos (Patiño-Martínez et al. 2014). Los autores observaron que existe una fuerte correlación negativa entre el contenido de agua de la arena y el éxito de emergencia (campo $r = -0.73$, $P < 0.0001$, experimento $r = -0.84$ $P < 0.0001$). Los nidos en la arena mojada presentaron mayor mortalidad, principalmente en el desarrollo de etapas anteriores, mientras que los huevos incubados en arena seca perdieron masa, pero no hubo efectos significativos en neonatos o en el tiempo de incubación. Es importante mencionar que en el presente estudio la variable precipitación fue tomada en cuenta en los modelos de éxito de eclosión y emergencia de esta especie, y tuvo poca influencia sobre estos dos parámetros reproductivos.

4.3 Éxito de eclosión y de emergencia

Las nidadas de tortugas marinas típicamente tienen un alto éxito de eclosión (80% o más), pero los factores externos que las afectan (depredación, cambios ambientales o infecciones microbianas) pueden afectar la eclosión (Azanza-Ricardo et al., 2006). Los resultados sobre el porcentaje de emergencia de los tres campamentos tortugeros en condiciones de vivero, pueden ser considerados bajos (68 %, 64 %, y 0.70 % para CT1, CT2, y CT4 respectivamente) debido a que no se encuentran entre el rango establecido para la sobrevivencia de crías en condiciones de vivero, el cual varía de 75-80 % (Márquez-Millán, 1990). Pero respecto al porcentaje de eclosión (82 %) y emergencia (77 %), reportado únicamente para el campamento Santuario de Tierra Colorada y La Bocana, respectivamente, si es considerado alto según criterios de Miller (1997). Sin embargo, es importante mencionar que no se encontraron diferencias significativas en cuanto al éxito de emergencia de los cuatro campamentos.

A pesar de que el personal del campamento santuario de Piedra de Tlacoyunque implementan malla sombra y riegan el corral como estrategia para mitigar condiciones extremas de temperatura o desecación de la arena, dicha técnica aparentemente no tuvo el efecto deseado para aumentar este parámetro. Lo anterior podría deberse a que la temperatura es similar en toda la línea costera del estado de Guerrero y es esta la principal variable de control para el éxito de emergencia. Otra razón del bajo valor en este parámetro, podría ser que, por la falta de recursos económicos, en algunas ocasiones no fue posible la construcción de un nuevo corral y los nidos se tuvieron que sembrar en el mismo corral de la temporada anterior.

El sombreado es una forma efectiva para decrecer la temperatura de los nidos (Morreale et al. 1982; Patiño-Martínez et al. 2012; Wood et al. 2014), sin embargo, no siempre resulta efectivo. En un estudio realizado por Carrasco-Aguilar (2000) en México, con la especie *L. kempfi* la sobrevivencia de nidos con sombra fue menor (79%) que en el nido sin sombra (84 %). Sin embargo, en el estudio realizado por Hasbún et al. (1997) en El Salvador sobre la especie *L. olivacea* la sobrevivencia de nidos fue mejor en un área totalmente sombreada comparada con otra sin sombra.

Por otra parte, en el presente estudio no se toma en cuenta la manipulación del traslado de los nidos o huevos al corral, ya que se sabe que tanto el éxito de eclosión y emergencia se pueden ver afectados tanto positiva como negativamente por tal manipulación (Naranjo, 1989). En el caso del campamento de Tierra Colorada se reportan porcentajes de eclosión y emergencia *in situ*, y en muchos casos resulta mayor que en condiciones de vivero, sin embargo, no fue posible compararlos, debido a que el número de nidos *in situ* (5 nidos aproximadamente por temporada) es muy bajo en comparación con condiciones de vivero (500 nidos aproximadamente por temporada). Una posible causa del bajo porcentaje de emergencia en el presente trabajo en comparación con otros estudios en playas del centro y sur del Pacífico mexicano (García-Romero, 2007; Barrientos-Muñoz et al. 2014) podría ser el método de manipulación de los huevos. Otro factor estudiado que no se tomó en cuenta en el presente estudio es la contaminación, dado que trabajos recientes han reportado metales traza en la sangre y huevos de esta especie, los cuales también contribuyen a un menor éxito de eclosión y emergencia (Páez-Osuna et al. 2010a, et al. 2010b).

El éxito de eclosión y de emergencia de la tortuga laúd es el más bajo en comparación con las demás especies de tortugas marinas, menor del 50 % en la mayoría de los casos (Whitmore y Dutton, 1985; Chan y Liew, 1996; Leslie et al. 1996; Wallace et al. 2004). Esto debido en parte a que el bajo éxito reproductivo en esta especie es ocasionado por la alta mortalidad embrionaria (Bell et al. 2004). Sin embargo, algunos estudios sugieren que el fracaso de reiniciar el desarrollo después de la ovoposición causa altas tasas de

mortalidad embrionaria en estadios tempranos y decrece el éxito de eclosión en tortugas, esto es una de las principales causas de mortalidad en la tortuga laúd, contribuyendo en gran medida a un bajo éxito de eclosión de esta especie (Rafferty et al. 2011; Rafferty y Reina, 2014). El éxito de eclosión para nidos trasladados fue de 27.7 % de tortuga laúd en Colombia y nidos naturales protegidos *in situ* de 57.1% y en nidos no translocados ni protegidos es casi nulo (Quiñones et al. 2007). El principal factor que influye en la media del éxito de emergencia es la presencia de mortalidad embrionaria avanzada que puede atribuirse a características microambientales (ej. Temperatura de la arena, humedad) (Azanza-Ricardo, 2009).

El éxito o fracaso en la eclosión de los nidos y, por consiguiente, el aporte de nuevos organismos a la población (reclutamiento), dependen en gran medida de la manipulación y manejo que se les da a los huevos durante la colecta, transporte y sembrado de los mismos. Enciso (1991), establece que el movimiento es una de las causas de la inhibición en el desarrollo embrionario y su mortalidad. En un estudio realizado por Garduño y Cervantes (1996) en México, donde analizaron la sobrevivencia de nidos *in situ* vs vivero no encontraron diferencias de temperatura y humedad entre ambos, pero el porcentaje de sobrevivencia fue mayor en los nidos *in situ* probablemente debido a que no tuvieron manipulación. También, los huevos infértiles podrían afectar negativamente a la viabilidad de los huevos dentro del nido, debido a que normalmente se descomponen y son colonizados por microorganismos que pueden invadir huevos y quizás afectar al éxito de emergencia de los nidos (Blanck y Sawyer 1981, Phillot y Parmenter 2001).

Patiño-Martínez (2010), ha visto que en tratamientos experimentales de humedad por encima de un 10% (potencial hídrico aproximado del -4,8 kPa), causan una mortalidad total en los huevos de tortuga laúd (*D. coriacea*). En otro trabajo realizado por Patiño-Martínez et al. 2012 para la misma especie, en el cual experimentalmente se reproducen condiciones hídricas simulando tormentas tropicales, se comprueba que los huevos sobreviven bien a periodos cortos de alta humedad, sin embargo, no sobreviven en sustratos muy húmedos en exposiciones de más de ocho días.

Capítulo 5. Conclusiones

- En los campamentos CT1, CT2 y CT4 se aprecia una tendencia en el incremento del número de nidos protegidos para la tortuga golfina, sin embargo, para el CT2 dicha tendencia disminuye drásticamente debido a que sobre la misma playa se instaló otro campamento tortuguero, por lo que el recorrido disminuyó de 10 km a 4 km; en el campamento de playa La Bocana (CT3) es difícil apreciar dicha tendencia debido a que presenta un menor número de años.

Para la tortuga laúd, dicha tendencia muestra una clara disminución, probablemente debido a su bajo éxito de incubación (éxito de eclosión y de emergencia).

- No se aprecia diferencias significativas en el éxito de emergencia promedio entre los cuatro campamentos tortugueros del estado de Guerrero, sin embargo, dicho éxito de emergencia es bajo (menor del 70 %) a diferencia de otras playas del Pacífico mexicano.

El éxito de emergencia de la tortuga golfina, ha sido variable a lo largo de los años en la mayoría de los campamentos tortugueros, excepto en el CT3, en el cual se ha mostrado un incremento posiblemente por ser el campamento más reciente con solo ocho años de labores.

Para la tortuga laúd, los éxitos de eclosión y de emergencia son bajos (entre 50 %), además de presentar mucha variabilidad de un año a otro.

- Para los MLG, la variable que aporta más al éxito de emergencia de la tortuga golfina de los cuatro campamentos tortugueros es temperatura ambiental en casi todos los modelos, excepto el modelo de éxito de emergencia del CT3, en el cual las anomalías de TSM fue la única variable de este modelo.

Similarmente, la variable temperatura ambiental fue la variable más importante que explica el éxito de eclosión y de emergencia para la tortuga laúd en el CT4.

- La variable anomalías de TSM igualmente influye poco en el éxito de eclosión y de emergencia para las especies *L. olivacea* y *D. coriacea*.

- La variable huracanes a pesar de aportar poco al modelo, tiene influencia en el éxito de emergencia de los cuatro campamentos tortugueros, excepto en el modelo CT3.

- La variable precipitación parece ser la que menos afecta el porcentaje de emergencia de la tortuga golfina, pues solo se encontró en el modelo éxito de emergencia del CT4.

Esta misma variable fue tomada en cuenta en los modelos de éxito de eclosión y de emergencia de la tortuga laúd del CT4, a pesar de que esta especie anida a finales de la temporada de lluvias.

Recomendaciones

- Dado que en el presente estudio la variable temperatura ambiental fue la que más influye en el porcentaje de emergencia y eclosión de las especies *L. olivacea* de los campamentos tortugeros en el estado de Guerrero, se recomienda realizar estudios en los viveros tratando de modificar o controlar esta variable mediante diferentes técnicas empleadas, como sombreado, riego del corral, cajas de unicel, entre otras para tratar de mejorar el éxito de eclosión y emergencia en esta región. Igualmente, debería realizarse lo mismo para la Tortuga *D. Coriacea*.

- Debido a que el porcentaje de incubación fue bajo, se recomendaría perfeccionar la manipulación de los nidos o huevos trasladados a los viveros debido al movimiento de estos en tales campamentos tortugeros para evitar el daño de membranas respiratorias frágiles que se unen al huevo (Ahles et al. 2016), con el fin de maximizar la sobrevivencia del nido y liberación de crías (Mortimer, 1999). Estos parámetros pueden fluctuar sensiblemente incluso dentro de la misma población en función de las condiciones ambientales o de los programas de conservación que se apliquen.

- Se recomienda realizar análisis estadísticos respecto al porcentaje de eclosión y emergencia de nidos *in situ* y en vivero de ambas especies, para ver si se decide mover o no los nidos para incubarse en viveros.

- Aumentar la protección mediante recorridos (patrullaje) para evitar el saqueo de nidadas y depredación por parte de animales. Se debería monitorear los depredadores para optimizar el manejo de la protección de nidos.

Literatura citada

- Abella, E., Marco, A., López-Jurado, L. F. 2007. Success of delayed translocation of loggerhead turtle nests. *Journal of Wildlife Management*, 71(7), 2290-2296.
- Ackerman, R. A. 1994. Temperature, time, and reptile egg water exchange. *Israel Journal of Zoology*, 40(3-4), 293-306.
- Ackerman, R. A. 1997. The nest environment and the embryonic development of sea turtles. En: Lutz P. L., Musick J. A. (Eds.), *The biology of sea turtles*. CRC press, New York. pp. 83-106.
- Ahles, N., Milton, S. L. 2016. Mid-incubation relocation and embryonic survival in loggerhead sea turtle eggs. *The Journal of Wildlife Management*, 80(3), 430-437.
- Albavera-Padilla, E. 2007. Situación actual de la tortuga golfina (*Lepidochelys olivacea*) en playas de arribada del pacífico mexicano. En: Reunión Nacional sobre Conservación de Tortugas Marinas, Veracruz, Veracruz, México, 25-28 de noviembre.
- Arriaga O., C. 2003. Conducta migratoria de tortuga golfina (*Lepidochelys olivacea*) y laúd (*Dermochelys coriacea*). Tesina de licenciatura en Ciencias Biológicas y de la Salud, Departamento de Biología. Universidad Autónoma Metropolitana Iztapalapa. 24 pp.
- Arzola-González J. F. 2007. Humedad y temperatura de nidos naturales y artificiales de tortuga golfina *Lepidochelys olivacea* (Eschschotz 1829). *Revista de biología marina y oceanografía*, 42(3), 377-383.
- Azanza-Ricardo, J. 2009. Estrategia reproductiva de la tortuga verde, *Chelonia mydas*, (Testudines, Cheloniidae) y su impacto en la estructura genética de áreas de anidación del occidente del archipiélago Cubano. Tesis doctoral en Ciencias biológicas. Centro de Investigaciones Marinas, Universidad de la Habana. 135 pp.
- Balladares, C., Dubois, E. 2014. Saqueo y depredación de nidadas de tortugas marinas, durante las temporadas 2003 a 2012, en seis playas del Golfo de Paria, Venezuela. *Research Journal of the Costa Rica. Distance Education University*, 6(2), 239-243.
- Barrientos-Muñoz, K. G., Ramírez-Gallego, C., Páez, V. 2014. Nesting ecology of the olive ridley sea turtle (*Lepidochelys olivacea*) (cheloniidae) at el valle beach, northern pacific, Colombia. *Acta Biológica Colombiana*, 19(3), 437-445.
- Batalla M. V. 2000. Anidación de la tortuga marina *Lepidochelys olivacea* en Playa Encantada, Acapulco, Guerrero. Tesis de licenciatura. Escuela Superior de Ecología Marina, Universidad Autónoma de Guerrero.
- Behera, S., Tripathy, B., Sivakumar, K., Choudhury, B. C. 2015. Stomach contents of olive ridley turtles (*Lepidochelys olivacea*) occurring in Gahirmatha, Odisha coast of India. *Proceedings of the Zoological Society*, 68 (1), 91-95.
- Bell, B. A., Spotila, J. R., Paladino, F. V., Reina, R. D. 2004. Low reproductive success of leatherback turtles, *Dermochelys coriacea*, is due to high embryonic mortality. *Biological Conservation*, 115(1), 131-138.

- Bezy, V. S. 2014. Olive ridley sea turtle (*Lepidochelys olivacea*) embryo mortality as a function of the microbial abundance in nest sand at Ostional, Costa Rica. Tesis de maestría en Ciencias en Biología Marina. College of Charleston. 112 pp.
- Blanck, C. E., Sawyer, R. H. 1981. Hatchery practices in relation to early embryology of the loggerhead sea turtle, *Caretta caretta* (Linne). *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 49(2-3), 163-177.
- Bolongaro, C. R. A., Márquez, G. A. Z., Torres, R. V., García, V. A. 2010. Vulnerabilidad de sitios de anidación de tortugas marinas por efectos de erosión costera en el estado de Campeche. En: Botello, A. V., Villanueva, F. S., Gutiérrez, J., Rojas G. J. L. (Eds.), *Vulnerabilidad de las zonas costeras mexicanas ante el cambio climático*. SEMARNAT-INE, UNAM-ICMyL, Universidad Autónoma de Campeche, México. pp. 73-96.
- Booth, D. T., Astill, K. 2001. Temperature variation within and between nests of the green sea turtle, *Chelonia mydas* (Chelonia: Cheloniidae) on Heron Island, Great Barrier Reef. *Australian Journal of Zoology*, 49(1), 71-84.
- Booth, D. T., Freeman, C. 2006. Sand and nest temperatures and an estimate of hatchling sex ratio from the Heron Island green turtle (*Chelonia mydas*) rookery, Southern Great Barrier Reef. *Coral reefs*, 25(4), 629-633.
- Brenes, Ó. 2011. Efecto de la precipitación en el proceso de incubación de las nidadas de tortuga lora. *Revista de Ciencias Ambientales*, 41(1), 27-36.
- Briceño-Dueñas, R., Abreu-Grobois, F. A. 1998. Las tortugas y sus playas de anidación en México. UNAM. Instituto de Ciencias del Mar y Limnología. Informe final SNIB-CONABIO proyecto No. P066. México D. F. 19 pp.
- Broderick, A. C., Godley, B. J., Hays, G. C. 2001. Trophic status drives interannual variability in nesting numbers of marine turtles. *Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Sciences*, 268(1475), 1481-1487.
- Broderick, A. C., Glen, F., Godley, B. J., Hays, G. C. 2003. Variation in reproductive output of marine turtles. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 288(1), 95-109.
- Burger, J., Gochfeld, M. 2014. Avian predation on olive ridley (*Lepidochelys olivacea*) sea turtle eggs and hatchlings: avian opportunities, turtle avoidance, and human protection. *Copeia*, (1), 109-122.
- Bustard, H. R., Greenham, P. 1968. Physical and chemical factors affecting hatching in the green sea turtle, *Chelonia mydas* (L.). *Ecology*, 49(2), 269-276.
- Carr, A., Carr, M.H. 1970. Modulated reproductive periodicity in *Chelonia*. *Ecology*, 51(2), 335-337. doi: 10.2307/1933675.
- Carranza-Edwards, A. 2009. Causas y consecuencias de la erosión de playas. Impactos del cambio climático sobre la zona costera. En: A. Yáñez-Arancibia (Eds.) *Impactos del Cambio Climático sobre la Zona Costera*. Instituto de Ecología A. C. (INECOL), Texas Sea Grant Program, Instituto Nacional de Ecología (INE-SEMARNAT), México. pp 36-50.

- Carrasco-Aguilar 2000. Estudio de los parámetros físicos que afectan el avivamiento en nidos de tortuga lora (*Lepidochelys kempfi*, Garman, 1880). Tesis de Maestría en Ciencias Pecuarias. Universidad de Colima, México. 91 pp.
- Casas-Andreu, G. 1978. Análisis de la anidación de las tortugas marinas del género *Lepidochelys* en México. Anales del Centro de Ciencias del Mar y Limnología (México), 5, 141-158.
- Chaloupka, M., Dutton, P., Nakano H. 2004. Status of sea turtle stocks in the Pacific. FAO Fisheries Report, (738), 135-164.
- Chan, E. H., Liew, H. C. 1996. Decline of the leatherback population in Terengganu, Malaysia, 1956-1995. Chelonian Conservation and Biology, 2(2), 196-203.
- Chávez-Sánchez, B. T. 2011. Propuesta del Programa de Conservación y Manejo del Humedal de Importancia Internacional Barra de la Cruz, Oaxaca, como playa de anidación de la tortuga laúd *Dermochelys coriacea*. Tesis de Licenciatura en Biología. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México. 143 pp.
- Cliffon, K., Cornejo, D. O., Felger, R. S. 1982. Sea turtles of the coast of Mexico. En: Bjorndal, A. K. (Eds.). Biology and Conservation of Sea Turtles. Smithsonian institutions press, Washington, D. C. pp. 199-209.
- Coles, W., Musick, J. A. 2000. Satellite sea surface temperature analysis and correlation with sea turtle distribution off North Carolina. Copeia, 2000(2), 551-554.
- Colin-Aguilar 2015. Anidación y conservación de la tortuga golfina (*Lepidochelys olivacea*) en dos playas de la costa occidental de Baja California Sur, México: 1995-2013. Tesis de Maestría en Ciencias. Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, B. C. 121 pp.
- Colman, L. P., Sampaio, C. L. S., Weber, M. I., de Castilhos, J. C. 2014. Diet of olive ridley sea turtles, *Lepidochelys olivacea*, in the Waters of Sergipe, Brazil. Chelonian Conservation and Biology, 13(2), 266-271.
- Da Silva, A. C. C., De Castilhos, J. C., López, G. G., Barata, P. C. 2007. Nesting biology and conservation of the olive ridley sea turtle (*Lepidochelys olivacea*) in Brazil, 1991/1992 to 2002/2003. Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom, 87(04), 1047-1056. doi: 10.1017/S0025315407056378.
- Ditmer, M. A., Stapleton, S. P. 2012. Factors affecting hatch success of hawksbill sea turtles on Long Island, Antigua, West Indies. PloS one, 7(7), e38472.
- Dobson, A. J., Barnett, A. 2002. An introduction to generalized linear models. Second edition. CRC press. Boca Raton, Florida.
- DOF (Diario Oficial de la Federación). 2010. Norma oficial mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. Protección ambiental-especies nativas de México de flora y fauna silvestres-categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-lista de especies en riesgo. México.
- Dornfeld, T. C., Robinson, N. J., Santidrián, T. P., Paladino, F. V. 2015. Ecology of solitary nesting olive ridley sea turtles at Playa Grande, Costa Rica. Marine Biology, 162(1), 123-139. doi: 10.1007/s00227-014-2583-7.

- Draper, N. R., Smith, H. 1998. Applied regression analysis (Third edition). Wiley. EUA.
- Eckert, K. L. 1987. Environmental unpredictability and leatherback sea turtle (*Dermochelys coriacea*) nest loss. *Herpetologica*, 43(3), 315-323.
- Enciso Padilla, I., 1991. Evaluación cuantitativa de los resultados de las actividades de protección a la tortuga marina *Lepidochelys olivacea* en el Playón de Mismaloya Jalisco temporadas 1987, 1988 y 1989. Tesis Licenciatura en Biología. Facultad de Ciencias. Universidad de Guadalajara.
- Fisher, L. R., Godfrey, M. H., Owens, D. W. 2014. Incubation temperature effects on hatchling performance in the loggerhead sea turtle (*Caretta caretta*). *PloS one*, 9(12), e114880.
- Foley, A. M., Peck, S. A., Harman, G. R. 2006. Effects of sand characteristics and inundation on the hatching success of loggerhead sea turtle (*Caretta caretta*) clutches on low-relief mangrove islands in southwest Florida. *Chelonian Conservation and Biology*, 5(1), 32-41.
- Fuentes, M. M., Bateman, B. L., Hamann, M. 2011. Relationship between tropical cyclones and the distribution of sea turtle nesting grounds. *Journal of Biogeography*, 38(10), 1886-1896.
- García, A., Ceballos, G., Adaya, R. 2003. Intensive beach management as an improved sea turtle conservation strategy in Mexico. *Biological Conservation*, 111(2), 253-261.
- García-Romero, M. E., Hernández, D. L. M., García, C. B., Santos, S. A., Meyer, W. A. O. 2007. Protección y conservación de tortugas marinas de la zona costera de Michoacán, México. *Avances en Investigación Agropecuaria*, 11(2), 15-22.
- Garduño, M., Cervantes, E. 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.
- Girondot, M., Kaska, Y. 2015. Nest temperatures in a loggerhead nesting beach in Turkey is more determined by sea surface than air temperature. *Journal of thermal biology*, 47, 13-18.
- Glazebrook, J. S., Campbell, R. S. F. 1990. A survey of the diseases of marine turtles in northern Australia. 1. Farmed turtles. *Diseases of Aquatic Organisms*, 9(2), 83-95.
- Godfrey, M. y Mrosovsky, N. 2000. Estimación de la proporción sexual en playas de anidación. En: Eckert, K. et al. (Eds.), *Técnicas de Investigación y Manejo para la Conservación de las Tortugas Marinas*. Washington: UICN. 156-159 pp.
- Godley, B. J., Broderick, A. C., Hays, G. C. 2001. Nesting of green turtles (*Chelonia mydas*) at Ascension Island, South Atlantic. *Biological Conservation*, 97(2), 151-158.
- González, C. V., Bátiz, F. S., Vázquez, S. H. 2012. Proporción sexual en crías de la tortuga marina *Lepidochelys olivacea*, producida en corral de incubación en la playa de anidación La Gloria, Jalisco, México. *Boletín del Centro de Investigaciones Biológicas*, 34(3), 305-313.
- Gutiérrez-Zavala, R. M., Cabrera-Mancilla, E. 2012. La pesca ribereña de Guerrero. Instituto Nacional de Pesca, México.
- Hamann, M., Limpus, C. J. and Owens, D. W. 2003. Reproductive cycles of males and females. En: Lutz, P. L., Muzick, J. A. and Wyneken, J. (Eds.), "The Biology of Sea Turtles". Volume II. CRC Press: Boca Raton. pp. 135–161.

- Hammer, W. M. 1988. The lost year of the sea turtle. Elsevier publication, Cambridge. 3(5), 116-118.
- Hasbún, C. R., Vázquez M., León E., y Thomas C. 1997. The use of shade over olive ridley, *Lepidochelys olivacea*, hatcheries. Memoria de resúmenes. 18 th International Symposium on Sea Turtle Biology and Conservation. Mazatlán, Sin. México.
- Hawkes, L. A., Broderick, A. C., Godfrey, M. H., Godley, B. J. 2007. Investigating the potential impacts of climate change on a marine turtle population. *Global Change Biology*, 13(5), 923-932.
- Hawkes, L. A., Broderick, A. C., Godfrey, M. H., Godley, B. J. 2009. Climate change and marine turtles. *Endangered Species Research*, 7(2), 137-154.
- Hays, G. C., Broderick, A. C., Glen, F., 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(4), 642-646.
- Hewavisenthi, S., Parmenter, C. J. 2002. Incubation environment and nest success of the flatback turtle (*Natator depressus*) from a natural nesting beach. *Copeia*, 2002(2), 302-312.
- Hoffmann, J. P. 2004. Generalized linear models: An applied approach. Pearson College Division, EUA.
- Honarvar, S., Connor, M. P. O., Spotila, J. R. 2008. Density-dependent effects on hatching success of the olive ridley turtle, *Lepidochelys olivacea*. *Oecología*, 157(2), 221-230.
- Houghton, J. D. R., Myers, A. E., Lloyd, C., King, R. S., Isaacs, C., y Hays, G. C. 2007. Protracted rainfall decreases temperature within leatherback turtle (*Dermochelys coriacea*) clutches in Grenada, West Indies: ecological implications for a species displaying temperature dependent sex determination. *Journal of experimental marine biology and ecology*, 345(1), 71-77.
- INE (Instituto Nacional de Ecología). 1990. Manual de técnicas de manejo y conservación para la operación de campamentos tortugueros. Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología, México.
- IUCN. 2016. IUCN red list of threatened species. Consultado el 19 de agosto 2016, de: <http://www.iucnredlist.org/>
- James, R., Melero D. 2015. Anidación y conservación de la tortuga lora (*Lepidochelys olivacea*) en playa Drake, península de Osa, Costa Rica (2006 a 2012). *Revista de Biología Tropical*, 63(1), 117-129.
- Jiménez-Quiroz, M. C., Márquez-Millán, R., Díaz-Flores, J., Leo-Peredo, A. S. 2003. Características de las arribazones de la tortuga marina lora en rancho nuevo (Tamaulipas, México). *CICIMAR Océánides*, 18(2), 69-81.
- Jourdan, J., Fuentes, M. M. P. B. 2015. Effectiveness of strategies at reducing sand temperature to mitigate potential impacts from changes in environmental temperature on sea turtle reproductive output. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 20(1), 121-133.
- Kalb, H. J. 1999. Behavior and physiology of solitary and arribada nesting olive ridley sea turtles (*Lepidochelys olivacea*) during the internesting period. Tesis doctoral. Texas A&M University, College Station, USA. 123 pp.

- Koch, V., Nichols, W. J., Peckham, H., de la Toba, V. 2006. Estimates of sea turtle mortality from poaching and bycatch in Bahía Magdalena, Baja California Sur, Mexico. *Biological Conservation*, 128(3), 327-334.
- Kobayashi, S., Wada, M., Fujimoto, R., Kumazawa, Y., Arai, K., Watanabe, G., Saito, T. 2017. The effects of nest incubation temperature on embryos and hatchlings of the loggerhead sea turtle: Implications of sex difference for survival rates during early life stages. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 486(2017), 274-281.
- Kraemer, J. E., Bell, R. 1980. Rain-induced mortality of eggs and hatchlings of loggerhead sea turtles (*Caretta caretta*) on the Georgia coast. *Herpetologica*, 36(1), 72-77.
- Laloë, J. O., Esteban, N., Berkel, J., Hays, G. C. 2016. Sand temperatures for nesting sea turtles in the Caribbean: Implications for hatchling sex ratios in the face of climate change. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 474(2016), 92-99.
- Lamont, M. M., Fujisaki, I. 2014. Effects of ocean temperature on nesting phenology and fecundity of the loggerhead sea turtle (*Caretta caretta*). *Journal of Herpetology*, 48(1), 98-102.
- Leslie, A., Penick, D., Spotila, J. R., Paladino, F. V. 1996. Leatherback turtle, *Dermochelys coriacea*, nesting and nest success at Tortuguero, Costa Rica, in 1990–1991. *Chelonian Conservation Biology*, 2(2), 159-168.
- Lindsey, J. K. 1997. Applying generalized linear models. Springer texts in statistics, EUA.
- Lolavar, A., Wyneken J. 2015. Effect of rainfall on loggerhead turtle nest temperatures, sand temperatures and hatchling sex. *Endangered Species Research*, 28(3), 235-247. doi: 10.3354/esr00684.
- López-Castro M. C., Carmona R., Nichols W. J. 2004. Nesting characteristics of the olive ridley turtle (*Lepidochelys olivacea*) in Cabo Pulmo, southern Baja California. *Marine Biology*, 145(4), 811-820. doi:10.1007/s00227-004-1359-x.
- López-González, E., Ruiz-Soler, M. 2011. Análisis de datos con el Modelo Lineal Generalizado. Una aplicación con R. *Revista Española de Pedagogía*, (248), 59-80.
- Lutcavage, M. E., Plotkin, P., Witherington, B., Lutz, P. L. 1997. Human impacts on sea turtle survival. En: Lutz P. L., Musick J. A. (Eds.), *The biology of sea turtles*, 1. pp. 387-409.
- Lutz, P. L., Musick, J. A., Wyneken, J. 2003. *The biology of sea turtles. Volume II. Marine biology series.* CRC press, Boca Raton, USA.
- Marcovaldi, M. A. 2001. Status and Distribution of the Olive Ridley Turtle, *Lepidochelys olivacea*, in the Western Atlantic Ocean. Marine turtle conservation in the wider caribbean región. En: Eckert, K. L., Abreu, G. F.A. (Eds.), *Conservation of Sea Turtles in the Wider Caribbean Region: A Dialogue for Effective Regional Management*, WIDECAST, UICN/CSE, MTSG, WWF, and UNEP-CEP, Santo Domingo, República Dominicana. pp. 54-58.
- Márquez-García, A. Z., Campos-Verduzco, R., Castro-Soriano, B. S. 2010. Sedimentología y morfología de la playa de anidación para tortugas marinas, El Carrizal, Coyuca de Benítez, Guerrero. *Hidrobiológica*, 20(2), 101-112.

- Márquez-Millán, R., Carrasco, A. M. A. 1970. Las tortugas marinas de México. En: Sánchez-Palafox, S. 1996. Pesquerías relevantes de México: XXX aniversario del INP, 1962-1992. Instituto Nacional de la Pesca, México.
- Márquez-Millán, R., Villanueva, O. A., Peñaflores, S. C., Ríos, O. D. 1982. Situación actual y recomendaciones para el manejo de las tortugas marinas de la costa occidental mexicana, en especial la tortuga golfina *Lepidochelys olivacea*. Ciencia Pesquera, 1(3), 83-91.
- Márquez-Millán, R., Pérez, J. V., Salazar, C. P. 1990. XXV años de investigación, conservación y protección de la tortuga marina. Secretaria de Pesca, Instituto Nacional de la Pesca, México.
- Márquez-Millán, R. 1996. Las tortugas marinas y nuestro tiempo. Fondo de la Cultura Económica, México.
- Márquez-Millán R., Jiménez Q. 2006 Programa nacional de tortugas marinas. En: Gúzman A., Fuentes D. (Eds.). Pesca, acuicultura e investigación en México. Comisión de pesca. CDRSSA, México.
- Márquez-Millán R., Garduño-Dionate, M. 2014. Tortugas marinas. Instituto nacional de pesca, México.
- Martin, R. E. 1996. Storm impacts on loggerhead turtle reproductive success. Marine Turtle Newsletter, 73, 10-12.
- Martínez, M. L., Moreno-Casasola, P., Espejel, I., Orocio, O. J., Mata, D. I., Revelo, N. R., González, J. C. C. (Eds.). 2014. Diagnóstico general de las dunas costeras de México. SEMARNAT, CONAFOR, México.
- Matos, L., Silva, A. C., Castilhos, J. C., Weber, M. I., Soares, L. S., Vicente, L. 2012. Strong site fidelity and longer internesting interval for solitary nesting olive ridley sea turtles in Brazil. Marine biology, 159(5), 1011-1019. Doi: 10.1007/s00227-012-1881-1.
- Matsuzawa, Y., Sato, K., Sakamoto, W., y Bjorndal, K. 2002. Seasonal fluctuations in sand temperature: effects on the incubation period and mortality of loggerhead sea turtle (*Caretta caretta*) pre-emergent hatchlings in Minabe, Japan. Marine Biology, 140(3), 639-646.
- Maulany, R. I., Booth, D. T., Baxter, G. S. 2012a. Emergence success and sex ratio of natural and relocated nests of Olive Ridley turtles from Alas Purwo National park, East Java, Indonesia. Copeia, 2012(4), 738-747.
- Maulany, R. I., Booth, D. T., Baxter, G. S. 2012b. The effect of incubation temperature on hatchling quality in the olive ridley turtle, *Lepidochelys olivacea*, from Alas Purwo National Park, East Java, Indonesia: implications for hatchery management. Marine Biology, 159(12), 2651-2661.
- McCoy, C. J., Vogt, R. C., Censky, E. J. 1983. Temperature-controlled sex determination in the sea turtle *Lepidochelys olivacea*. Journal of Herpetology, 17(4), 404-406.
- McCullagh, P. 1984. Generalized linear models. European Journal of Operational Research, 16(3), 285-292.
- McCullagh, P., Nelder, J. A. 1989. Generalized linear models. Second edition. Monographs on statistics and applied probability 37. Chapman and Hall, London, New York.
- McGehee, M. A. 1979. Factors affecting the hatching succes of loggerhead sea turtle eggs (*Caretta caretta*). Masters thesis, University of central Florida, Orlando. 51 pp.

- Meylan, A. B., Bowen, B. W., Avise, J. C. 1990. A genetic test of the natal homing versus social facilitation models for green turtle migration. *Science*, 248(4956), 724-728.
- Miller, J. D. 1985. Embryology of marine turtles. En: Gans C. (Ed.), *Biology of reptilia*, New York. 14, 269-328.
- Miller J. D. 1997 Reproduction in sea turtles. En: Lutz PL, Musick JA (Eds), *The biology of sea turtles*. CRC, Boca Raton, pp. 51-83.
- Miller, J. D. 2000. Determinación del tamaño de la nidada y el éxito de eclosión. *Técnicas de Investigación y Manejo para la Conservación de las Tortugas Marinas*. Grupo Especialista en Tortugas Marinas UICN/CSE, Publicación, (4), 143-149.
- Mondragón, C., Garza, F., Ibáñez, G., Rodríguez, F. 2012. Evaluación de la extracción furtiva de huevos de *Lepidochelys olivacea* en la zona de patrullaje del centro de protección y conservación de la tortuga marina (UAEM-UAGRO). *Tlamati*, 40.
- Montealegre, J. 2007. Modelo institucional del IDEAM sobre el efecto climático de los fenómenos El Niño y La Niña en Colombia. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, IDEAM-Subdirección de Meteorología. Bogota, DC.
- Morreale, S. J., Ruiz, G. J., Standora, E. A. 1982. Temperature-dependent sex determination: current practices threaten conservation of sea turtles. *Science*, 216(4551), 1245-1247.
- Mortimer, J. A. 1982. Factors influencing beach selection by nesting sea turtles. *The biology and conservation of sea turtles*. Smithsonian Institution Press, Washington, DC. 45-51.
- Mortimer, J. A. 1990. The influence of beach sand characteristics on the nesting behavior and clutch survival of green turtles (*Chelonia mydas*). *Copeia*, 1990(3), 802-817.
- Mortimer, J. A. 1999. Reducing threats to eggs and hatchlings: hatcheries. Research and management techniques for the conservation of sea turtles. IUCN/SSC Marine Turtle Specialist Group Publication, (4), 175-178.
- Mrosovsky, N., Yntema, C. L. 1980. Temperature dependence of sexual differentiation in sea turtles: implications for conservation practices. *Biological Conservation*, 18(4), 271-280.
- Muñoz, S. V., Arauz R. 2015. Conservación y actividad reproductiva de tortuga lora (*Lepidochelys olivacea*) en la playa de anidación solitaria Punta Banco, Pacífico Sur de Costa Rica. Recomendaciones de manejo a través de dieciséis años de monitoreo. *Revista de Biología Tropical*, 63 (1), 383-394.
- Musick, J. A., Limpus C. J. 1997. Habitat utilization and migration in juvenile sea turtles. En: Lutz P. L., Musick J. A. (Eds). *The biology of sea turtles*. CRC Press. pp. 137-163.
- Naranjo, G. A., 1989. Características del medio ambiente de incubación natural y su influencia en el porcentaje de eclosión de huevos de tortuga negra (*Chelonia agassizi*: Cheloniidae) en las playas de Colola y Maruata, Mich. Tesis de licenciatura en biología. Universidad Michoacana de San Nicolas de Hidalgo, Morelia, Michoacán. 63 pp.
- National Research Council 1990. Decline of the sea turtles, causes and prevention. National Academy Press, Whashington, D. C.

- Nava C. L. E. 2008. Análisis comparativos de doce años (1995-2006) de las actividades de protección y conservación de la tortuga marina, especie Golfina (*Lepidochelys olivacea*) en los campamentos tortugueros de Santa Cruz de Mitla municipio de Coyuca y playa Boca Chica, Municipio de Tecpan de Galeana, Estado de Guerrero, México. Tesis de Licenciatura. Unidad Académica de Ecología Marina. Universidad Autónoma de Guerrero 100 pp.
- Nelder, J. A., Wedderburn, R. W. M. (1972). Generalized linear models. Wiley. Journal of the royal statistical society. Series A (General). 135(3), 370-384.
- Ocampo-Olvera E., M. A. Santamaría. 2016. Conservación de la población de tortugas marinas, con énfasis en tortuga laúd (*Dermochelys coriacea*) en el Santuario Playa Tierra Colorada, Gro. Informe final de resultados. Temporada 2015-2016. p. 33.
- Ocana, M., Harfush-Melendez, M., Heppell, S. S. 2012. Mass nesting of olive ridley sea turtles *Lepidochelys olivacea* at La Escobilla, Mexico: linking nest density and rates of destruction. Endangered species research. 16 (1), 45-54.
- Orrego, C. 2005. Causas antropicas y naturales en la mortalidad de las tortugas baula (*Dermochelys coriacea*), lora (*Lepidochelys olivacea*), y verde (*Chelonia mydas agassizi*), en la costa pacífica de Costa Rica. En: Informe Programa Regional en Manejo y Conservación de Vida Silvestre para Meso América y el Caribe. Universidad Nacional, Heredia, Costa Rica. p. 14.
- Ortiz Pérez, M. A. L. E., de la Lanza Enciso, G. 2006. Diferenciación del espacio costero de México: un inventario regional (No. 333.917 O7). Intituto de Geografía UNAM. Serie de Textos Universitarios. Núm. 3, 2006. México.
- Páez-Osuna, F., Calderón-Campuzano, M. F., Soto-Jiménez, M. F., Ruelas-Inzunza, J. R. 2010a. Trace metals (Cd, Cu, Ni, and Zn) in blood and eggs of the sea turtle *Lepidochelys olivacea* from a nesting colony of Oaxaca, Mexico. Archives of environmental contamination and toxicology, 59(4), 632-641. doi: 10.1007/s00244-010-9516-3
- Páez-Osuna, F., Calderón-Campuzano, M. F., Soto-Jiménez, M. F., Ruelas-Inzunza, J. R. 2010b. Lead in blood and eggs of the sea turtle, *Lepidochelys olivacea*, from the Eastern Pacific: concentration, isotopic composition and maternal transfer. Marine Pollution Bulletin, 60(3), 433-439.
- Packard, G. C. 1999. Water relations of chelonian eggs and embryos: is wetter better?. American Zoologist, 39(2), 289-303.
- Pandav, B., Kar, C. S. 2000. Reproductive span of olive ridley turtles at Gahirmatha rookery, Orissa, India. Marine Turtle Newsletter, 87, 8-9.
- Patiño-Martinez, J., Marco, A., Quiñones, L., Calabuig, C. P. 2010. Los huevos falsos (SAGs) facilitan el comportamiento social de emergencia en las crías de la tortuga laúd *Dermochelys coriacea* (Testudines: Dermochelyidae). Revista de Biología Tropical, 58(3), 943-954.
- Patiño-Martinez, J., Marco, A., Quiñones, L., Hawkes, L. 2012. A potential tool to mitigate the impacts of climate change to the Caribbean leatherback sea turtle. Global Change Biology, 18(2), 401-411.
- Patiño-Martinez, J., Marco, A., Quiñones, L., Hawkes, L. A. 2014. The potential future influence of sea level rise on leatherback turtle nests. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology, 461, 116-123.

- Peñaflores S. C., Nataren E. J. E. 1989. Resultados de acciones de protección para las tortugas marinas en el estado de Oaxaca. En: tortugas. Secretaria de Pesca. México.
- Peters, A., Verhoeven, K. J., Strijbosch, H. 1994. Hatching and emergence in the Turkish Mediterranean loggerhead turtle, *Caretta caretta*: natural causes for egg and hatchling failure. *Herpetologica*, 369-373.
- Phillott, A. D., Parmenter, C. J. 2001. The distribution of failed eggs and the appearance of fungi in artificial nests of green (*Chelonia mydas*) and loggerhead (*Caretta caretta*) sea turtles. *Australian Journal of Zoology*, 49(6), 713-718.
- Pike, D. A., Stiner, J. C. 2007. Sea turtle species vary in their susceptibility to tropical cyclones. *Oecologia*, 153(2), 471-478.
- Pike, D. A. 2009. Do green turtles modify their nesting seasons in response to environmental temperatures? *Chelonian Conservation and Biology*, 8(1), 43-47.
- Pike, D. A. 2013. Climate influences the global distribution of sea turtle nesting. *Global ecology and biogeography*, 22 (5), 555-566. doi: 10.1111/geb.12025
- Pineda, J. C. 2003. Biología y ecología de la tortuga golfina (*Lepidochelys olivacea*) y laúd (*Dermochelys coriacea*) (en reproducción) programa de protección y conservación de tortugas marinas. Campamento tortuguero isla de pájaros. Tesina de licenciatura. Ciencias Biológicas y de la Salud Universidad Autónoma Metropolitana – Iztapalapa. 20 pp.
- Pitman, R. L. 1990. Pelagic distribution and biology of sea turtles in the eastern tropical Pacific. En: EH Richardson, JA Richardson, and M. Donnell (Compilers). Proc. Tenth Annual Workshop on Sea Turtles Biology and Conservation. US Dep. Commerce, NOAA Technical Memo. NMFS-SEC-278 (pp. 143-148).
- Plotkin, P. T. 1994. Migratory and reproductive behavior of the olive ridley turtle, *Lepidochelys olivacea* (Eschscholtz, 1829), in the eastern Pacific Ocean. Thesis doctoral. Texas A and M University. Zoology. 241 pp.
- Plotkin, P. T., Rostal D. C., Byles R. A., Owens D. W. 1997. Reproductive and developmental synchrony in female *Lepidochelys olivacea*. *Journal of Herpetology*, 31(1), 17-22.
- Plotkin, P. T. 2010. Nomadic behaviour of the highly migratory olive ridley sea turtle *Lepidochelys olivacea* in the eastern tropical Pacific Ocean. *Endangered Species Research*, 13(1), 33-40.
- Poloczanska, E. S., Limpus, C. J., Hays, G. C. 2009. Vulnerability of marine turtles to climate change. *Advances in marine biology*, 56, 151-211. doi: 10.1016/S0065-2881(09)56002-6
- Pritchard, P. C. H. 1969. Studies of systematics and reproductive cycles of the genus *Lepidochelys*. Thesis doctoral. University of Florida, Gainesville, FL. 226 pp.
- Quinn, G. P., Keough, M. J. 2002. Experimental design and data analysis for biologists. University Press, Cambridge.
- Quiñones, L., Patiño-Martínez, J. U. A. N., Marco, A. 2007. Factores que influyen en la puesta, la incubación y el éxito de eclosión de la tortuga laúd, *Dermochelys coriacea*, en la Playona, Chocó, Colombia. *Revista Española de Herpetología*, 21, 5-17.

- Quiñones, J., Carman, V. G., Zeballos, J., Purca, S., Mianzan, H. 2010. Effects of El Niño-driven environmental variability on black turtle migration to Peruvian foraging grounds. *Hydrobiologia*, 645(1), 69-79.
- Rafferty, A. R., Tomillo, P. S., Spotila, J. R., Paladino, F. V., Reina, R. D. 2011. Embryonic death is linked to maternal identity in the leatherback turtle (*Dermochelys coriacea*). *PLoS One*, 6(6), e21038. doi: doi:10.1371/journal.pone.0021038
- Rafferty, A. R., y Reina, R. D. 2014. The influence of temperature on embryonic developmental arrest in marine and freshwater turtles. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 450(2014), 91-97.
- Ragotzkie, R. A. 1959. Mortality of loggerhead turtle eggs from excessive rainfall. *Ecology*, 40(2), 303-305.
- Reece, S. E., Broderick, A. C., Godley, B. J., West, S. A. 2002. The effects of incubation environment, sex and pedigree on the hatchling phenotype in a natural population of loggerhead turtles. *Evolutionary ecology research*, 4(5), 737-748.
- Reichart, H. A. 1993. Synopsis of biological data on the olive ridley sea turtle *Lepidochelys olivacea* (Eschscholtz, 1829) in the western Atlantic (Vol. 336). US Department of Commerce, National Oceanic and Atmospheric Administration, National Marine Fisheries Service, Southeast Fisheries Science Center. December 1993. p. 78.
- Reid, K. A., Margaritoulis, D., Speakman, J. R. 2009. Incubation temperature and energy expenditure during development in loggerhead sea turtle embryos. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 378(1), 62-68.
- Reinhold, K. L. A. U. S. 1998. Nest-site philopatry and selection for environmental sex determination. *Evolutionary Ecology*, 12(2), 245-250.
- Richardson, J. I. 2000. Prioridades para los estudios sobre la biología de la reproducción y de la anidación. Técnicas de investigación y manejo para la conservación de las tortugas marinas. UICN/CSE Grupo Especialista en Tortugas Marinas Publicación, (4), 270.
- Saba, V. S., Shillinger, G. L., Swithenbank, A. M., Block, B. A., Spotila, J. R., Musick, J. A., Paladino, F. V. 2008. An oceanographic context for the foraging ecology of eastern Pacific leatherback turtles: consequences of ENSO. *Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers*, 55(5), 646-660.
- Sánchez, P. J. M., Vasconcelos P. J., Díaz F. J. 1989. Campamentos para investigación, protección y fomento de tortugas marinas. Instituto Nacional de Pesca, México.
- Sandoval-Espinoza, S. 2008. Pronóstico de la temperatura de los nidos de tortuga golfina (*Lepidochelys olivacea*) en función de la temperatura ambiente, la profundidad y el calor metabólico. Tesis Maestría en Ciencias. Instituto Politécnico Nacional. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas. 71 pp.
- Sandoval-Sandaña J. L., Valenzuela-Solano S., Hernández-Rodríguez E. 2015. Relaciones biométricas de la tortuga marina *Lepidochelys olivacea*. *Foro de Estudios sobre Guerrero*. COCYTIEG. 1(2), 522-225.

- Santidrián Tomillo, P. S., Suss, J. S., Wallace, B. P., Magrini, K. D., Blanco, G., Paladino, F. V., Spotila, J. R. 2009. Influence of emergence success on the annual reproductive output of leatherback turtles. *Marine Biology*, 156(10), 2021-2031.
- Santidrián-Tomillo, P. S., Saba, V. S., Blanco, G. S., Stock, C. A., Paladino, F. V., Spotila, J. R. 2012. Climate driven egg and hatchling mortality threatens survival of Eastern Pacific leatherback turtles. *PLoS One*, 7(5), e37602.n
- Santidrián-Tomillo, P., Genovart, M., Paladino, F. V., Spotila, J. R., Oro, D. 2015a. Climate change overruns resilience conferred by temperature-dependent sex determination in sea turtles and threatens their survival. *Global change biology*, 21(8), 2980-2988.
- Santidrián-Tomillo, P. S., Saba, V. S., Lombard, C. D., Valiulis, J. M., Robinson, N. J., Paladino, F. V., Spotila, J. R., Fernández C., Rivas M. L., Tucek J., Nel, R., Oro, D. 2015b. Global analysis of the effect of local climate on the hatchling output of leatherback turtles. *Scientific reports*, 5, 16789. doi: 10.1038/srep16789
- Santoro, M., Mattiucci, S. 2009. Sea turtle parasites. In: *Marine Biodiversity of Costa Rica, Central America*. Springer, Netherlands. pp. 507-519.
- Sarti M., L., García N. T., Barragán A., Eckert S. 1996. Variabilidad genética y estimación del tamaño de la población anidadora de tortuga laúd *Dermochelys coriacea* y su distribución en el Pacífico mexicano. Temporada de anidación 1995-1996. Informe técnico. Laboratorio de tortugas marinas, facultad de ciencias, UNAM. Programa Nacional de Tortugas Marinas, Instituto Nacional de la Pesca. México. p. 34.
- Sarti M., L. 2004. Situación actual de la tortuga laúd (*Dermochelys coriacea*) en el Pacífico mexicano y medidas para su recuperación y conservación. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, México.
- Sato, K., Matsuzawa, Y., Tanaka, H., Bando, T., Minamikawa, S., Sakamoto, W., Naito, Y. 1998. Internesting intervals for loggerhead turtles, *Caretta caretta*, and green turtles, *Chelonia mydas*, are affected by temperature. *Canadian Journal of Zoology*, 76(9), 1651-1662.
- Secretaría de pesca. 1990. Programa nacional de protección y conservación de tortugas marinas (propuesta). SEDUE, México.
- Segura, L. N., Cajade, R. 2010. The effects of sand temperature on pre-emergent green sea turtle hatchlings. *Herpetological Conservation and Biology*, 5(2), 196-206.
- SEMARNAP-INE. 1999. Programa Nacional de Protección, Conservación, Investigación y Manejo de Tortugas Marinas: Resultados 1992-1997. Instituto Nacional de Ecología, México.
- Solow, A. R., Bjorndal, K. A., Bolten, A. B. 2002. Annual variation in nesting numbers of marine turtles: the effect of sea surface temperature on re-migration intervals. *Ecology Letters*, 5(6), 742-746.
- Spotila, J. R. 2004. *Sea turtles, a complete guide to their biology, behavior, and conservation*. The Johns Hopkins University Press, Baltimore y London.
- Standora, E. A., Spotila, J. R. 1985. Temperature dependent sex determination in sea turtles. *Copeia*, 1985(3), 711-722.

- Stewart, K., Sims, M., Meylan, A., Witherington, B., Brost, B., Crowder, L. B. 2011. Leatherback nests increasing significantly in Florida, USA; trends assessed over 30 years using multilevel modeling. *Ecological Applications*, 21(1), 263-273.
- Tripathy, B., Pandav, B. 2008. Beach fidelity and interesting movements of olive ridley turtles (*Lepidochelys olivacea*) at Rushikulya, India. *Herpetological Conservation and Biology*, 3(1), 40-45.
- Valdez, G. G. M. 2001. Programa de protección y conservación de tortugas marinas. Campamento tortuguero Isla de Pájaros. Playa Michigan, Municipio de Tecpan de Galeana, Guerrero, México. Tesina de licenciatura. Ciencias biológicas y de la salud. Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa. 19 pp.
- Valenzuela, S. S. 1989. Informe técnico del programa de conservación e investigación de la tortuga marina en las costas de Guerrero, atención especial a *Lepidochelys olivacea*, temporada 1989. Universidad Autónoma de Guerrero. p. 27.
- Valverde, R. A., Cornelius, S. E., Mo, C. L. 1998. Decline of the olive ridley sea turtle (*Lepidochelís olivacea*) nesting assemblage at Nacinte beach, Santa Rosa national park, Costa Rica. *Chelonian Conservation and Biology*, 3(1), 58-63
- Valverde, R. A., Wingard, S., Gómez, F., Tordoir, M. T., Orrego, C. M. 2010. Field lethal incubation temperature of olive ridley sea turtle *Lepidochelys olivacea* embryos at a mass nesting rookery. *Endangered Species Research*, 12(1), 77-86.
- Valverde, R. A., Orrego, C. M., Tordoir, M. T., Gómez, F. M., Solís, D. S., Hernández, R. A., Gómez, G. B., Brenes, L. S., Baltodano, J. P., Fonseca, L. G., Spotila, J. R. 2012. Olive ridley mass nesting ecology and egg harvest at Ostional Beach, Costa Rica. *Chelonian Conservation and Biology*, 11(1), 1-11.
- Van Lohuizen, S., Rossendell, J., Mitchell, N. J., Thums, M. 2016. The effect of incubation temperatures on nest success of flatback sea turtles (*Natator depressus*). *Marine Biology*, 163(7), 1-12.
- Vargas-Santamaría, F., Vasconcelos D., Ángeles, M. A., Licea M. A. 2004. Informe final de investigación de las actividades de conservación desarrolladas en la playa de Tierra Colorada durante la temporada 2003-2004. en: Sarti y Barragán (Eds.) 2004. Conservación y Evaluación de la población de tortuga laúd *Dermochelys coriacea* en el Pacífico mexicano, temporada de anidación 2003-2004. DGVS-SEMARNAT. Kutzari Asociación para el Estudio y Conservación de las Tortugas Marinas, A.C. p. 27.
- Wallace, B. P., Sotherland, P. R., Spotila, J. R., Reina, R. D., Franks, B. F., Paladino, F. V. 2004. Biotic and abiotic factors affect the nest environment of embryonic leatherback turtles, *Dermochelys coriacea*. *Physiological and Biochemical Zoology*, 77(3), 423-432.
- Wallace, B. P., Kilham, S. S., Paladino, F. V., Spotila, J. R. 2006. Energy budget calculations indicate resource limitation in Eastern Pacific leatherback turtles. *Marine Ecology Progress Series*, 318, 263-270.
- Weishampel, J. F., Bagley, D. A., Ehrhart, L. M. 2006. Intra-annual loggerhead and green turtle spatial nesting patterns. *Southeastern Naturalist*, 5(3), 453-462.
- Wibbels, T., Rostal, D., y Byles, R. 1998. High pivotal temperature in the sex determination of the olive ridley sea turtle, *Lepidochelys olivacea*, from Playa Nancite, Costa Rica. *Copeia*, 1998(4), 1086-1088.

- Witham R. 1980. The "los year" question in young sea turtles. *American zoologist, Behavioral and reproductive biology of sea turtles*, 20(3), 525-530.
- Whitmore, C. P., Dutton, P. H. 1985. Infertility, embryonic mortality and nest-site selection in leatherback and green sea turtles in Suriname. *Biological Conservation*, 34(3), 251-272.
- Wood, D. W., Bjorndal, K. A. 2000. Relation of temperature, moisture, salinity, and slope to nest site selection in loggerhead sea turtles. *Copeia*, 2000(1), 119-119.
- Wood, A., Booth, D. T., y Limpus, C. J. 2014. Sun exposure, nest temperature and loggerhead turtle hatchlings: Implications for beach shading management strategies at sea turtle rookeries. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 451(2014), 105-114.
- Yamashita I. 1995. Hatching success of loggerhead sea turtles and aerology (in Japanese). En: *Proceedings of 5th Japanese Sea Turtle Conference*. Umigame Newsl Jpn 23:29–30 pp.
- Zug, G. R., Chaloupka, M., Balazs, G. H. 2006. Age and growth in olive ridley seaturtles (*Lepidochelys olivacea*) from the North-central Pacific: a skeletochronological analysis. *Marine Ecology*, 27(3), 263-270.

Anexos

Tabla 12. Modelos mediante el análisis de mejores subconjuntos CT2

Modelo	Devianza (%)	AIC	p	Normalidad (p)	Media	Independencia (p)	Homocedasticidad y aleatoriedad (p)
1	95.12	136.3	0	0.06529	0.00635	0.0976	0.8815
2	95.68	136.4	0	0.4475	0.004811	0.4609	0.6723
3	95.48	137.1	0	0.3765	0.008044	0.3765	0.7631
4	93.82	138.1	0	0.201	0.022679	0.1898	<2.2e16
5	95.7	138.3	0	0.7233	0.005615	0.5448	0.7245
6	94.27	138.9	0	0.0676	0.022938	0.5203	0.5233
7	93.86	140	0	0.1576	0.024021	0.354	0.9286
8	94.4	140.5	0	0.06521	0.020008	0.529	0.7505
9	66.72	167.1	0.09554	0.002214	1.245131	0.3615	0.4335
10	66.72	167.1	0.114997	0.000865	1.103676	0.335	0.3873
11	55.37	169.8	1	0.01272	2.014842	0.04591	<2.2e-16
12	0.55	171.7	0.98579	0.01759	2.051838	0.04692	0.7935
13	26.76	179.1	1	4.779e-08	263090	1.485e-10	<2.2e-16
14	8.23	181.3	1	0.01027	52.80335	0.00014	<2.2e-16
15	8.26	183.3	1	0.02371	53.04388	1.58e-05	0.009826

Tabla 13. Análisis de pasos hacia delante de éxito de emergencia de los cuatro modelos del CT2 que cumplieron con los supuestos de residuales, significancia, porcentaje de devianza aceptable y AIC.

Modelo	Temperatura ambiental	Precipitación	Anomalías TSM	Huracanes	Variable eliminada	Modelo resultante
1	X		X		Ninguna	1
2	X		X	X	Ninguna	2
3	X	X	X		Precipitación	1
5	X	X	X	X	Precipitación	2

Tabla 14. Modelos mediante el análisis de mejores subconjuntos CT3

Modelo	Devianza (%)	AIC	p	Normalidad (p)	Media	Independencia (p)	Homocedasticidad y aleatoriedad (p)
1	35.5	64.9	0.06	0.7261	-0.000850492	0.2353	0.7369
2	56.28	65.8	0.08	0.4513	0.000406368	0.1206	0.1438
3	42.3	66	0.11	0.2257	0.00080787	0.02094	0.929
4	25.63	66	0.12	0.1919	0.000616381	0.006165	0.3696
5	38.23	66.5	0.14	0.3547	0.000790198	0.03499	0.5602
6	37.8	66.6	0.14	0.4778	-0.000356432	0.08857	0.205
7	35.85	66.8	0.16	0.8107	-0.000908976	0.2098	0.7497
8	35.77	66.8	0.16	0.8042	-0.000885465	0.3579	0.3873
9	58.31	67.4	0.13	0.7363	0.000882209	0.1795	0.1519
10	43.69	67.8	0.2	0.8791	0.000191441	0.1319	0.1423
11	43.01	67.9	0.21	0.1451	0.000261387	0.03625	0.5439
12	4.38	68	0.55	0.9062	-0.00019957	0.0485	0.4536
13	1.14	68.3	0.76	0.7023	-5.45E-06	0.01336	0.1838
14	36	8.8	0.3	0.8603	-0.000925708	0.2571	0.4203
15	6.57	69.8	0.76	0.7535	-0.000160235	0.02813	0.3694

Tabla 15. Análisis de pasos hacia delante de éxito de emergencia de los cinco modelos del CT3 que cumplieron con los supuestos de residuales, significancia, porcentaje de devianza aceptable y AIC.

Modelo	Temperatura ambiental	Precipitación	Anomalías TSM	Huracanes	Variable eliminada	Modelo resultante
1			X		Ninguna	1
2	X	X		X	Temperatura ambiental	5
6		X	X		Precipitación	1
7	X		X		Ninguna	7
8			X	X	Huracanes	1

Tabla 16. Modelos mediante el análisis de mejores subconjuntos éxito de emergencia CT4

Modelo	Devianza (%)	AIC	p	Normalidad (p)	Media	Independencia (p)	Homocedasticidad y aleatoriedad (p)
1	96.06	184.2	0.07	0.5355	0.01524493	0.7254	0.02192
2	96.48	184.7	0.07	0.6371	0.0132624	0.8278	0.02725
3	96.08	186.1	0.14	0.6915	0.01427794	0.7252	0.05723
4	96.59	186.2	0.12	0.1197	0.01015201	0.7861	0.08562
5	96.32	186.4	0.17	0.3991	0.01097552	0.5609	0.3082
6	95.8	187.2	0.30	0.2631	0.01900334	0.6194	0.1446
7	95	187.5	1	0.1571	0.02346178	0.3218	
8	95.42	187.6	0.37	0.9194	0.01863574	0.3055	0.07756
9	64.83	232.4	1	0.00060022	2.082345	0.9647	0.4791
10	64.83	234.4	1	0.0006062	2.080931	0.9667	0.5092
11	57.34	234.6	1	0.003389	2.601471	0.9775	
12	60.09	235.3	1	0.002766	2.649937	0.9765	0.3787
13	19.13	249.37	1	0.001097	54.47129	8.12E-05	
14	19.6	251.23	1	0.007133	54.9703	7.23E-05	0.00152
15	8.86	251.3	1	6.11E-05	171.3948	1.58E-12	

Tabla 17. Análisis de pasos hacia delante de éxito de emergencia de los dos modelos del CT4 que cumplieron con los supuestos de residuales, significancia, porcentaje de devianza aceptable y AIC.

Modelo	Temperatura ambiental	Precipitación	Anomalías TSM	Huracanes	Variable eliminada	Modelo resultante
3	X	X	X		Ninguna	3
4	X	X	X	X	Ninguna	4

Tabla 18. Modelos mediante el análisis de mejores subconjuntos éxito de eclosión CT4

Modelo	Devianza (%)	AIC	p	Normalidad (p)	Media	Independencia (p)	Homocedasticidad y aleatoriedad (p)
1	98.42	95.85	0.0093	0.4794	0.0156	0.267	0.0197
2	98.5	97.24	0.018793	0.7448	0.0197	0.3431	0.0827
3	98.43	97.77	0.023995	0.6985	0.0153	0.2915	0.0712
4	97.96	98.92	0.043102	0.4365	0.0170	0.2289	0.0316
5	98.5	99.22	0.040665	0.7869	0.0131	0.3587	0.1711
6	97.96	100.9	0.097830	0.4102	0.0169	0.2529	0.1017
7	96.56	103.2	1	0.108	0.0354	0.0130	
8	96.67	104.8	0.810688	0.2118	0.0342	0.0266	0.4996
9	66.81	132.4	1	0.0919	1.51	0.9144	0.6996
10	60.35	132.5	1	0.0525	2.48	9.9342	
11	68.77	137.7	1	0.0490	1.3627	0.8999	0.4276
12	61.66	134.1	1	0.0483	2.5466	0.9505	0.1912
13	18.40	141.2	1	1.318e-06	30386.51	4.791e-11	
14	16.70	141.5	1	0.0002	67.1913	0.0008	
15	17.21	143.4	1	0.1425	67.8931	0.0009	0.0025

Tabla 19. Análisis de pasos hacia adelante de éxito de eclosión de los dos modelos del CT4 que cumplieron con los supuestos de residuales, significancia, porcentaje de devianza aceptable y AIC.

Modelo	Temperatura ambiental	Precipitación	Anomalías TSM	Huracanes	Variable eliminada	Modelo resultante
2	X	X	X		Precipitación	1
3	X		X	X	Ninguna	3

Tabla 20. Modelos mediante el análisis de mejores subconjuntos éxito de eclosión CT4 tortuga laúd

Modelo	Devianza (%)	AIC	p	Normalidad (p)	Media	Independencia (p)	Homocedasticidad y aleatoriedad (p)
1	97.22	99.47	0.007	0.52	0.017	0.94	0.35
2	97.40	100.63	0.01	0.54	0.012	0.96	0.63
3	94.12	107.24	1	0.76	0.055	0.88	
4	94.18	109.11	0.93	0.82	0.054	0.85	0.25
5	58.95	134.51	1	2.081e-06	21.51	0.55	0.03
6	29.54	139.54	1	0.003	8.85	0.89	
7	19.12	141.33	1	1.276e-06	1001.13	4.936e-09	

Tabla 21. Análisis de pasos hacia delante de éxito de eclosión de los dos modelos del CT4 tortuga laúd que cumplieron con los supuestos de residuales, significancia, porcentaje de devianza aceptable y AIC.

Modelo	Temperatura ambiental	Precipitación	Anomalías TSM	Variable eliminada	Modelo resultante
1	X		X	Ninguna	1
2	X	X	X	Ninguna	2

Tabla 22. Modelos mediante el análisis de mejores subconjuntos éxito de emergencia CT4 tortuga laúd

Modelo	Devianza (%)	AIC	p	Normalidad (p)	Media	Independencia (p)	Homocedasticidad y aleatoriedad (p)
1	96.86	98.79	0.013	0.97	0.018	0.89	0.45
2	96.94	100.42	0.029	0.98	0.015	0.89	0.74
3	93.89	105.43	1	0.213	0.055	0.88	
4	93.91	107.40	0.98	0.143	0.055	0.80	0.29
5	57.37	132.70	1	2.45e-06	19.56	0.54	0.03
6	29.12	137.31	1	0.004	8.34	0.89	
7	18.87	139.06	1	1.43e-06	804.72	5.721e-09	

Tabla 23. Análisis de pasos hacia delante de éxito de emergencia de los dos modelos del CT4 tortuga laúd que cumplieron con los supuestos de residuales, significancia, porcentaje de devianza aceptable y AIC.

Modelo	Temperatura ambiental	Precipitación	Anomalías TSM	Variable eliminada	Modelo resultante
1	X		X	Ninguna	1
2	X	X	X	Ninguna	2