

Tesis defendida por
Guadalupe Hernández Cruz
y aprobada por el siguiente Comité

Dra. Ma. Elena Solana Arellano
Director del Comité

Dr. Oscar Sosa Nishizaki
Miembro del Comité

Dra. Mónica Hernández Rodríguez
Miembro del Comité

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

Dr. Jesús Favela Vara
Director de la Dirección de Estudios
de Posgrado

Diciembre 2013.

**CENTRO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y DE EDUCACIÓN SUPERIOR
DE ENSENADA, BAJA CALIFORNIA**



Programa de Posgrado en Ciencias
en Ecología Marina

Análisis de la captura diurna y nocturna y estado de la población de tortuga prieta
(*Chelonia mydas*) en Laguna Ojo de Liebre, Baja California Sur: 2009-2012

Tesis

que para cubrir parcialmente los requisitos necesarios para obtener el grado de

Maestro en Ciencias
Presenta:

Guadalupe Hernández Cruz

Ensenada, Baja California, México.

2013

Resumen de la tesis de Guadalupe Hernández Cruz, presentada como requisito parcial para la obtención del grado de Maestro en Ciencias en Ecología Marina.

Análisis de la captura diurna y nocturna y estado de la población de tortuga prieta (*Chelonia mydas*) en Laguna Ojo de Liebre, Baja California Sur: 2009-2012

Resumen aprobado por:

Dra. Ma. Elena Solana Arellano

El esfuerzo para el estudio y la conservación de las tortugas marinas se ha llevado a cabo en las playas de anidación y no representa el total de la población ya que juveniles, subadultos y machos quienes transcurren varias décadas de su ciclo de vida en los hábitats neríticos no son incluidos. La Laguna Ojo de Liebre, B.C.S (LOL), es una de las 4 principales áreas de alimentación y desarrollo para la tortuga prieta (*Chelonia mydas*) en el Pacífico de la Península de Baja California y donde se realizaron monitoreos mensuales de 2009 a 2012. Las tortugas fueron capturadas con redes de enmalle, castillo y mediante encierre; cada individuo capturado se midió, pesó y marcó en las aletas posteriores. Las capturas fueron separadas en diurnas y nocturnas y se probaron diferencias significativas entre ellas. Se ajustó un modelo general lineal (GLM) para determinar las variables que influyen la captura por unidad de esfuerzo (CPUE). Se determinó la estructura de tallas y sexos, índice de condición corporal (ICC), fidelidad al sitio y la tasa de crecimiento anual (TCA). Se capturaron 415 tortugas prietas en 25 monitoreos diurnos y 8 monitoreos nocturnos en 488 horas-red en ambos tipos de monitoreos. El mayor número de capturas se obtuvo durante los monitoreos diurnos, a excepción de 2009 donde no existieron diferencias significativas ($Z=-1.64$; $p=0.081$). El modelo seleccionado para la CPUE explicó el 99% de variabilidad y presentó un valor para el AIC de -196.87; las variables explicativas de la CPUE fueron: captura; longitud de la red, año, monitoreo, salinidad, pH, pleamar y bajamar, ONI y 2 interacciones (captura*tiempo y pH*pleamar). La estructura de tallas se encuentra definida por individuos juveniles con LRC promedio de 61.80 cm y la proporción de sexos se está sesgada hacia las hembras (3:1; hembra:macho). El ICC fue mayor al de años anteriores con 1.45. Se recapturaron 35 tortugas que se habían marcado previamente en LOL y presentaron una TCA de 3.1 cm.año⁻¹. La abundancia de juveniles y el aumento de adultos indican que la población está recuperándose; la diferencia entre capturas diurnas y nocturnas corrobora que la tortuga prieta en LOL se mantiene activa durante horas de luz y la alta fidelidad al sitio indica que LOL le proporciona cualidades nutricionales excepcionales.

Palabras clave: **tortuga prieta, captura por unidad de esfuerzo (CPUE), modelo general lineal (GLM), captura diurna-nocturna, área de alimentación.**

Abstract of the thesis presented by Guadalupe Hernández Cruz as a partial requirement to obtain the Master in Science degree in Marine Ecology.

Analysis day-night catch and population status of black turtle (*Chelonia mydas*) in Ojo de Liebre Lagoon, Baja California Sur: 2009-2012

Abstract approved by:

Dra. Ma. Elena Solana Arellano

Abstract

The efforts for the study and conservation of sea turtles has been primarily conducted in the nesting beaches and do not represent the whole population since juveniles, subadults and males, who spend several decades of its life cycle in the neritic habitats are not included. The Ojo de Liebre Lagoon, B.C.S. (LOL), it is one of 4 main feeding and development areas for black turtle (*Chelonia mydas*) in the Pacific of Baja California. In this site, from 2009-2012 monthly surveys were conducted. Turtles were caught with gillnets, "castillo" and enclose; each individual captured was measured, weight and flipper tagged. Catches were separated in daytime and nighttime and differences between them were determined. A general linear model (GLM) fitted to determine the variables that influence the catch per unit of effort (CPUE). Size-class and sexes distribution, body condition index (ICC), fidelity to the site and annual growth rate (TAC) was determined. 415 turtles were captured in 25 day-time and 8 night-time surveys, involving 488 hours-net. High catch was obtained in daytime surveys with the exception of 2009 where there no significance differences ($Z=-1.64$; $p=0.081$). The model selected for CPUE explained 99% variability and a value of $AIC=-196.87$; the explanatory variables of CPUE were: catch, net length, year, monitoring, pH, high and low tide, ONI and 2 interactions (catch*time and pH*low tide). Size structure was determined for immature individuals with straight-carapace length of 61.80 cm and sex ratio was skewed towards females (3:1); body IC=3.0 was high in previous years. It was recaptured 35 turtles that had already been previously tagged for LOL and presented mean growth year rate was $3.1 \text{ cm}\cdot\text{year}^{-1}$. The abundance of juveniles and adults increase indicate that the population is recovering; the differences between day and night catches it is possible to infer that black turtle remains active throughout the daytime and high site fidelity indicates that LOL provides you with exceptional nutritional qualities.

Keywords: black turtle, capture per unit of effort (CPUE), general linear model (GLM), day-night catch, foraging ground.

*Suceder en el trayecto,
quedarse en la arena...
despertarse... salir hacia el mar
... hacia la espuma.
Allá, arrastrarse y entonces sumergirse...
... abrir los ojos en el agua y
Encontrarse con la sorpresa de no haber sido devorado.
Descubrir la velocidad y....
entonces... hasta entonces... saberse habitante del agua
y.... ahí... en ese lugar
... APRENDER A VOLAR....*

Dedicatoria

A ti **PAPÁ**, mi nueva estrella. Estuviste a un paso de ver convertido en realidad este sueño y dónde estés, sé que te sentirás muy orgulloso. TE AMO.

A ti **Mamá**, mi ejemplo a seguir, te admiro por ser una gran mujer. TE AMO

A mi familia **Hernández-Cruz**, siempre presentes en mi vida aún en la distancia. LOS AMO.

Agradecimientos

A CONACYT, por el otorgamiento de la beca para llevar a cabo mis estudios de posgrado.

A CICESE, por la oportunidad de ingresar a su programa de posgrado y realizar la Maestría en Ecología Marina.

A la Dra. Elena Solana, “usted” siempre con una sonrisa en los labios. Por permitirme formar parte de su equipo de trabajo y dejarse llevar al bello mundo de las tortugas, sé que a veces le da sorpresas no muy placenteras pero lo disfruta indudablemente. Gracias por el entusiasmo, el profesionalismo, el interés, su paciencia y el tiempo dedicado para que muchas actividades se llevaran a buen término.

Al comité de tesis, Dr. Oscar Sosa Nishizaki por sus comentarios, aportaciones, buena vibra y por ayudarme a aterrizar mis ideas vagas y escurridizas y Dra. Mónica Hernández Rodríguez por su interés, tiempo y disponibilidad en la realización de la tesis.

A la Reserva de la Biósfera El Vizcaíno, por su interés para llevar a cabo el estudio, así como por todas las facilidades en los trámites para obtener los datos.

Al Biol. Noé López Paz, por el interés, tu tiempo y paciencia para resolver miles de preguntas y dudas; así como por toda la información compartida.

A Exportadora de Sal, S.A., por proporcionarme los datos referentes a variables físico-químicas que fueron clave para el modelo de CPUE de tortuga prieta.

A la M. en C. Olga Flores Uzeta, por su dedicación, profesionalismo y tiempo. Por resolver los pendientes de las salidas de campo y claro, por siempre llevarnos con bien a nuestro destino.

Al Laboratorio de Ecología Matemática: a la M. en C. Erika Santacruz López, por ayudarme a no dejar de creer en nuestras tortugas inyectándome de esa vitalidad para seguir adelante por ellas. A Edgar Josymar, por su ayuda y aportaciones en la elaboración del modelo. A las otras tortugueras: Tere y Abi, por su amistad, buena vibra y gran cariño, el legado queda en buenas manos. A Juan Carlos, el más “Ñoño”,

muchas gracias por tu amistad, confianza, el tiempo compartido estudiando y en el relajo y por tus miles de consejos para crecer como persona y profesionalmente.

A Adi, otra vez compartiendo una nueva aventura, hiciste un poco más fácil el inicio de mi estancia en Ensenada, gracias por impulsarme y estar presente en todo momento. Gin-Gin, soy tú fan lo sabes... largas noches de estudio y de tesis, buenos y malos momentos, pero sobre todo...por el tiempo, los miles de detalles invaluable, las enseñanzas y la oportunidad de conocer al magnífico ser humano que eres. Anita, por todos esos días que siempre había un abrazo o una palabra de cariño para mí cuando más lo necesitaba, por tú paciencia, tiempo y por hacerme creer que las cosas por mucho que vayan mal en algún momento habrán de mejorar. Jenny, por permitirme conocerte y aprender de ti a tener disciplina en todo lo que haga, ya que ello permitirá obtener grandes resultados. Los quiero mil...

A Meli, Caro, Rosy, Mariana, Lau, Oscar, Gera y Manuel, por permitirme ser parte de esta gran y hermosa familia cicesiana-ensenadense. Hemos compartido miles de grandes momentos que se quedarán grabados por siempre, gracias por su apoyo incondicional y por hacer más fácil este camino. Los quiero y admiro...

A todos aquellos, quienes de manera directa e indirecta permitieron llevar a buen término este proyecto.

Contenido

	Página
Resumen español.....	ii
Resumen inglés.....	iii
Dedicatorias.....	v
Agradecimientos.....	vi
Lista de Figuras.....	x
Lista de Tablas.....	xii
1. Introducción.....	1
2. Antecedentes.....	4
3. Justificación.....	11
4. Objetivos.....	
4.1 General.....	12
4.2 Particulares.....	12
5. Materiales y métodos.....	
5.1 Área de estudio.....	13
5.2 Trabajo de campo.....	
5.2.1 Captura de tortugas.....	16
5.2.2 Medidas morfométricas y marcaje.....	17
5.3 Análisis de los datos.....	
5.3.1 Estimación de la captura diurna y nocturna.....	19
5.3.2 Estimación de la captura por unidad de esfuerzo (CPUE).....	19
5.3.3 Modelo General Lineal para la estandarización de la CPUE de tortuga prieta.....	20
5.3.4 Distribución de tallas y sexos.....	22
5.3.5 Índice de Condición Corporal (ICC).....	23
5.3.6 Fidelidad al sitio: recapturas y tasa de crecimiento.....	23
6. Resultados.....	
6.1 Éxito de captura.....	25
6.2 Modelo general lineal para la estandarización de la CPUE de tortuga prieta.....	32
6.3 Estructura de tallas y sexos.....	38
6.4 índice de condición corporal.....	45
6.5 Fidelidad al sitio: recapturas y tasa de crecimiento.....	47
7. Discusión.....	
7.1 Éxito de captura.....	49
7.2 Modelo General Lineal para la estandarización de la CPUE de tortuga prieta.....	51
7.3 Estructura de tallas y sexos.....	56
7.4 índice de condición corporal.....	59
7.5 Fidelidad al sitio: recapturas y tasa de crecimiento.....	60
Conclusiones.....	64
Recomendaciones.....	66
Referencias bibliográficas.....	67
Anexos.....	
1. Modelos resultantes en el método por pasos para la CPUE de tortuga	

prieta en Laguna Ojo de Liebre.....	77
2. Análisis de residuales del modelo ajustado para la CPUE.....	81

Lista de figuras

Figura	Página	
1	Ubicación geográfica de la Laguna Ojo de Liebre, Baja California Sur	15
2	Representación gráfica de las medidas rectas y curvas del caparazón y largo total de cola, tomadas a las tortugas capturadas.	18
3	Marca metálica Iconel y su aplicación en la segunda o tercera escama de las aletas posteriores.	18
4	Captura mensual diurna y nocturna de tortuga prieta (<i>Chelonia mydas</i>) para el año 2009 en Laguna Ojo de Liebre.	26
5	Captura por Unidad de Esfuerzo diurna y nocturna de tortuga prieta (<i>Chelonia mydas</i>) para el año 2009 en Laguna Ojo de Liebre.	26
6	Captura mensual diurna y nocturna de tortuga prieta (<i>Chelonia mydas</i>) para el año 2010 en Laguna Ojo de Liebre.	27
7	Captura por Unidad de Esfuerzo diurna y nocturna de tortuga prieta (<i>Chelonia mydas</i>) para el año 2010 en Laguna Ojo de Liebre.	28
8	Captura mensual diurna y nocturna de tortuga prieta (<i>Chelonia mydas</i>) para el año 2011 en Laguna Ojo de Liebre.	29
9	Captura por Unidad de Esfuerzo diurna y nocturna de tortuga prieta (<i>Chelonia mydas</i>) para el año 2011 en Laguna Ojo de Liebre.	29
10	Captura mensual diurna de tortuga prieta (<i>Chelonia mydas</i>) con red de enmalle, red castillo y encierre para el año 2012 en Laguna Ojo de Liebre.	30
11	Captura por Unidad de Esfuerzo diurna de tortuga prieta (<i>Chelonia mydas</i>) para el año 2012 en Laguna Ojo de Liebre.	31
12	Captura diurna de tortuga prieta (<i>Chelonia mydas</i>) con red de enmalle, red castillo y encierre para el periodo comprendido de 2009-2012 en Laguna Ojo de Liebre.	32
13	CPUE nominal y estandarizada de tortuga prieta (<i>Chelonia mydas</i>) para el periodo 2009 a 2012 en Laguna Ojo de Liebre.	37
14	Largo recto de caparazón promedio de tortuga prieta (<i>Chelonia mydas</i>) por mes de monitoreo para el año 2009 en Laguna Ojo de Liebre.	39
15	Estructura de tallas de tortuga prieta (<i>Chelonia mydas</i>) de monitoreo diurno y nocturno para el año 2009 en Laguna Ojo de Liebre.	39
16	Largo recto de caparazón promedio de tortuga prieta (<i>Chelonia mydas</i>) por mes de monitoreo para el año 2010 en Laguna Ojo de Liebre.	40
17	Estructura de tallas de tortuga prieta (<i>Chelonia mydas</i>) de monitoreo diurno y nocturno para el año 2010 en Laguna Ojo de Liebre.	41
18	Largo recto de caparazón promedio de tortuga prieta (<i>Chelonia mydas</i>) por mes de monitoreo para el año 2011 en Laguna Ojo de Liebre.	42
19	Estructura de tallas de tortuga prieta (<i>Chelonia mydas</i>) de monitoreo diurno y nocturno para el año 2011 en Laguna Ojo de Liebre.	43
20	Largo recto de caparazón promedio de tortuga prieta (<i>Chelonia mydas</i>) por mes de monitoreo para el año 2012 en Laguna Ojo de Liebre.	44
21	Estructura de tallas de tortuga prieta (<i>Chelonia mydas</i>) en monitoreo diurno y nocturno para el año 2012 en Laguna Ojo de Liebre.	44
22	Índice de condición corporal de tortuga prieta (<i>Chelonia mydas</i>) en	46

	Laguna Ojo de Liebre: 2009-2012	
23	Índice de condición corporal para cada estadio ontogénico de tortuga prieta (<i>Chelonia mydas</i>) en Laguna Ojo de Liebre: 2009-2012. Los cuadros negros indican la media y las barras son el error estándar.	46
24	Tasa de crecimiento anual de tortuga prieta (<i>Chelonia mydas</i>) en Laguna Ojo de Liebre: 2009-2011	48

Lista de tablas

Tabla		Página
1	Esfuerzo de monitoreo y éxito de captura de tortuga prieta (<i>Chelonia mydas</i>) en Laguna Ojo de Liebre: 2009- 2012	25
2	Importancia de los términos en el modelo nulo de la CPUE de tortuga prieta en Laguna Ojo de Liebre	33
3	Análisis de correlación de Pearson entre variables utilizadas en el modelo de CPUE de tortuga prieta	33
4	Importancia de las variables e interacciones en el modelo de CPUE de tortuga prieta	34
5	Modelos ajustados y valores de AIC y Δ AIC para la CPUE de tortuga prieta en Laguna Ojo de Liebre: 2009-2012	36
6	Estructura poblacional de tortuga prieta (<i>Chelonia mydas</i>) en Laguna Ojo de Liebre: 2009-2012	38
7	índice de condición corporal de tortuga prieta (<i>Chelonia mydas</i>) capturadas en Laguna Ojo de Liebre: 2009-2012	45
8	Marcaje-recaptura de tortuga prieta (<i>Chelonia mydas</i>) en Laguna Ojo de Liebre: 2009-2012	47

1. Introducción

En la actualidad, el manejo y la conservación de las tortugas marinas incluyen metodologías y actividades de monitoreo que permiten obtener tendencias de los parámetros poblacionales y con ello desarrollar estrategias de protección (SEMARNAT, 2000). La evaluación de las tendencias poblacionales de las tortugas marinas se ha basado en el monitoreo de hembras anidadoras (Bjorndal, 2000; Diez y Ottenwalder, 2000). Sin embargo, el monitoreo en las zonas de anidación proporciona información insuficiente, debido a que las hembras tienen intervalos de reproducción de 2 a 4 años. Así como los monitoreos no brindan referencia alguna de la estructura demográfica porque juveniles, subadultos y machos no son incluidos ya que pasan varias décadas de su ciclo de vida en las zonas de alimentación (Bjorndal *et al.*, 2005; Smith, 2008). Por lo que las estimaciones de la abundancia para generar planes de manejo y conservación depende primordialmente del monitoreo de la población residente en los hábitats de alimentación (Chaloupka y Limpus, 2001).

La tortuga prieta o verde del Pacífico Oriental (*Chelonia mydas*, Linnaeus, 1758) es una de las cinco especies de tortugas marinas que habitan las costas de la Península de Baja California. Es posible encontrar esta especie durante todo el año en las bahías y lagunas costeras de la península y del Golfo de California que funcionan como hábitats adecuados para su alimentación y desarrollo (Clifton *et al.*, 1995; Koch *et al.*, 2007).

La Laguna Ojo de Liebre (LOL) es una de las cuatro principales zonas de forrajeo para la tortuga prieta en el litoral del Pacífico de la Península de Baja California, donde se reclutan los juveniles de ambos sexos para forrajear y crecer hasta alcanzar la madurez (Musick y Limpus, 1997; Nichols, 2003; Mariscal-Loza, 2005). La mayoría de los adultos que forrajean en este sitio provienen de los stocks mexicanos de Michoacán e Islas Revillagigedo (Juárez-Cerón *et al.*, 2002).

El monitoreo de tortuga prieta en LOL se ha llevado a cabo a través del uso de redes de enmalle que permiten capturar adultos y una gran proporción de estadios juveniles (Ehrarth y Ogren, 2000; Landry, 2000; Castro *et al.*, 2012). La tasa de captura de tortugas marinas se ha expresado como captura por unidad de esfuerzo (CPUE) la cual

es un índice de rendimiento pesquero que a menudo es utilizado para estimar tendencias en la abundancia del recurso (Bigelow *et al.*, 1999). El principio básico del uso de CPUE es que los cambios en éste reflejaran cambios en la abundancia de los individuos en el stock (Hilborn y Walters, 1992). Sin embargo, el índice se encuentra sesgado a causa de la variabilidad en las operaciones de pesca, eficiencia del arte y diferencias en la distribución temporal y espacial del recurso (Maunder y Punt, 2004). Por lo que es necesario estandarizarlo con la intención de poder hacer una interpretación adecuada de los resultados.

Los modelos generales lineales (GLM, por sus siglas en inglés) son una herramienta altamente utilizada en la estandarización de la CPUE, que consiste en eliminar aquellos factores que afectan la tasa de captura pero, no se encuentran relacionados a la abundancia (Andrade, 2009, Pons *et al.*, 2010). No obstante, en algunas ocasiones, la capturabilidad de los individuos no se mantiene constante y puede variar en respuesta a cambios de comportamiento asociados con la hora del día, ciclo lunar y temporada del año. Aunado a ello, los factores ambientales pueden llegar a influenciar la disponibilidad y vulnerabilidad de las tortugas en una variedad de escalas temporales y espaciales (King, 1995; Bigelow *et al.*, 1999).

El esfuerzo de monitoreo de tortuga prieta en LOL se ha concentrado en muestreos nocturnos, debido a que durante la noche se presentan las condiciones óptimas y adecuadas (baja luz y viento reducido) para la captura de tortugas (Brooks, 2005). Sin embargo, se sabe que la tortuga prieta por lo general prefiere moverse y alimentarse durante el día y descansar por la noche en aguas más profundas, entonces las capturas durante horas de luz debieran ser mayores.

En la presente investigación, se compararon las tasas de captura diurna y nocturna en LOL para determinar si la probabilidad de captura de tortuga prieta presenta diferencias durante el día y la noche. Así como utilizando un modelo general lineal se identificaron los factores que influyen la captura y se obtuvo un índice estandarizado de abundancia relativa. Estos resultados permitirán para hacer más eficiente el monitoreo de tortuga prieta, lo que permitirá desarrollar decisiones estratégicas que se reflejen en la recuperación de la población de esta especie que se encuentra enlistada en peligro

de extinción, y que disminuirán el estrés de las tortugas durante las operaciones de monitoreo al disminuir el tiempo de manipulación.

2. Antecedentes

La tortuga prieta o verde del Pacífico Oriental (*Chelonia mydas*, Linnaeus, 1758) había sido considerada como una especie distinta denominada *Chelonia agassizii* o como una subespecie *Chelonia mydas agassizii*, sin embargo, estudios basados en biología molecular no han demostrado que exista tal separación (Karl y Bowen, 1999; Chassin-Noria *et al.*, 2004), por lo que actualmente se continúa con el uso del nombre científico original. Además, la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN) no reconoce actualmente a la tortuga verde como una subespecie del género *Chelonia* (Pritchard y Mortimer, 2000).

La tortuga prieta se distribuye desde la costa central de la península de Baja California hasta la parte sur de Perú, incluyendo el Golfo de California, Islas Revillagigedo y las Islas Galápagos (Márquez, 1990). Al finalizar la temporada de anidación realiza migraciones hacia las bahías y lagunas costeras de la costa occidental de la península de Baja California y el Golfo de California que son los principales sitios de alimentación y desarrollo de su distribución más norteña (Nichols, 2003; Seminoff *et al.*, 2003).

De manera general se ha observado que la tortuga prieta presenta una dieta omnívora. Al ser reclutadas a hábitats costeros, modifican sus preferencias de alimento de planctívoras a herbívoras, con una dieta basada en macroalgas y pastos marinos (Limpus y Limpus, 2000; López-Mendilaharsu *et al.*, 2005, 2008). Su sistema visual bien desarrollado les permite detectar luz en el rango de UV y longitudes de onda larga (Mäthger *et al.*, 2007; Southwood *et al.*, 2008); por lo que las señales visuales juegan un papel importante en el comportamiento alimentario de esta especie (Wang *et al.*, 2010).

La principal zona de anidación para la especie se ubica en las playas arenosas en la costa de Michoacán (Alvarado y Figueroa, 1989; Márquez, 1990). Generalmente, las hembras anidan cada 2 años y llegan a depositar de 1 a 8 nidos con un periodo de 14 días entre anidaciones; el número de huevos por nidadas varía de entre 39 y 139 huevos (CONANP, 2011). Después de nacer, las tortugas pasan aproximadamente 5 años en el ambiente pelágico, para reclutarse en hábitats costeros donde

permanecerán entre 20 y 50 años mientras transcurre su proceso de madurez sexual (Chaloupka y Musick, 1997).

La talla promedio de primera reproducción se había estimado de 68 cm de largo recto del caparazón (LRC) (Márquez, 1990). Sin embargo, Seminoff *et al.* (2003) mencionan que esta especie alcanza la madurez sexual con LRC mayores a 77.3 cm y éste ha sido el criterio para determinar los estadios juveniles y adultos en trabajos posteriores (p. ej. Koch *et al.*, 2007; López-Castro *et al.*, 2010). En cuanto a la estructura poblacional de la tortuga prieta se muestran variaciones en los distintos hábitats de alimentación de la península. Seminoff *et al.* (2002b) mencionan que los subadultos y adultos se encuentran principalmente a lo largo del Golfo de California (intervalos de talla de 46-100 cm de LRC), por el contrario, a los juveniles más pequeños (<77.3 cm de LRC) es más común encontrarlos en el litoral del Pacífico (Koch *et al.*, 2007). La tasa de crecimiento promedio por año ha sido estimada de 1.4 cm en Bahía de Los Ángeles y la más alta en LOL con 3.1 cm dando lugar a una variación estacional e interanual en el crecimiento, el cual es dependiente con la talla de los individuos (Seminoff *et al.*, 2002b; López-Castro *et al.*, 2010).

En México, la explotación de tortugas marinas tuvo su mayor apogeo durante los años 60's cuando se obtenía más del 50% de la captura total mundial. Para proteger y evitar la reducción drástica de las poblaciones, a partir de 1990, se estableció una veda total hacia la captura, uso y comercio de productos de estas especies (Aridjis, 1990; D.O.F., 2010). No obstante, a pesar del decreto de veda se ha estimado que la mortalidad anual de tortugas por captura dirigida y pesca incidental en áreas de forrajeo de la península es de aproximadamente entre 15 mil individuos, donde alrededor del 90% son individuos en etapa juvenil (Mancini y Koch, 2009). Se ha registrado que alrededor de 25 a 30 mil machos y hembras adultas de tortuga prieta se encuentran en el Pacífico mexicano, por lo que, de continuar con estas tasas de mortalidad por captura incidental y dirigida en los sitios de alimentación es posible que en un futuro cercano, se presenten problemas para recuperarse (Delgado-Trejo, 2012).

Las estimaciones del tamaño de la población de tortugas se han dirigido a playas de anidación, para el conteo de rastros, nidos y hembras anidadoras. El énfasis en el uso

de estos sitios se debe a la logística, bajo costo y a la gran facilidad para llevar a cabo los censos. Sin embargo estos no representan el total de la población ya que juveniles, subadultos y machos no son incluidos, ya que pasan varias décadas de su ciclo de vida en los hábitats neríticos (Bjorndal, 2000; Bjorndal *et al.*, 2005). Por el contrario, el monitoreo en el mar, llevado a cabo en los sitios de alimentación, generalmente es más costoso tanto en recursos monetarios como en tiempo. La posibilidad de tener una proporción alta de observaciones de tortugas en cada unidad de esfuerzo de muestreo es muy reducida, debido a las bajas densidades en la mayoría de estos hábitats (Seminoff *et al.*, 2003; López-Mendilaharsu *et al.*, 2005; Mariscal-Loza, 2008).

Hay una gran variedad de técnicas para la estimación de la abundancia local en los sitios neríticos: censos aéreos, captura dirigida, avistamientos desde embarcaciones y buceo autónomo o con snorkel (León y Diez, 1999; Henwood y Epperly, 2000; Phillips, 2000; Bresette *et al.*, 2010; Kenney y Shoop, 2012). Dentro de los métodos de captura dirigida se utilizan redes de enmalle, las cuales han sido el instrumento más utilizado en las zonas de alimentación para llevar a cabo estudios de ecología alimentaria, estructura poblacional, estado de salud de la población, uso de hábitat, entre otros. Con este método se ha obtenido el mayor éxito en las capturas, permitiendo capturar adultos y una gran proporción de estadios juveniles (Ehrarth y Ogren, 2000; Landry, 2000, Castro *et al.*, 2012; López-Mendilaharsu *et al.*, 2005; Seminoff y Jones, 2006; Labrada-Martagón *et al.*, 2010).

Las redes de enmalle han sido empleadas en bahías protegidas y someras así como en lagunas costeras. La longitud de la red varía entre sitios debido a las condiciones oceanográficas de 60 a 200 m, con 6 y 8 m de caída y la red de malla de multifilamento fabricada en nylon o algodón (Seminoff *et al.*, 2003; Brooks, 2005; Koch *et al.*, 2007; López Castro *et al.*, 2010; Dos Santos-Díaz, 2011); típicamente la relinga inferior involucra pocos plomos para permitir que las tortugas atrapadas puedan subir a superficie a respirar.

Durante la noche existen condiciones óptimas para la captura, estas incluyen baja irradiación y la intensidad del viento es reducida con las cuales probablemente exista mejor eficiencia de la red al no ser detectada por los individuos, es por ello, que aproximadamente el 75% de las investigaciones en sitios de alimentación han

concentrado el esfuerzo de captura en monitoreos nocturnos (Brooks, 2005; Mariscal-Loza, 2008).

Brooks (2005) realizó un estudio en Bahía Magdalena, B.C.S. en el que obtuvo mayores capturas de tortuga prieta (*Chelonia mydas*) en la noche (n=82) que durante el día (n=59) durante 15 días de captura, estadísticamente no existieron diferencias significativas ($p > 0.25$) de un esperado del 50% tanto para capturas diurnas como nocturnas; caso similar sucedió en Bahía de Los Ángeles el 50% de las capturas totales fueron diurnas y el otro 50% nocturnas (Seminoff, 2000). De manera general, la tortuga prieta presenta un patrón de actividad bimodal, es decir, se alimentan durante la mañana y media tarde y descansan al medio día y en la noche a altas profundidades (Mendoça, 1983). No obstante, se ha sugerido que las preferencias de uso de hábitat están relacionadas con la actividad humana; ya que el tráfico de embarcaciones y las presiones debidas a la pesca suceden desde el amanecer hasta antes del anochecer (Seminoff *et al.*, 2003); así como por la disponibilidad de alimento, variaciones en las presiones de depredación y posible interacción con conespecíficos (Hazel *et al.*, 2009; Brooks *et al.*, 2009).

La captura por unidad de esfuerzo (CPUE), es el índice de abundancia relativa más utilizado en pesquerías (Hinton y Maunder, 2003). Asume que la captura (C) es proporcional al esfuerzo de pesca (f) y abundancia del recurso (N) (Hilborn y Walters, 1992; Maunder y Punt, 2004). Sin embargo, en algunas ocasiones no puede ser utilizado como un índice de abundancia debido al sesgo por el muestreo, bajas tasas de captura y a la variabilidad de estas últimas (Allen, 2000).

La CPUE se ha utilizado como índice de abundancia en los estudios de monitoreo de tortugas marinas en áreas de alimentación, así como para estimar la captura incidental en las principales zonas de pesca con palangre, almadrabas, arrastre y de pesquería artesanal y los valores son expresados como: tortugas/arrastre.h; tortugas/km.h; tortugas/red sumergida/día; tortugas/m (Landry *et al.*, 1996; Seminoff *et al.*, 2003; Koch *et al.*, 2007; Eaton *et al.*, 2008, López-Barrera, *et al.*, 2012).

Los datos de CPUE se estandarizan para evitar tener sesgo, es decir, se eliminan los cambios sobre el tiempo de factores distintos a la abundancia (arte de pesca, época de

muestreo, etc.) (Allen, 2000; Maunder y Punt, 2004, NRC, 2010). Los modelos generales lineales (GLM, por sus sigla en inglés) a menudo se han utilizado para estandarizar las tasas de captura con la intención de obtener índices de abundancia relativas robustos (Maunder y Punt, 2004). En el ámbito de los GLM's, una variable tiene una distribución de probabilidad de la familia de las exponenciales y se puede modelar como una variable de respuesta de algunas variables explicativas (cualitativas o cuantitativas) (Andrade, 2009).

La capturabilidad de los individuos no es constante, se ve afectada por la eficiencia del esfuerzo, especies objetivo, traslapeo del esfuerzo de muestreo y factores ambientales. Respecto a estos últimos, Bigelow *et al.* (1999) mencionan que la disponibilidad y vulnerabilidad de los individuos puede estar influenciada por diversos factores ambientales en distintas escalas espacio-temporales.

Ferreira *et al.* (2010), realizaron un estudio sobre la influencia de parámetros ambientales y pesqueros en la tasa de captura de tortuga caguama en el archipiélago de Las Azores y encontraron que existía un aumento de la captura en profundidades de hasta 2000 m, ello debido a que los juveniles ocupan hábitats oceánicos donde se presentan estructuras oceanográficas (frentes) que les proporcionan condiciones óptimas para su desarrollo. De la misma manera Arendt *et al.* (2012) incluyeron 21 parámetros en el modelo para explicar las tasas de captura de tortuga caguama, de las cuales solo la presión barométrica estuvo asociada con las tasas de captura. La elevada captura de mayo de 2004 estuvo asociada a altas presiones barométricas de ese mes, pero no necesariamente fue causada por esas variaciones, sino más bien, por la presencia de cangrejo herradura presa potencial de la tortuga caguama.

En algunas especies, la visibilidad es importante para la capacidad de escape del individuo al arte de pesca durante el día (Casey y Myers, 1998), sin embargo, también puede afectar potencialmente la capturabilidad (Pierce *et al.*, 2010). Estudios acerca de las capacidades sensoriales de las tortugas afirman que las señales visuales tienen un papel importante en el comportamiento de forrajeo de estos individuos y por lo tanto influenciarán la interacción que tengan con el arte de pesca (Wang *et al.*, 2010).

Balaz *et al.* (1987) con un esfuerzo de red de 930 m/h reportaron la captura de solo 8 individuos en la Bahía Kahului, a pesar de que se observó que las tortugas se encontraban agregadas en ese sitio. Infieren que ello se debió a que las redes fueron detectadas y evitadas por las tortugas aunque el agua presentaba una alta turbidez. De la misma manera, Wang *et al.* (2010) implementaron un experimento en el cual colocaron formas de tiburones (día) y luces LED (noche) para iluminar las redes (experimentales) y redes control con la intención de reducir la pesca incidental. Se observó que la captura fue menor en las redes experimentales (142 tortugas) dando indicio a que las tortugas fueron capaces de ver las señales disuasivas y por lo tanto reducir la interacción con la red.

La laguna Ojo de Liebre ha sido considerada como un sitio importante por el número de recapturas obtenidas debido al programa de marcaje-recaptura que fue puesto en práctica por el Grupo Tortuguero de las Californias y del cual forma parte LOL. A partir de 2001 hasta la fecha se han llevado a cabo 86 monitoreos que consisten en muestreos para capturar tortugas con redes de enmalle de 100 m de longitud por periodos de 10 a 24 horas. El esfuerzo de captura (número de horas que la red se mantiene sumergida operando) para la de tortuga prieta llevado a cabo en LOL ha variado debido a las condiciones climáticas, mareas y tiempo de captura y se ha suspendido la captura durante la temporada de avistamiento de ballenas para evitar se enmallen en las redes (Mariscal-Loza, 2008).

López-Castro *et al.* (2010) obtuvieron valores promedio de CPUE no estandarizada en LOL de 4.31 tortugas/100m·24h para 2001 a 2006, sin embargo, mencionan que ese valor debe tomarse con cautela debido a que probablemente las tortugas aprendieron a evitar la red y no se tomó en cuenta para los resultados de CPUE. Mariscal-Loza (2008) realizó la comparación de CPUE de LOL con la de otros sitios de alimentación de la península y concluye que la abundancia de tortugas se mantiene alta debido a que Ojo de Liebre forma parte de una reserva donde la vigilancia es constante y las actividades relacionadas a la pesca están controladas, lo que permite una alta sobrevivencia de tortugas.

Los estudios acerca de la demografía y estado de la población de tortuga prieta en Laguna Ojo de Liebre y los demás sitios de alimentación del Pacífico han ido en

aumento a pesar de las dificultades logísticas que genera llevar a cabo el monitoreo. Sin embargo, muchos aspectos de las áreas forrajeo de tortuga prieta en el Pacífico Este son desconocidos.

Respecto a la estructura de tallas, López-Castro *et al.* (2010) concluyeron que alrededor del 90% de las capturas fueron individuos juveniles con LRC caparazón promedio de 59.66 cm. La disponibilidad de alimento en esta área de alimentación ha incidido en la tasa de crecimiento y el índice de condición corporal ya que se han obtenido valores altos para ambos parámetros en comparación a los otros sitios de alimentación. La tasa de crecimiento anual más actual es la que reporta Dos Santos-Días (2011) y fue de 2.68 cm.año⁻¹ en promedio. El índice de condición corporal ha tomado valores de 1.40, siendo diferente para las temporadas de primavera y verano. Asimismo, el consumo de proteína animal que en los últimos años ha tenido la especie, parece ser que le aporta los nutrientes necesarios para complementar la dieta (Rodríguez-Barón, 2010).

3. Justificación

Únicamente el 1% del ciclo de vida de las tortugas marinas transcurre en las playas de anidación y el resto en sitios marino-costeros, los cuales son utilizados como hábitats de alimentación y desarrollo. Estos sitios son cruciales y en los cuales es posible encontrar individuos en diferentes etapas ontogénicas y sexuales. Debido a que la tortuga prieta se encuentra bajo protección especial por estar enlistada como especie en peligro de extinción (NOM-059-SEMARNAT-2010). La manera más adecuada de medir la efectividad de los planes de recuperación es monitorear la población de juveniles, ya que una disminución de esta etapa ontogénica reflejará una disminución de hembras en las playas de anidación. El esfuerzo de monitoreo de tortuga prieta en LOL se ha concentrado en muestreos nocturnos cuando se presentan condiciones óptimas para la captura de tortugas, sin tomar en consideración el patrón bimodal de actividades de estas. Por lo cual sería importante desarrollar estudios comparativos para determinar si la probabilidad de captura en el día o la noche no presenta diferencias, así como identificar los factores que influyen la captura y obtener un índice estandarizado de abundancia relativa. Así mismo, sería importante generar datos del estatus poblacional de la especie en este sitio de alimentación con la intención de proporcionar información para el desarrollo de estrategias de conservación.

4. Objetivos

4.1 General

Evaluar la captura diurna y nocturna de tortuga prieta (*Chelonia mydas*) y los factores que afectan el índice de captura por unidad de esfuerzo (CPUE) y caracterizar el estado de la población en Laguna Ojo de Liebre durante 2009 a 2012.

4.2 Particulares

- Estimar el CPUE de muestreos diurnos y nocturnos.
- Determinar las diferencias en la captura con distintos artes de pesca.
- Ajustar un modelo general lineal y sus aplicaciones para estimar la tasa de captura estandarizada de tortuga prieta.
- Identificar los parámetros ambientales que causen la variación en la captura de tortuga prieta.
- Determinar la distribución y estructura poblacional de tortuga prieta.
- Conocer la fidelidad al sitio a través de datos de marcaje-recaptura.
- Estimar la tasa de crecimiento anual de tortuga prieta.

5. Materiales y métodos

5.1 Área de estudio

La laguna Ojo de Liebre forma parte del complejo lagunar que incluye a las Lagunas de Guerrero Negro y Manuela ubicado en la porción media occidental de la Península de Baja California. En 1972 fue decretada como Zona de Refugio para Ballenas y en el año 2000 se llevó a cabo su recategorización y fue nombrada Reserva de la Biosfera (D.O.F., 2000). Es una laguna costera localizada entre los 27°59' y 27°54' N y los 113°55' y 114°31' W, la cual comprende una superficie de 36 mil ha, con una longitud de 40 km y un ancho promedio de 6 km (Figura 1).

En general la laguna es somera pero presenta una serie de canales interconectados con profundidades mayores a 20 m cerca de la boca; en su interior se encuentran 5 islas (Gutiérrez de Velasco, 2000; Bermúdez-Almada, 2003). Se encuentra ubicada sobre una base sedimentaria, de arena fina y media en los canales y arcilla y aluvión en la parte interna (Contreras-Espinoza, 1985). Se localizan barreras arenosas de batimetría variable, modificada por procesos costeros (corrientes de marea) (De la Cruz-Agüero *et al.*, 1996). La laguna se conecta con conectada a la Bahía Sebastián Vizcaíno la cual la mantiene aislada de procesos costeros oceánicos importantes como las surgencias; la hidrodinámica está regida por los cambios del nivel de marea, los cuales varían entre 1 y 1.5 m. A causa de la batimetría irregular, existe desfase de las mareas de hasta 3 horas entre la boca y la parte final de la laguna (Álvarez y Granados, 1992).

La vegetación marina predominante es *Zostera marina* la cual forma grandes praderas con una amplia extensión, principalmente submareal (Cabello-Passini *et al.*, 2003). En dichas praderas también es posible encontrar *Ruppia marítima* las cuales se encuentran asociadas con una gran variedad de macroalgas, principalmente *Ulva lactuca* y *Enteromorpha spp.* La laguna se encuentra bordeada por vegetación costera muy variada junto con las fanerógamas marinas. La zona intermareal incluye plantas propias de marismas de clima cálido (*Spartina foliosa*) y en las zonas sub y supramareal, otras plantas halófitas como *Batis marítima*, *Limonium californicum*, *Salicornia pacifica* y *Suaeda maquinii* (Aguila-Ramírez, 1998; Bermudez-Almada, 2003).

El clima predominante es del tipo seco semiárido con temperatura media anual entre los 18 y 22° C, con régimen de lluvia intermedio, el porcentaje de lluvia invernal es menor a 36% y la oscilación térmica es extremosa (Salinas-Zavala *et al.*, 1991). Se considera una laguna hiperhalina, porque no recibe aporte alguno de agua dulce y además se presenta un alto grado de evaporación por efecto del viento y la insolación. La temperatura y salinidad promedio máximas se registran durante el verano (25.5° C y de 32 a 41 ppm, respectivamente). Las variaciones en estos parámetros están influenciadas por el efecto de las mareas, presentándose valores más altos en la parte interna durante la marea baja (Acevedo-Cervantes, 1997; Bermúdez-Almada, 2003).

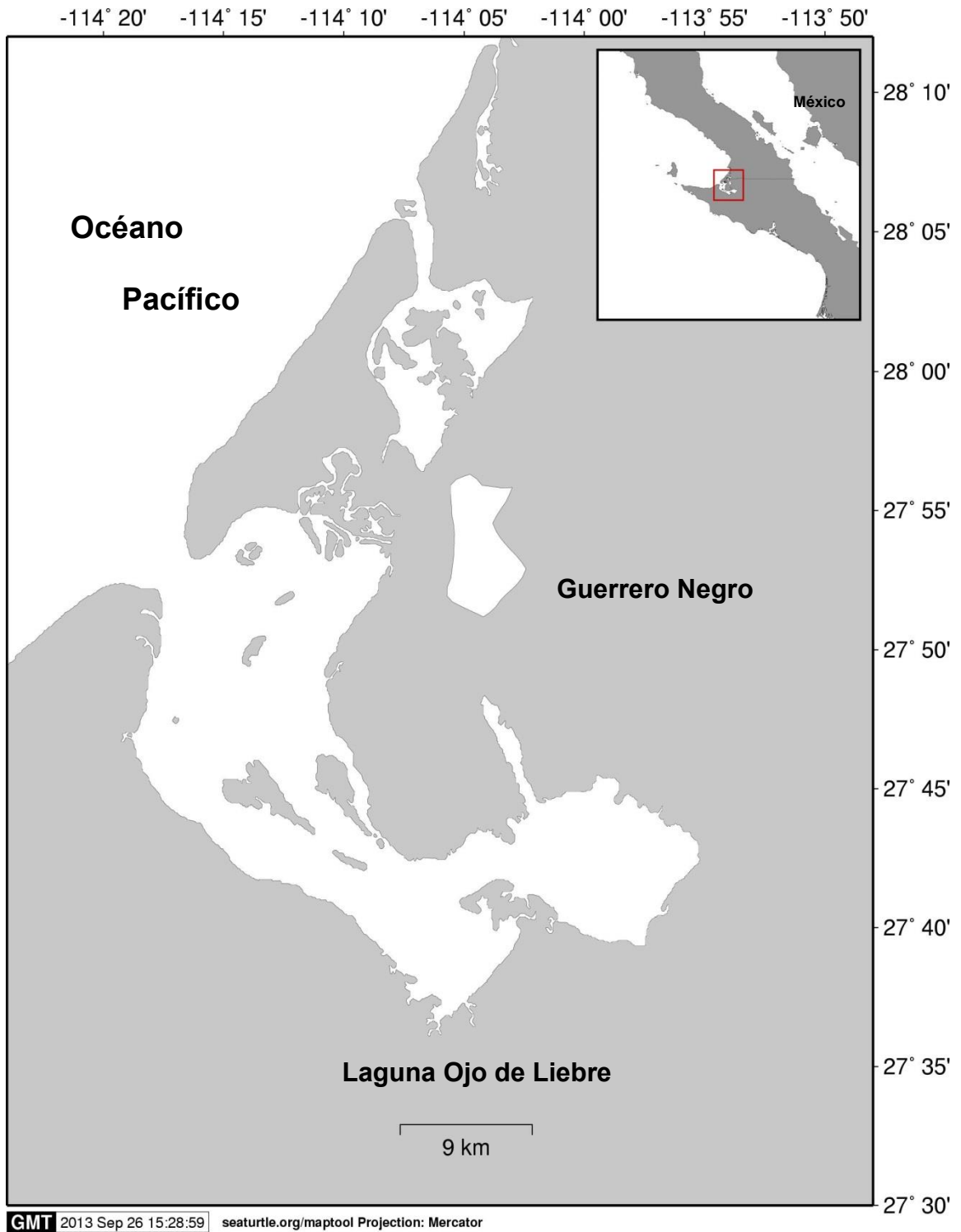


Figura 1. Ubicación geográfica de la Laguna Ojo de Liebre, Baja California Sur (Maptool, 2002).

5.2 Trabajo de campo

Los datos presentados en este trabajo son el resultado del monitoreo de tortuga prieta llevado a cabo por personal de la Reserva que pertenece a la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP) y con la colaboración de Exportadora de Sal S.A. como parte de su programa “Conocimiento y vigilancia de la biodiversidad”. La base de datos abarca un periodo de 4 años: 2009 a 2012. Cada mes se realizó un muestreo durante la marea muerta con duración de 12 horas (2009 hasta agosto de 2011) y de 10 horas (a partir de octubre de 2011 hasta la fecha).

5.2.1 Captura de tortugas

- Red de enmalle

La captura se realizó con redes de pesca de nylon tendidas en el agua con las siguientes dimensiones: 100 m de longitud, 7 m de ancho y 76.20 cm de luz de malla; las redes tienen un menor número de plomos en la relinga inferior con el propósito de que los individuos que sean capturados puedan subir a la superficie a respirar.

- Red castillo

La red castillo es una modificación de la red de enmalle y tiene una longitud de 100 m, a la cual se le agrega una relinga de plomos individual a lo largo de toda la red y se divide en secciones de 8 metros, denominadas cortinas. Cada cortina tiene una relinga individual y por medio de tirantes de piola de filamento de 2 mm la cortina sube para que las tortugas puedan respirar si han quedado enmalladas cerca del fondo. Esta modificación en la red tiene como objetivo disminuir la probabilidad de ahogamiento debido al efecto de la corriente de marea y provoque que las tortugas se hundan.

La red de enmalle fue utilizada en todos los muestreos de los 4 años y la red castillo en los monitoreos masivos y de manera más sistemática a partir de 2012; se ubicaron en los canales principalmente de forma perpendicular al flujo de la marea, cada vez en la misma posición geográfica.

- Revisión de la red

Las redes se monitorearon entre 45 minutos a 2 horas en búsqueda de tortugas enmalladas, la idea de revisar las redes con ese periodo de tiempo fue para evitar que las tortugas se ahoguen por mantenerse en anoxia durante un lapso de tiempo muy largo. Los individuos capturados fueron removidos de la red y colocados dentro de la embarcación, retirándose a un lugar apartado de donde estaba trabajando la red para el procesamiento de los individuos. Finalmente fueron liberadas al término del muestreo para evitar la recaptura inmediata.

- Encierre

El encierre comenzó a utilizarse durante el año 2012 y es un complemento del muestreo con redes fijas, únicamente dura 6 horas y se realiza de la siguiente manera: mediante una embarcación con motor fuera de borda, la red de nylon de 200 m de longitud se acomoda sobre una tabla apoyada en las bancas dentro de la embarcación y en la proa se coloca una persona que se le denomina *probero* u *ojo de pescado* quien es el encargado de observar en dónde saldrán tortugas a respirar. Una vez que se localiza la tortuga indica al motorista hacia qué lado debe girar y en ese momento suelta la punta de la red hasta cerrarla por completo y la tortuga(s) queda dentro de círculo. En seguida, se recoge la red para sacar la tortuga atrapada. La visibilidad es un factor importante para llevarlo a cabo, la mayoría de los sitios fueron poco profundos (hondables) no mayores a 5 m de profundidad (López-Paz com. pers.).

5.2.2 Medidas morfométricas y marcaje

Se registró un conjunto de medidas morfométricas estándar para cada individuo: largo y ancho recto del caparazón (LRC y ARC, respectivamente), longitud del plastrón (LP) y profundidad del cuerpo (PC) las cuales se obtuvieron con un calibrador vernier metálico (± 0.1 cm). El largo y ancho curvo del caparazón (LCC y ACC, respectivamente) y la longitud total de la cola (LTC) fueron obtenidas con cinta métrica flexible (± 0.1 cm, respectivamente) (Figura 2). El peso se obtuvo con una balanza de resorte de 100 kg de capacidad (± 1 kg).

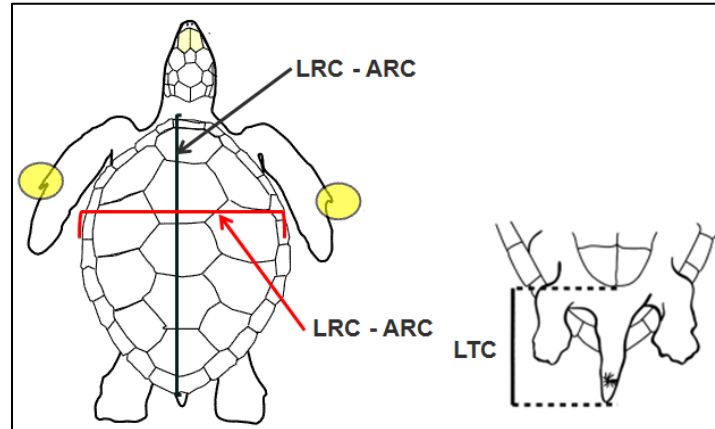


Figura 2. Representación gráfica de las medidas rectas y curvas del caparazón y largo total de cola, tomadas a las tortugas capturadas (Balaz, 2000).

Las tortugas fueron marcadas con marcas metálicas Iconel entre la primera y segunda escama proximal de las dos aletas posteriores, previa desinfección del área a marcar (Balazs, 2000; Bolten, 2000) (Figura 3). A cada tortuga se le asignó una clave de identificación compuesta por el lugar de captura, fecha (día-mes-año) y el número de captura para esa misma fecha (ej. LOL-12-05-11-378) o un nombre.



Figura 3. Marca metálica Iconel y su aplicación en la segunda o tercera escama de las aletas posteriores. Recuperado de: <http://www.georgiaseaturtlecenter.org/research-programs/field-ecology/beach-monitoring/>

5.3 Análisis de los datos

5.3.1 Estimación de la captura diurna y nocturna

La base de datos fue depurada con el propósito de separar los muestreos y determinar las capturas diurnas si éstas ocurrieron entre 07:00 y 19:00 horas y nocturnas si sucedieron entre 19:00 y 07:00 horas para cada mes de muestreo de 2009 a 2011. A partir de octubre de 2011 y hasta la fecha, el personal de la reserva implementó un nuevo horario de muestreo de tortuga prieta de 10 horas (07:00 – 17:00 horas), por lo que para esos meses únicamente se cuenta con capturas diurnas y no se utilizaron en la comparación diurna-nocturna de los años anteriores. Se realizó una prueba χ^2 ($\alpha=0.05$) para determinar diferencias entre las capturas diurnas y nocturnas con un valor esperado hipotético de 50% para cada tipo de captura asumiendo que tanto el muestreo diurno como el nocturno tuvieron la misma duración y condiciones de captura (Brooks, 2005).

5.3.2 Estimación de la captura por unidad de esfuerzo (CPUE)

La CPUE en esta tesis representa el éxito de pesca, es un índice de rendimiento pesquero que a menudo es utilizado para determinar tendencias en la abundancia del recurso, es decir un índice de abundancia.

La CPUE es la captura por unidad de esfuerzo sobre un intervalo de tiempo y está definida como:

$$CPUE = \frac{C}{f} \quad (1)$$

Dónde:

C es la captura (no. de tortugas) y f es el esfuerzo pesquero (unidades de esfuerzo) (Jul-Larsen *et al.*, 2003). Una unidad de esfuerzo se consideró como 100 m de red en el agua por un periodo de 12 horas para la red de enmalle y castillo; para el encierre la CPUE se determinó como el número de tortugas capturadas por hora. Se estimó la CPUE promedio y desviación estándar mensual en muestreo diurno y nocturno. Para determinar diferencias entre la CPUE diurna y nocturna se realizó una prueba de

diferencia entre proporciones con el estadístico Z y un nivel de significancia de $\alpha=0.05$ (Zar, 1999).

5.3.3 Modelo General Lineal para la estandarización de la CPUE de tortuga prieta

La captura de tortuga prieta obtenida con redes de enmalle durante 2009 a 2012 fue analizada mediante un modelo general lineal con una función link *log*. Para linealizar la relación entre la CPUE y las variables independientes se realizó la transformación logarítmica de los datos de CPUE, con la intención de que la distribución del error asuma una distribución normal. El modelo quedó formulado de la siguiente manera:

$$\log(CPUE + 1) = \alpha + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 \dots \dots + \beta_k X_k \dots \dots + \varepsilon \quad (2)$$

Dónde:

X_k , son las variables explicativas y sus posibles interacciones.

Con la intención de explicar la variación en la captura de tortugas, se identificaron parámetros temporales, ambientales y pesqueros que pudiesen afectar la disponibilidad y vulnerabilidad de los individuos al arte de pesca (Ferreira *et al.*, 2010). Las variables que se evaluaron en el modelo nulo fueron:

- Captura: número de tortugas enmalladas
- Tiempo de inmersión de la red: varió entre 10 y 12 horas
- Longitud de la red: tamaño en metros de la red (100 o 200 m).
- Mes y año del muestreo
- Tipo de operación de la red: diurno o nocturno
- Fracción de la luna iluminada, porcentaje de la cara de la luna que se encontraba iluminada el día de la captura
- Salinidad: porcentaje de sales (‰)
- Pleamar: nivel más alto del mar durante cada día de muestreo (cm)
- Bajamar: nivel más bajo del mar durante cada día de muestreo (cm)
- Turbidez: disminución de la transparencia de la columna de agua debido a la presencia de partículas en suspensión (UTN)

- ONI (Oceanic Niño Index): episodios cálidos o fríos basados en el umbral de $\pm 0.5^\circ \text{C}$ para cada mes de muestreo
- pH: concentraciones de iones hidrógeno (unidades estándar).

Los datos de las variables fueron obtenidos de los muestreos que lleva a cabo la empresa Exportadora de Sal en LOL. Los cambios en el ciclo de marea (pleamar y bajamar) se adquirieron de la estación meteorológica de CICESE (Guerrero Negro); el porcentaje de luna iluminada y el Oceanic Niño Index se obtuvieron de U.S. Naval Observatory y Climate Prediction Center de la NOAA, respectivamente.

Una característica importante de los MGL es la capacidad para incorporar interacciones entre los factores o variables, por lo cual se realizó un análisis de correlación de Pearson ($r > 0.50$, $p = 0.05$) para determinar las posibles interacciones entre las variables que se encontraban altamente correlacionadas y pudiesen entrar al modelo.

El ajuste del modelo general lineal se realizó con el procedimiento por pasos y consistió en ajustar un modelo inicial o nulo con todas las variables e interacciones posibles; en seguida, se eliminaron las variables e interacciones que resultaron poco significativas ($\alpha > 0.05$) y que presentaron el valor del estadístico F menor al de su probabilidad. Se seleccionaron aquellas variables altamente significativas ($\alpha < 0.05$) (Backward elimination). El modelo fue ajustado utilizando el lenguaje y entorno de programación R (3.0.1).

Se obtuvieron los coeficientes del modelo general lineal para cada variable incluida en la modelación de la CPUE. La selección del modelo final fue con base en el criterio de información de Akaike más bajo (AIC, por sus siglas en inglés); además se determinaron las diferencias de AIC (ΔAIC) para todos los modelos generados con la intención de tener una clasificación de los modelos que pueden ser candidatos con la fórmula propuesta por Buckley y Cunningham, (2002):

$$\Delta AIC = AIC_i - \min AIC$$

Dónde:

AIC_i = valor del AIC para cada uno de los modelos; $\min AIC$ = AIC más pequeño entre todos los modelos candidatos.

Se utilizó como referencia la siguiente regla para determinar los modelos que deben ser tomados en consideración (Burnham y Anderson, 2003):

- $\Delta AIC \leq 2$, sustancial consideración
- $4 \leq \Delta AIC \leq 7$, poca consideración
- $\Delta \geq 10$, no tienen consideración

Para validar el modelo se realizaron pruebas de diagnóstico que incluyó el análisis de los errores (residuales), los cuales debían cumplir con los supuestos de: media cero, normalidad, homogeneidad de varianzas, linealidad, independencia y ausencia de puntos extremos (Anexo 2). Las pruebas se realizaron en el programa Statistica 7.0, con un $\alpha=0.05$.

5.3.4 Distribución de tallas y sexos

Para definir las clases de talla, el LRC se clasificó en intervalos de 5 cm y se tomó como referencia el tamaño promedio de anidación (MNS, por sus siglas en inglés) (LRC=77.3 cm) para las hembras anidadoras de Colola, Michoacán (Seminoff *et al.*, 2003). Los individuos con LRC menor al MNS fueron considerados juveniles y aquellos que presentaban el LRC mayor al MNS se asumieron que eran adultos.

El sexo se determinó con base en el tamaño de la cola que es la característica sexual secundaria que permite definir entre machos y hembras, sin embargo, únicamente fue determinada para los adultos. Los machos fueron aquellos que presentaron LTC ≥ 25 cm y las hembras quienes mostraron LTC < 25 cm (Santacruz-López, 2012). La proporción de sexos fue determinada a partir de una proporción esperada de 1:1 (hembra:macho), se dividió el número mayor entre el menor para obtener la proporción en adultos.

Se utilizaron pruebas estadísticas no paramétricas para comparar el LRC entre sexos, ya que la variable no cumplió con el supuesto de normalidad de estadística paramétrica; entre capturas diurnas y nocturnas se aplicó U de Mann-Whitney y la prueba de Kruskal-Wallis para determinar diferencias entre meses; si existían diferencias significativas se aplicó la prueba de comparaciones múltiples por rangos para determinar quién era diferente; con un nivel de significancia $\alpha=0.05$ (Zar, 1999).

5.3.5 Índice de Condición Corporal (ICC)

El índice de condición corporal (ICC) estima de manera indirecta la disponibilidad de alimentos y el estado de salud de la tortuga prieta en los sitios de alimentación. El ICC se calculó mediante la fórmula propuesta por Bjorndal *et al.* (2000) para la tortuga verde:

$$ICC = \frac{P}{LRC^3} * 10000 \quad (3)$$

Dónde:

P = peso (kg); LRC = Largo Recto Caparazón (cm)

Se determinó solo para los individuos con primera captura en muestreos diurnos y nocturnos y evitar el sesgo de captura múltiple (media y desviación estándar), así como en juveniles y adultos y por temporada (verano e invierno). Se llevaron a cabo comparaciones estadísticas no paramétricas de U de Mann-Whitney para probar diferencias en tipo de capturas, edad y temporada ($\alpha=0.05$).

5.3.6 Fidelidad al sitio: recapturas y tasa de crecimiento

Para determinar la historia de captura de tortugas que se recapturaron durante el periodo de 2009 a 2012, se obtuvieron los registros de la primera captura de la base de datos de años anteriores de la Reserva, así como de otros sitios de alimentación de la península. Con ello se estimó el intervalo (media \pm desviación estándar) entre captura y recaptura reportado en número de días para cada individuo recapturado. Además se determinó el porcentaje de individuos marcados y recapturados en LOL para cada sexo y edad. Para demostrar si había diferencias en la tasa de recaptura se llevó a cabo un ANOVA de una vía con un nivel de significancia de $\alpha=0.05$.

Para estimar la tasa de crecimiento anual (TCA) individual, se tomó en cuenta el incremento del LRC (cm/día) de aquellos individuos recapturados con un intervalo de tiempo mayor a 11 meses (Koch *et al.*, 2007; Mariscal-Loza, 2008), mediante la siguiente fórmula:

$$TCA = \frac{LRC_R - LRC_C}{Intervalo\ recaptura} * 365 \quad (4)$$

Dónde:

LRC_R = Largo Recto Caparazón recaptura (cm); LRC_C = Largo Recto Caparazón captura (cm); *Intervalo de recaptura*= número de días entre captura y recaptura.

Para determinar diferencias en la TCA entre años se realizó una prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis ($\alpha=0.05$) debido a que la variable dependiente no cumplió con el supuesto de normalidad (Zar, 1999).

6. Resultados

6.1 Éxito de captura de tortuga prieta

Durante el periodo de monitoreo de 2009 a 2012, un total de 404 tortugas prietas (*Chelonia mydas*) fueron capturadas y se cubrieron alrededor de 488 horas-red para los 4 años; una hora-red fue definida como cada hora que 100 m de red se mantuvo en el agua capturando. Los muestreos diurnos y nocturnos se llevaron a cabo de manera consistente durante los años 2009, 2010 y 2011 y fueron los que se utilizaron para comparar las capturas diurnas y nocturnas, así como la CPUE (Tabla 1).

Tabla 1. Esfuerzo de muestreo y éxito de captura de tortuga prieta (*Chelonia mydas*) en Laguna Ojo de Liebre: 2009- 2012.

Año	Muestreos		Horas-red		Capturas		CPUE	
	Diurno	Nocturno	Diurno	Nocturno	Diurno	Nocturno	Diurno	Nocturno
2009	2	2	24	24	5	12	0.03	0.06
2010	4	2	44	24	79	24	0.26	0.12
2011	10	5	110	60	113	31	0.11	0.06
2012	9	NA	202	NA	140	NA	NA	
Total	25	9	380	108	337	67		

NA: No aplica

2009

En este año, la captura se intentó únicamente durante abril y mayo debido a que aún no se contaba con un plan de monitoreo bien definido. Un muestreo diurno y nocturno en cada mes, respectivamente; con duración de 12 horas-red en cada tipo de muestreo y se cubrieron 48 horas-red en 2009.

Se capturaron 17 tortugas prietas: 5 capturas diurnas (mayo) y 12 nocturnas (6 individuos en abril y 6 en mayo, respectivamente). No existieron diferencias significativas en las capturas entre el día y la noche ($\chi^2_1=2.88$; $p=0.09$) de un esperado de 50% para cada tipo de muestreo (Figura 4).

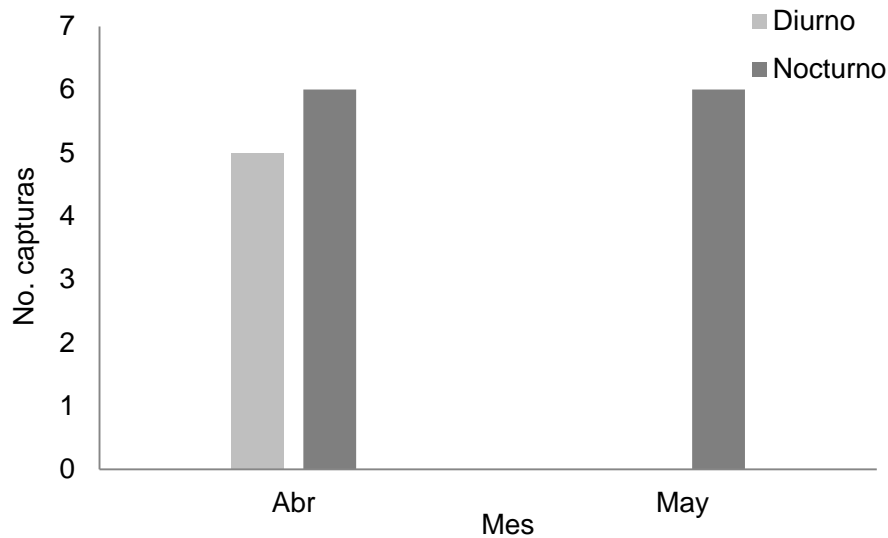


Figura 4. Captura mensual diurna y nocturna de tortuga prieta (*Chelonia mydas*) para el año 2009 en Laguna Ojo de Liebre.

La CPUE varió de 0 a 0.06 tortugas/100 m ($\bar{x}=0.04\pm 0.03$ tortugas/100 m), la CPUE promedio más alta se registró en la noche con 0.06 ± 0 tortugas/100 m siendo mayor a la CPUE del muestreo diurno ($\bar{x}=0.03\pm 0.04$ tortugas/100 m) y no se encontraron diferencias estadísticas entre la CPUE diurna y nocturna ($Z=-1.64$; $p=0.081$) (Figura 5).

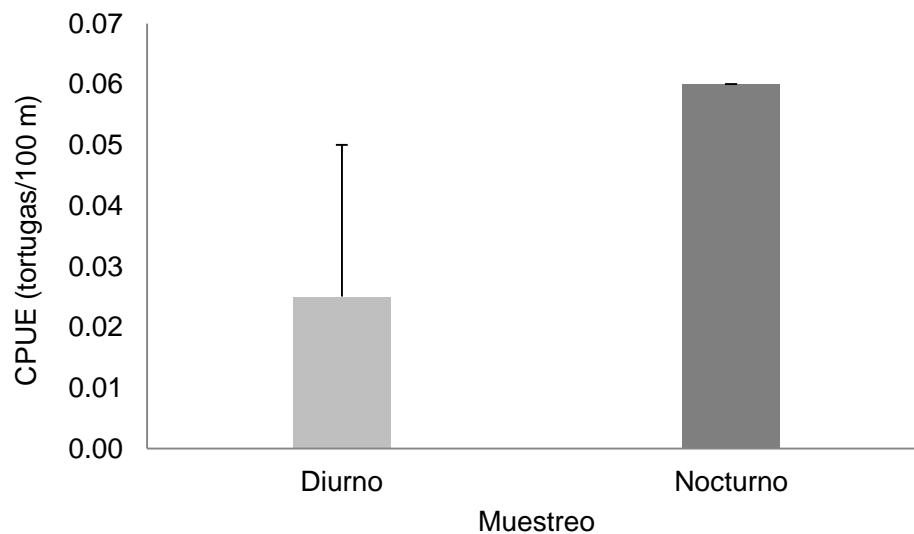


Figura 5. Captura por Unidad de Esfuerzo diurna y nocturna de tortuga prieta (*Chelonia mydas*) para el año 2009 en Laguna Ojo de Liebre: 2009. Las barras son el error estándar.

2010

Durante este año el esfuerzo de muestreo aumentó y comenzaron a realizarse monitoreos masivos que consisten en capturar y marcar el mayor número de tortugas durante 2 días consecutivos con redes de enmalle y fue la Laguna Ojo de Liebre el primer sitio de la red de zonas de alimentación formada por el Grupo Tortuguero de las Californias donde se llevó a cabo.

Los muestreos se realizaron de julio a septiembre (masivos) y se cumplieron 68 horas-red en 4 muestreos diurnos (44 horas-red) y 2 nocturnos (24 horas-red) con la captura de 103 tortugas. La mayor captura se realizó en los muestreos diurnos de septiembre con 79 tortugas, por el contrario durante la noche únicamente fueron capturados 24 individuos con el mayor número de tortugas en agosto. Se encontraron diferencias estadísticas altamente significativas con respecto al esperado de 50% de capturas diurnas y 50% nocturnas ($\chi^2_1=29.36$; $p<0.001$) (Figura 6).

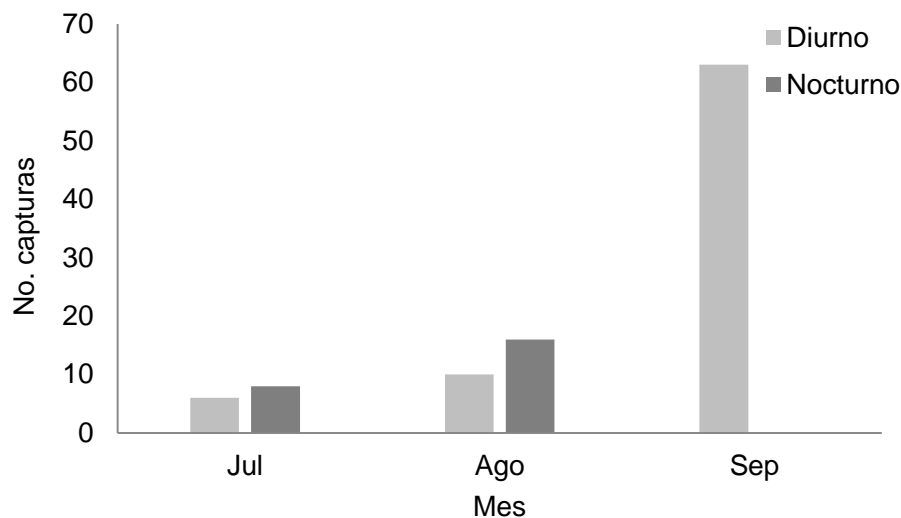


Figura 6. Captura mensual diurna y nocturna de tortuga prieta (*Chelonia mydas*) para el año 2010 en Laguna Ojo de Liebre.

Los valores de la CPUE oscilaron de 0 a 0.53 tortugas/100 m ($\bar{x}=0.21\pm 0.20$ tortugas/100 m), la CPUE promedio más alta se obtuvo en los muestreos diurnos para este año ($\bar{x}=0.23\pm 0.26$ tortugas/100 m) y la más baja en los muestreos nocturnos ($\bar{x}=0.12\pm 0.05$ tortugas/100 m). El análisis estadístico demostró diferencias altamente significativas ($Z=1.98$; $p<0.001$) (Figura 7).

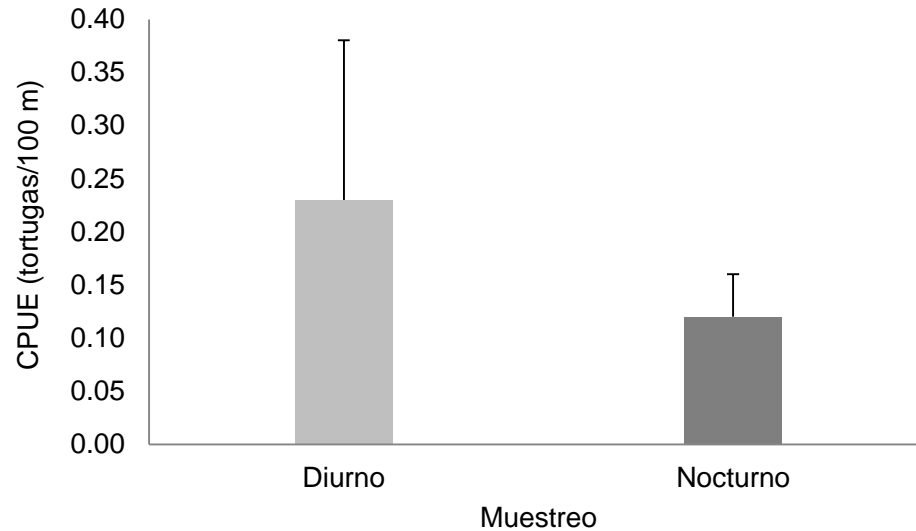


Figura 7. Captura por Unidad de Esfuerzo diurna y nocturna de tortuga prieta (*Chelonia mydas*) para el año 2010 en Laguna Ojo de Liebre. Las barras indican el error estándar.

2011

En este año aumentan los meses de muestreo a partir de abril a diciembre con 170 horas-red cubiertas en 10 muestreos diurnos (110 horas-red) y 5 nocturnos (60 horas-red) que permitieron la captura de 144 tortugas prietas. 113 capturas sucedieron durante los muestreos diurnos con la captura más alta en septiembre (74 tortugas) y ninguna captura en los meses de abril y diciembre.

En los muestreos nocturnos se capturaron 31 individuos, con la mayor captura durante el mes de agosto (16 individuos) y 0 capturas en los muestreos de abril y diciembre. Se encontraron diferencias estadísticas altamente significativas en las capturas obtenidas en el día y la noche ($\chi^2_1=46.68$; $p<0.001$) (Figura 8).

La CPUE en este año varió de 0 a 0.62 tortugas/100 m ($\bar{x}=0.09\pm$ tortugas/100 m). La CPUE fue mayor durante el día ($\bar{x}=0.11\pm 0.20$ tortugas/100 m) que durante la noche ($\bar{x}=0.06\pm 0.06$ tortugas/100 m). Al existir diferencias en las capturas tanto diurnas como nocturnas, la CPUE reflejó diferencias altamente significativas ($Z=36.2$; $p<0.001$) (Figura 9).

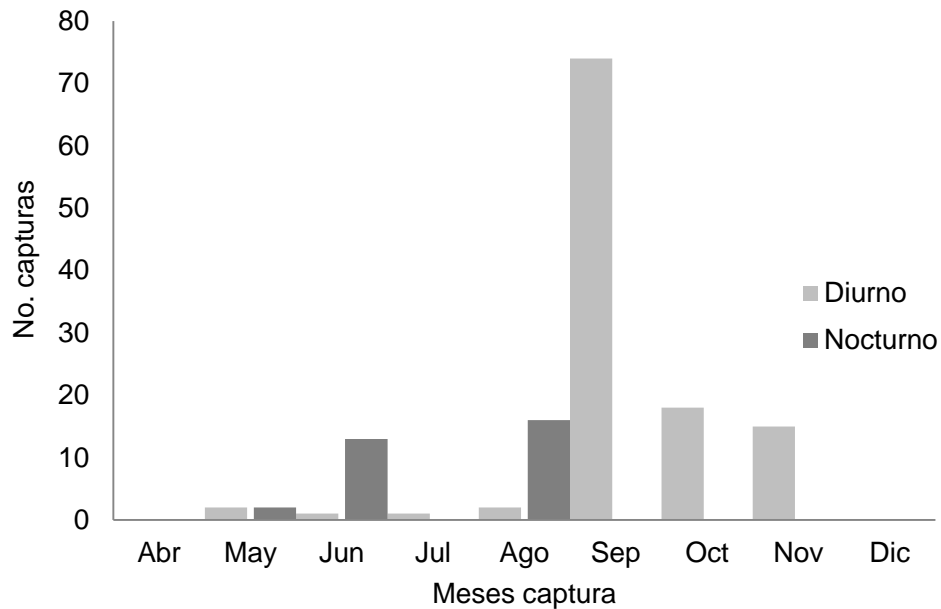


Figura 8. Captura mensual diurna y nocturna de tortuga prieta (*Chelonia mydas*) para el año 2011 en Laguna Ojo de Liebre.

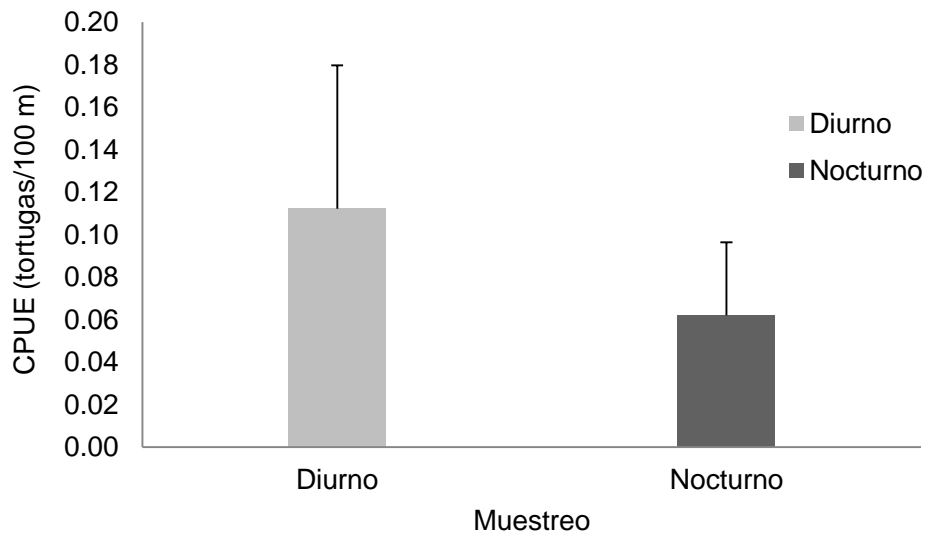


Figura 9. Captura por Unidad de Esfuerzo diurna y nocturna de tortuga prieta (*Chelonia mydas*) para el año 2011 en Laguna Ojo de Liebre. Las barras indican el error estándar.

2012

Durante 2012, los meses de muestreo se mantienen de manera similar que en 2011, de mayo a diciembre, con excepción del mes de octubre. En este año la implementación de los artes de pesca se vuelve más sistematizada utilizando red de enmalle, red castillo y encierre o lanceo durante cada muestreo mensual.

Se efectuaron 8 muestreos de carácter diurno con 160 horas-red (enmalle y castillo) y se obtuvo la captura de 140 tortugas prietas. Con red de enmalle se capturaron 77 individuos y hubo una mayor captura en septiembre (34 tortugas), la red castillo capturó 30 tortugas y se capturaron más tortugas con este arte en noviembre (8 individuos). La captura con encierre fue por día y se realizaron 9 días de esfuerzo (54 horas) que permitió capturar a 33 individuos, valor ligeramente más alto que con red castillo; este arte fue más eficiente en julio (14 tortugas) y menos en junio y diciembre (0 capturas) (Figura 10).

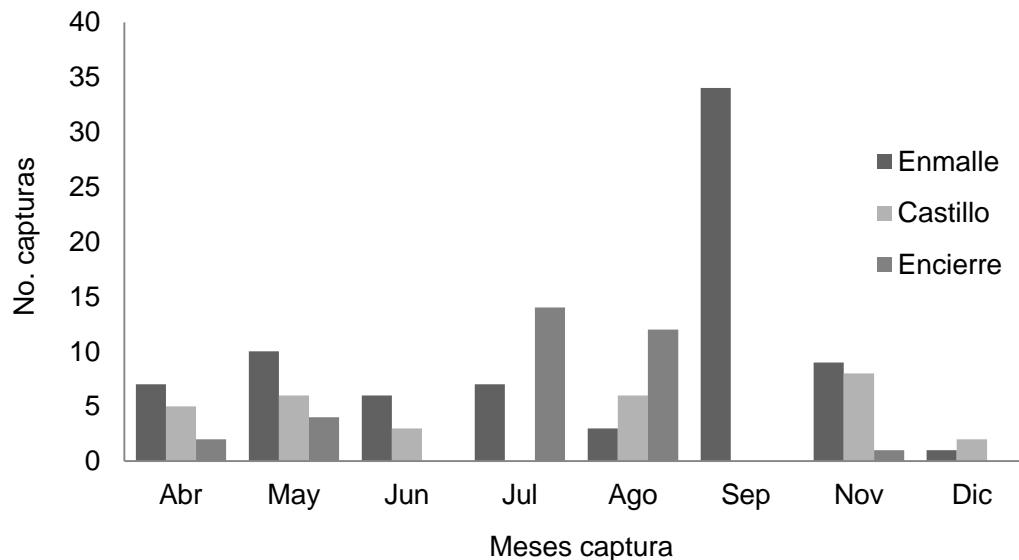


Figura 10. Captura mensual diurna de tortuga prieta (*Chelonia mydas*) con red de enmalle, red castillo y encierre para el año 2012 en Laguna Ojo de Liebre.

La obtención de la CPUE es la misma para la red de enmalle y castillo ya que esta última también mide 100 m de longitud y tiene el mismo principio de captura, sólo que la red castillo está dividida en secciones o cortinas con una relinga individual que permite disminuir el riesgo de ahogamiento para las tortugas capturadas.

La CPUE para la red de enmalle varió de 0.01 (diciembre) a 0.28 tortugas/100 m (septiembre) ($\bar{x}=0.09\pm 0.08$ tortugas/100 m). La CPUE con la red castillo fue de 0 tortugas/100 m durante el mes de julio a 0.08 tortugas/100 m en noviembre ($\bar{x}=0.04\pm 0.03$ tortugas/100 m). La CPUE para el encierre, tuvo un intervalo de 0 (junio y diciembre) a 2 tortugas/hora durante julio ($\bar{x}=0.79\pm 0.98$ tortugas/hora) (Figura 11).

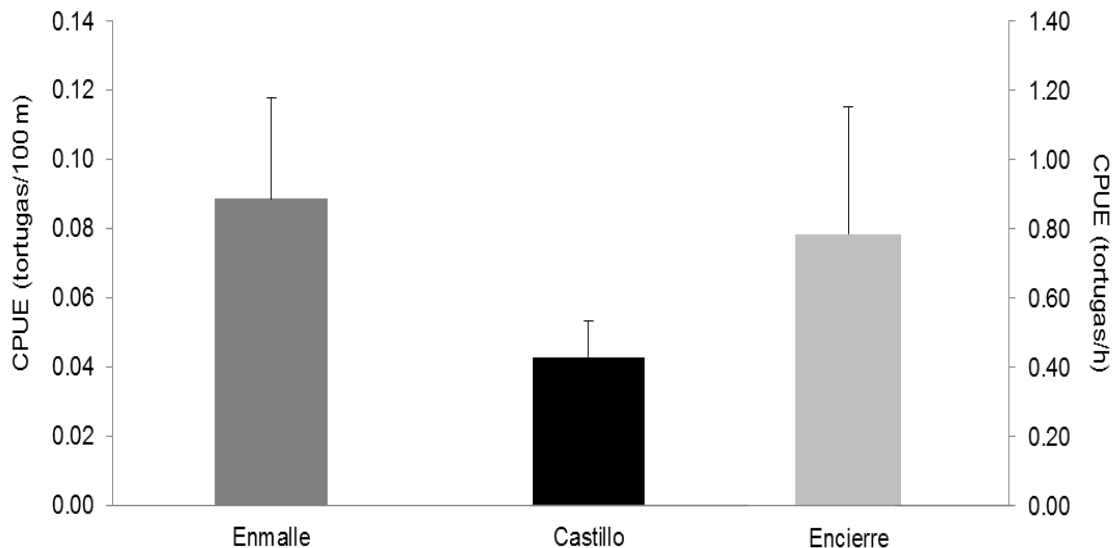


Figura 11. Captura por Unidad de Esfuerzo diaria de tortuga prieta (*Chelonia mydas*) para el año 2012 en Laguna Ojo de Liebre. Las barras indican el error estándar.

Para determinar la eficiencia de los artes de pesca que se han utilizado para captura de tortuga prieta en LOL se compararon las capturas diurnas de los muestreos que se llevaron a cabo de 2009 a 2011 y de las capturas de 2012 también diurnas donde coincidía el arte de pesca. En promedio durante 2009-2011 (enmalle 1) la red de enmalle capturó 11.82 tortugas, por el contrario las capturas de 2012 (enmalle 2) con el mismo arte de pesca fueron en promedio 7.5 individuos; con red castillo 4.29 tortugas y en el encierre ligeramente un poco más que con castillo: 4.71 individuos (Figura 12).

Sin embargo, no se encontraron diferencias estadísticas entre estos artes de pesca ($F_{3,32}=0.64$; $p=0.60$). Por lo tanto, la implementación de los otros artes de pesca no cambia el éxito de captura de tortugas en LOL.

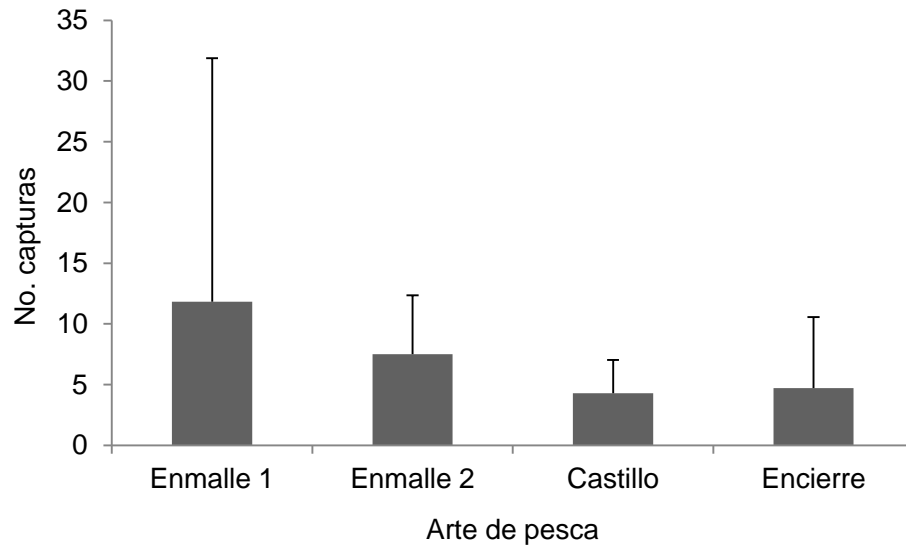


Figura 12. Captura diaria de tortuga prieta (*Chelonia mydas*) con red de enmalle, red castillo y encierre para el periodo comprendido de 2009-2012 en Laguna Ojo de Liebre: 2009-2012. Las barras indican la desviación estándar

6.2 Modelo general lineal para la estandarización de la CPUE de tortuga prieta

La tendencia en la captura de tortuga prieta en LOL fue analizada para 371 tortugas capturadas en 34 muestreos de carácter diurno y nocturno. Al modelo nulo entraron 13 variables predictivas. Sin embargo, se puede observar que no todas fueron significativas estadísticamente sobre las variaciones en la CPUE y el intercepto no fue diferente de cero por lo que fue excluido (Tabla 2).

Las variables *Incaptura* y *año* fueron las más significativas ($p < 0.001$) para predecir la CPUE. En el modelo también son importantes la *longitud de la red* y el *ONI* ($p = 0.001$ y $p = 0.006$, respectivamente) y posiblemente considerar la *pleamar* ($p = 0.06$) (Tabla 2).

De acuerdo a los valores obtenidos en las correlaciones de Pearson ($r > 0.50$), se observó alta correlación entre la longitud de la red y el tiempo de inmersión ($r = 0.90$) y un poco más bajas pero significativas entre la captura y la longitud de la red ($r = 0.62$), pH y bajamar ($r = 0.60$), así como, mes y bajamar ($r = 0.55$) y captura-tiempo inmersión ($r = 0.53$). Por lo que estas 5 correlaciones se tomaron como interacciones: *Incaptura*Inred*, *Incaptura*Intiempo inmersión*, *Intiempo inmersión*Inred*, *mes*bajamar*, *pH*bajamar*, esta última interacción al parecer no tiene sentido biológico (Tabla 3).

Tabla 2. Importancia de los términos en el modelo inicial o nulo de la CPUE de tortuga prieta en Laguna Ojo de Liebre.

Variable	β	Error estándar	Valor <i>t</i>	<i>P</i>
Intercepto	-	-	-	-
<i>ln</i> captura	0.05	0.006	7.66	<0.001**
<i>ln</i> red	0.32	0.10	3.57	0.001**
<i>ln</i> tiempo inmersión	-0.02	0.11	-0.23	0.82
Año	0.001	0.0001	-6.92	<0.001**
Mes	0.001	0.003	0.24	0.81
Muestreo	0.01	0.01	0.94	0.36
Luna iluminada	0.0002	0.0003	0.84	0.41
Pleamar	-0.04	0.02	-1.91	0.06*
Salinidad	0.005	0.004	1.33	0.20
pH	0.03	0.02	1.51	0.14
Turbidez	0.0008	0.001	0.77	0.45
Bajamar	-0.009	0.02	-0.40	0.70
ONI	-0.04	0.01	-3.00	0.006**

*variables significativas ($p < 0.10$); ** variables significativas ($p < 0.05$)

Tabla 3. Análisis de correlación de Pearson entre variables utilizadas en el modelo de CPUE de tortuga prieta.

	<i>lnC</i>	<i>lnR</i>	<i>lnT</i>	A	M	Mue	%LI	P	B	T	S	pH	ONI
<i>lnC</i>	1.00												
<i>lnR</i>	0.62	1.00											
<i>lnT</i>	0.53	0.90	1.00										
A	-0.05	-0.02	-0.35	1.00									
M	0.12	0.20	0.01	0.29	1.00								
Mue	0.16	-0.06	-0.30	0.48	0.20	1.00							
%LI	-0.14	-0.05	-0.02	0.20	-0.17	-0.05	1.00						
P	0.04	0.21	0.21	-0.04	0.14	0.12	0.01	1.00					
B	0.13	0.10	-0.02	0.02	0.55	0.16	-0.29	-0.02	1.00				
T	-0.02	-0.09	-0.25	0.35	-0.29	0.20	0.02	0.13	-0.31	1.00			
S	-0.01	0.18	0.42	-0.28	-0.12	-0.29	0.25	0.24	-0.24	-0.28	1.00		
pH	-0.14	0.03	-0.04	-0.09	0.41	0.14	-0.18	0.03	0.60	-0.46	-0.10	1.00	
ONI	-0.28	-0.13	-0.22	0.39	-0.21	0.26	-0.01	-0.06	0.01	0.17	-0.31	0.39	1.00

Abreviaturas: *lnC*=captura; *lnR*=longitud red; *lnT*=tiempo inmersión; A=año; M=mes; Mue=muestreo; %LI=porcentaje luna iluminada; P=pleamar; B=bajamar; T=turbidez; S=salinidad; ONI= Oceanic Niño Index

Se introdujeron al modelo las interacciones entre las distintas variables con la intención de observar si éstas también explican la variación en la CPUE, así como para que, aquellas variables que no resultaron significativas entraran al modelo en forma de interacción. De este nuevo modelo, la variable *Incaptura* resultó nuevamente altamente significativa ($p < 0.001$), así como la interacción entre la captura y la *longitud de la red* ($p = 0.001$). Otras variables que fueron importantes son el *muestreo* ($p = 0.04$) y posiblemente la *pleamar* ($p = 0.07$) (Tabla 4).

Tabla 4. Importancia de las variables e interacciones en el modelo de CPUE de tortuga prieta.

Variable	β	Error estándar	Valor <i>t</i>	<i>p</i>
Intercepto	-	-	-	-
<i>Incaptura</i>	-1.49	2.58×10^{-1}	-5.78	$< 0.001^{**}$
<i>Inred</i>	-2.59	5.33	-0.49	0.63
<i>Intiempo inmersión</i>	-2.19	7.62	-0.29	0.78
Año	-5.45×10^{-3}	1.20×10^{-2}	0.46	0.65
Mes	1.05×10^{-4}	3.20×10^{-3}	0.03	0.98
Muestreo	2.20×10^{-2}	9.99×10^{-3}	2.20	0.04^{**}
Luna iluminada	-4.05×10^{-5}	2.77×10^{-4}	-0.15	0.89
Pleamar	-2.17×10^{-2}	1.16×10^{-2}	-1.88	0.07^*
Salinidad	2.93×10^{-3}	3.26×10^{-3}	0.90	0.38
pH	6.58×10^{-2}	3.98×10^{-2}	1.65	0.12
Turbidez	6.19×10^{-4}	6.46×10^{-4}	0.96	0.35
Bajamar	6.07×10^{-1}	5.60×10^{-1}	1.08	0.29
ONI	-3.49×10^{-2}	2.04×10^{-2}	-1.71	0.10^*
<i>Incaptura*Inred</i>	3.64×10^{-1}	7.48×10^{-2}	4.70	0.001^{**}
<i>Incaptura*Intiempo</i>	5.82×10^{-2}	6.37×10^{-2}	-0.90	0.39
<i>Intiempo*Inred</i>	5.02×10^{-1}	1.69	0.30	0.77
mes*bajamar	1.34×10^{-3}	6.39×10^{-3}	-0.21	0.84
pH*bajamar	7.25×10^{-2}	6.61×10^{-2}	-1.10	0.27

*variables significativas ($p < 0.001$); ** variables significativas ($p < 0.05$)

La regresión por pasos generó 8 modelos que corresponden a los mejores ajustes obtenidos con base en diferentes combinaciones de variables e interacciones. Es posible que exista la posibilidad de otras combinaciones, sin embargo, no fueron significativas o fueron poco explicativas sobre la captura por unidad de esfuerzo. El AIC

presentó notable cambio entre cada uno de los modelos, en la tabla 5, están ordenados de menor a mayor según el valor de AIC y se observa que la diferencia entre el modelo 1 (mejor ajuste) y el 7 y 8 la diferencia es importante por lo cual no son tomados en consideración, al igual que el número 5 y 6 ya que de acuerdo al criterio planteado anteriormente valores de $4 \leq \Delta AIC \leq 7$ tienen menos soporte y son más complicados de explicar debido al elevado número de parámetros dentro del modelo.

El modelo seleccionado con el mejor ajuste y que presentó el menor AIC (AIC=-196.87) para la CPUE de tortuga prieta en LOL durante 2009 a 2012 fue el siguiente (modelo 1):

$$\log (CPUE+1) = -1.46 \text{ Incaptura} - 1.00 \text{ Inred} - 0.01 \text{ año} - 0.02 \text{ pleamar} + 0.003 \text{ salinidad} \\ + 0.04 \text{ pH} + 0.34 \text{ bajamar} + 0.01 \text{ monitoreo} - 0.02 \text{ ONI} + 0.033 \text{ Incaptura} * \text{Inred} - 0.04 \\ \text{pH} * \text{bajamar} \quad (4)$$

En el modelo se incluyen 9 variables así como 2 interacciones, el modelo total explica cerca del 99% ($R^2=0.99$) de la variabilidad observada en la captura de tortuga prieta en LOL. Aunado a ello, la distribución del error sigue los patrones esperados confirmando las suposiciones del modelo: normalidad, homogeneidad de varianzas, independencia, linealidad, media cero y ausencia de puntos extremos.

Los modelos 2 a 4 aún tienen considerable soporte y pueden ser tomados en consideración, sin embargo, el número de parámetros va aumentando lo que probablemente dificulte su interpretación y el error se haga más grande. El modelo 2 presenta las mismas variables que el 1, pero se incluye a la variable *Intiempo inmersión* y el AIC del modelo fue de -195.33; en el caso del modelo 3 se anexa la interacción *Incaptura * Intiempo inmersión* teniendo en total 10 variables y 3 interacciones. Dentro del modelo 4 se incluyeron 11 variables y 3 interacciones, se anexó la *turbidez* que no estuvo en el modelo 3, en este ajuste el AIC fue de -194.85 (Tabla 5).

Tabla 5. Modelos ajustados y valores de AIC y Δ AIC para la CPUE de tortuga prieta en Laguna Ojo de Liebre: 2009-2012.

No.	Modelo	No. parámetros	AIC	Δ AIC
1	$\log(\text{CPUE}+1)=\text{Incaptura} + \text{Inred} + \text{año} + \text{muestreo} + \text{pleamar} + \text{bajamar} + \text{salinidad} + \text{pH} + \text{ONI} + \text{Incaptura}*\text{Inred} + \text{bajamar}*\text{pH} - 1$	11	-196.87	0.00
2	$\log\text{CPUE}=\text{Incaptura} + \text{Inred} + \text{Intiempo inmersión} + \text{año} + \text{muestreo} + \text{pleamar} + \text{bajamar} + \text{salinidad} + \text{pH} + \text{ONI} + \text{Incaptura}*\text{Inred} + \text{bajamar}*\text{pH} - 1$	12	-195.33	1.54
3	$\log(\text{CPUE}+1)=\text{Incaptura} + \text{Inred} + \text{Intiempo inmersión} + \text{año} + \text{muestreo} + \text{pleamar} + \text{bajamar} + \text{salinidad} + \text{pH} + \text{ONI} + \text{Incaptura}*\text{Inred} + \text{Incaptura}*\text{Intiempo} + \text{bajamar}*\text{pH} - 1$	13	-195.13	1.74
4	$\log(\text{CPUE}+1)=\text{Incaptura} + \text{Inred} + \text{Intiempo} + \text{año} + \text{muestreo} + \text{pleamar} + \text{bajamar} + \text{turbidez} + \text{salinidad} + \text{pH} + \text{ONI} + \text{Incaptura}*\text{Inred} + \text{Incaptura}*\text{Intiempo inmersión} + \text{bajamar}*\text{pH} - 1$	14	-194.85	2.02
5	$\log(\text{CPUE}+1)=\text{Incaptura} + \text{Inred} + \text{Intiempo inmersión} + \text{año} + \text{muestreo} + \text{pleamar} + \text{bajamar} + \text{turbidez} + \text{salinidad} + \text{pH} + \text{ONI} + \text{Incaptura}*\text{Inred} + \text{Incaptura}*\text{Intiempo inmersión} + \text{Inred}*\text{Intiempo inmersión} + \text{bajamar}*\text{pH} - 1$	15	-192.99	3.88
6	$\log(\text{CPUE}+1)=\text{Incaptura} + \text{Inred} + \text{Intiempo inmersión} + \text{año} + \text{mes} + \text{muestreo} + \text{pleamar} + \text{bajamar} + \text{turbidez} + \text{salinidad} + \text{pH} + \text{ONI} + \text{Incaptura}*\text{Inred} + \text{Incaptura}*\text{Intiempo inmersión} + \text{Inred}*\text{Intiempo} + \text{bajamar}*\text{pH} - 1$	16	-191	5.87
7	$\log(\text{CPUE}+1)=\text{Incaptura} + \text{Inred} + \text{Intiempo inmersión} + \text{año} + \text{mes} + \text{muestreo} + \text{pleamar} + \text{bajamar} + \text{turbidez} + \text{salinidad} + \text{pH} + \text{ONI} + \text{Incaptura}*\text{Inred} + \text{Incaptura}:\text{Intiempo} + \text{Inred}*\text{Intiempo} + \text{mes}*\text{bajamar} + \text{bajamar}*\text{pH} - 1$	17	-189.06	7.81
8	$\log(\text{CPUE}+1)=0+\text{Incaptura}+\text{Inred}+\text{Intiempo}+\text{año}+\text{mes}+\text{muestreo}+\text{luna.iluminada}+\text{pleamar} + \text{bajamar} + \text{turbidez} + \text{salinidad} + \text{pH} + \text{ONI} + \text{Incaptura}*\text{Inred} + \text{Incaptura}*\text{Intiempo} + \text{Inred}*\text{Intiempo} + \text{mes}*\text{bajamar} + \text{bajamar}*\text{pH}$	18	-187.1	9.77

La CPUE observada y ajustada se muestra en la figura 13, se observa una tendencia a aumentar en 2009 y 2010 y posteriormente a disminuir drásticamente durante 2011 y 2012, tanto para la serie observada como ajustada. Los valores de CPUE variaron marcadamente entre años como es el caso de 2010 de 0.19 tortugas/100 m a 0.07 tortugas/100 m en 2012. Sin embargo, esas diferencias no son debidas a la abundancia de tortugas sino más bien al esfuerzo de pesca empleado, ya que durante 2012 disminuyó el tiempo de muestreo a 10 horas y aunado a ello, durante este año el número de capturas en monitoreo masivo fue la mitad al obtenido en el año 2010 (Tabla 1).

El ajuste del MGL parece ser relativamente bueno, si se toma en consideración que no existe ajuste perfecto y que hay un pequeño desfase debido al error, sin embargo, este último, fue significativamente pequeño (error estándar del ajuste=0.01). Además, el coeficiente de correlación de reproducibilidad de Lin (1989) presentó un valor de $\hat{\rho}=0.92$ lo cual demuestra que existe gran concordancia entre los valores observados y ajustados de CPUE.

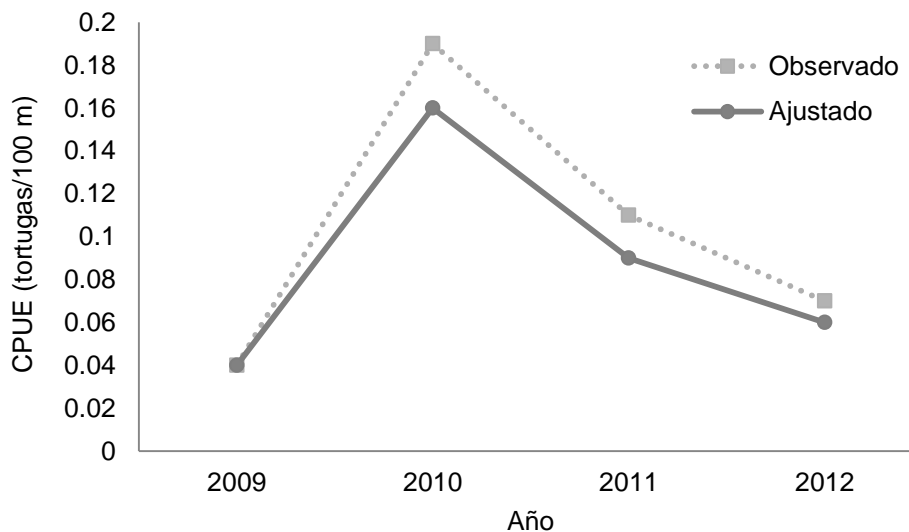


Figura 13. CPUE observada y estandarizada de tortuga prieta (*Chelonia mydas*) para el periodo de 2009 a 2012 en Laguna Ojo de Liebre.

6.3 Estructura de tallas y sexos

La distribución de tallas se encuentra fuertemente sesgada hacia individuos pequeños, con largo recto de caparazón menor a 77.3 cm, que es la talla promedio de anidación de la hembras de Michoacán y a la cual son consideradas adultos.

Los individuos juveniles representaron el 85.40% (345 individuos) de las capturas y 34 tortugas fueron consideradas adultas (14.11%). La proporción sexual de adultos (34 individuos) de tortuga prieta en LOL parece estar sesgada hacia las hembras, en donde 25 hembras adultas y 9 machos fueron capturados, por lo que la proporción de sexos sería de casi 3:1 (hembra:macho) (Tabla 6).

Tabla 6. Estructura poblacional de tortuga prieta (*Chelonia mydas*) en Laguna Ojo de Liebre: 2009-2012.

Año	Intervalo LRC (cm)	Juveniles		Hembras adultas		Machos adultos	
		D	N	D	N	D	N
2009	50.40 - 83	4	11	1	1	0	0
2010	46.70 – 96.50	70	21	7	2	2	1
2011	41.80 – 100.60	101	23	8	4	6	2
2012	37.20 – 99.80	115	NA	13	NA	10	NA
Total	$\bar{x}=64.91$	290	55	29	7	18	3

NA: No Aplica

2009

Durante este año, el LRC de las tortugas capturadas presentó un intervalo de 50.40 a 83 cm ($n= 17$, $\bar{x}=69.72\pm 8.01$ cm), los individuos de mayor tamaño fueron capturados en los muestreos diurnos ($\bar{x}=69.72\pm 8.15$ cm) y de menor talla en los nocturnos ($\bar{x}=67.14\pm 8.19$ cm), estadísticamente no se encontraron diferencias significativas ($U=29$; $p=0.91$); entre meses de muestreo el LRC se comportó de manera muy similar ya que no hubo diferencias significativas ($H_1=1.26$; $p=0.27$) (Figura 14).

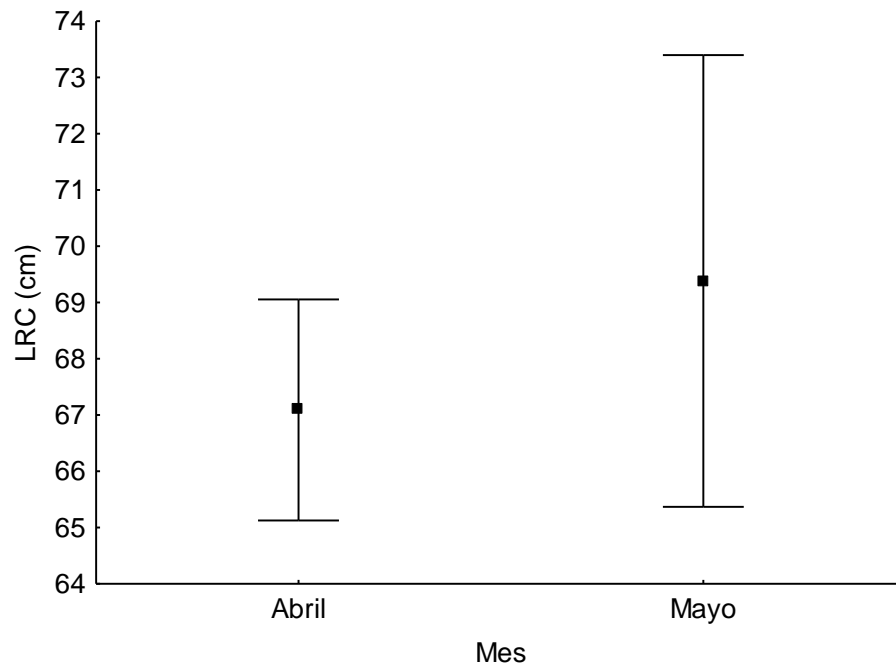


Figura 14. Largo recto de caparazón promedio de tortuga prieta (*Chelonia mydas*) por mes de muestreo para el año 2009 en Laguna Ojo de Liebre. Los cuadros negros indican la media y las barras son el error estándar.

Las categorías de tallas predominantes fueron: 60.1-65 cm en los muestreos diurnos (2 individuos) y nocturno (3 individuos), además de 70.1-75 cm (3 individuos) en muestreo nocturno (Figura 15).

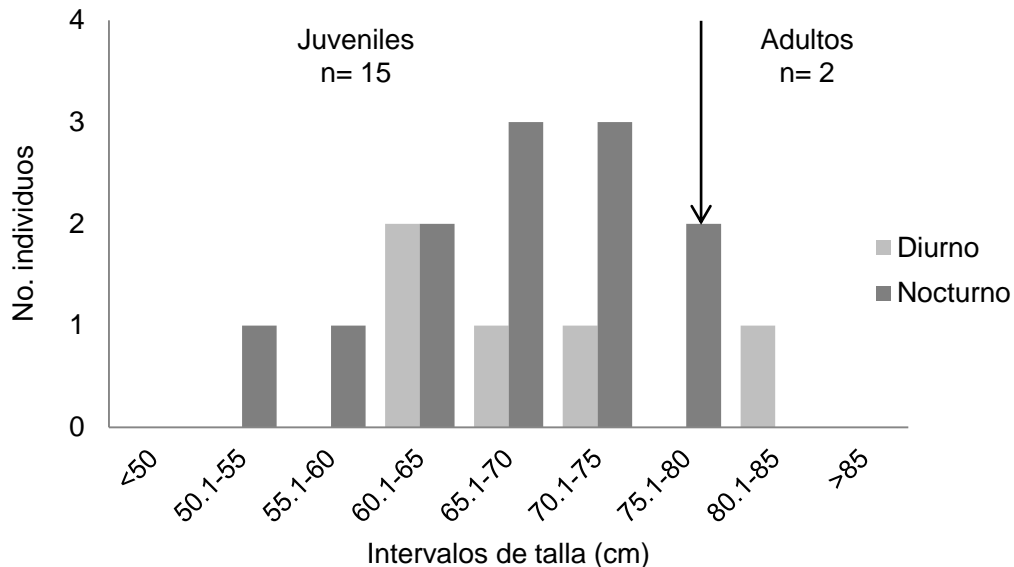


Figura 15. Estructura de tallas de tortuga prieta (*Chelonia mydas*) de muestreo diurno y nocturno para el año 2009 en Laguna Ojo de Liebre. La flecha indica la talla promedio de anidación (LRC=77.3 cm) a partir del cual los individuos se consideran adultos.

El 88.24% (15 individuos) de las capturas se consideraron juveniles porque presentaron LRC menor a 77.3 cm, de los cuáles 11 se capturaron en la noche y 4 durante el día. Por el contrario, los adultos constituyen el 11.76% (2 hembras) una para cada tipo de muestreo, la proporción de sexos para este año sería de 2:0 (hembra:macho) (Tabla 2).

2010

El LRC de las capturas del año 2010, fue de 46.70 a 96.50 cm ($n= 103$, $\bar{x}=65.08\pm 10.69$ cm). Las capturas diurnas presentaron el LRC menor ($\bar{x}=64.59\pm 10.28$ cm) al que se obtuvo en las capturas de la noche ($\bar{x}=66.68\pm 12.04$ cm) (Figura 11), sin embargo, no se encontraron diferencias significativas entre estas ($U=868.50$; $p=0.54$) y tampoco para los meses de captura de tortugas ($H_2=0.55$; $p=0.76$) (Figura 16).

La distribución de tallas en este año se encuentra sesgada hacia tallas pequeñas, con la clase de talla dominante en capturas diurnas de 60.1- 65 cm (17 individuos) y 65.1-70 cm en capturas nocturnas (14 individuos) y fueron considerados individuos juveniles ya que el 88.35% (91 tortugas) de los individuos capturados presentaron tallas menores a 77.3 cm, de estos, 70 fueron capturas diurnas y 21 nocturnas (Figura 17).

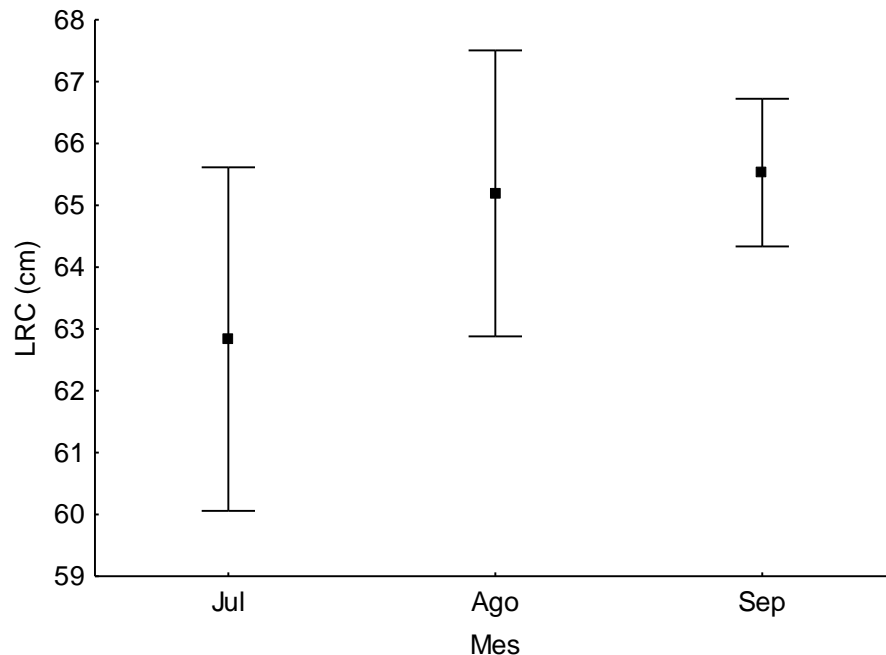


Figura 16. Largo recto de caparazón promedio de tortuga prieta (*Chelonia mydas*) por mes de muestreo para el año 2010 en Laguna Ojo de Liebre. Los cuadros negros indican la media y las barras son el error estándar.

Los adultos representaron el 11.65% (12 tortugas) de las capturas, en mayor número durante el día (9 individuos: 7 hembras y 2 machos) que en la noche (3 individuos: 2 hembras y 1 macho) (Tabla 2) y la proporción de sexos (hembra:macho) fue de aproximadamente 2:1 para cada caso.

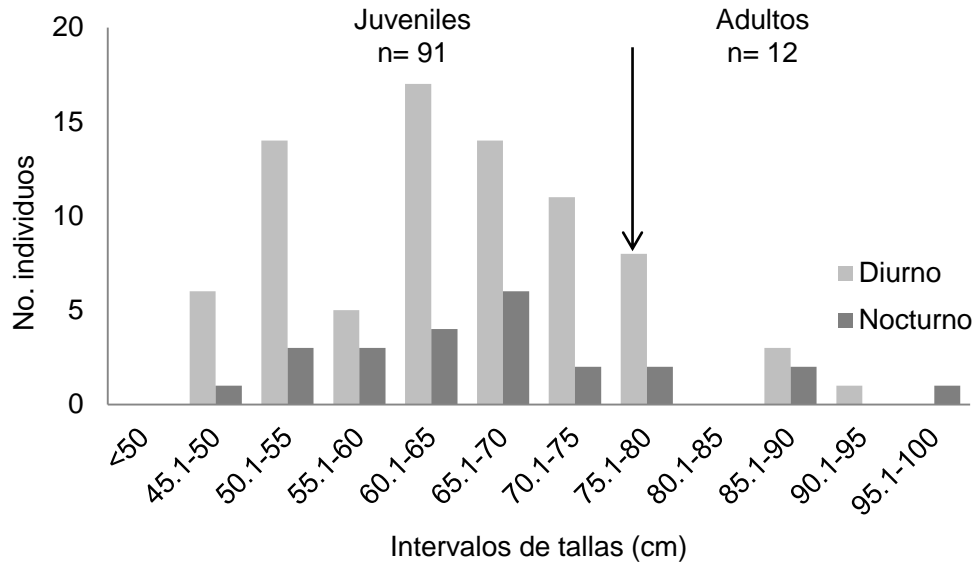


Figura 17. Estructura de tallas de tortuga prieta (*Chelonia mydas*) de muestreo diurno y nocturno para el año 2010 en Laguna Ojo de Liebre. La flecha indica la talla promedio de anidación (LRC=77.3 cm) a partir del cual los individuos se consideran adultos.

2011

El intervalo de valores para el LRC que presentaron las tortugas capturadas en este año fue de 41.80 a 100.60 cm ($n=144$, $\bar{x}=64.44\pm 11.44$ cm). Durante los muestreos diurnos se capturaron individuos que presentaron un LRC menor ($\bar{x}=63.17\pm 11.75$ cm) al de las capturas nocturnas ($\bar{x}=69.06\pm 8.95$ cm) y se encontraron diferencias significativas en el LRC entre capturas diurnas y nocturnas ($U=1138.50$; $p=0.002$).

De la misma manera que por tipo de captura se reflejaron diferencias estadísticas significativas entre los meses de muestreo ($H_5=18.90$; $p=0.002$), la prueba a *posteriori* indicó que las tortugas capturadas en noviembre fueron más pequeñas ($\bar{x}=55.43$ cm) que las capturadas en agosto ($\bar{x}=70.33$ cm) (Figura 18).

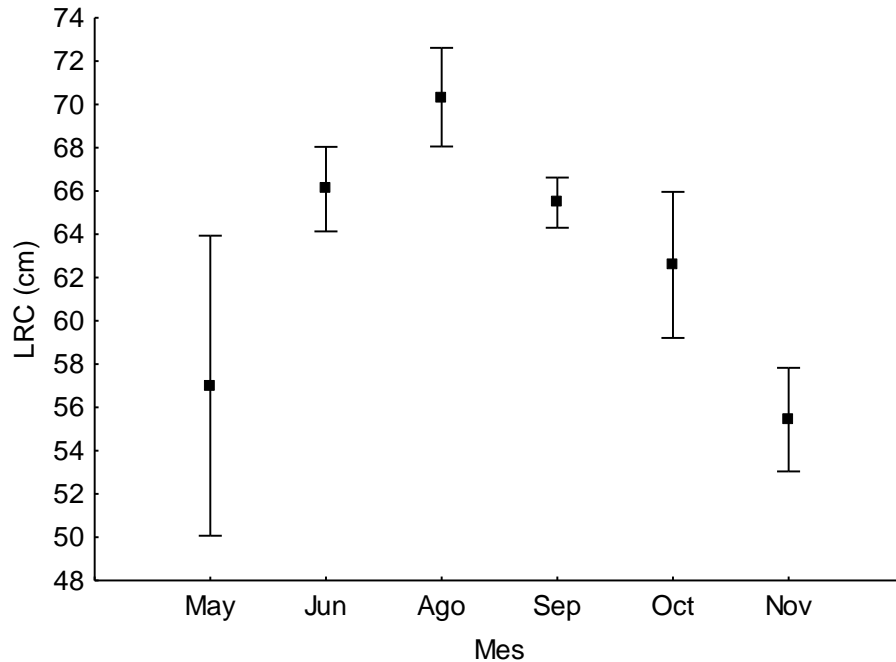


Figura 18. Largo recto de caparazón promedio de tortuga prieta (*Chelonia mydas*) por mes de muestreo para el año 2011 en Laguna Ojo de Liebre. Los cuadros negros indican la media y las barras son el error estándar.

Al igual que en los dos años anteriores, la estructura de tallas se encuentra inclinada hacia tallas menores a 77.3 cm de LRC, siendo las clases de talla dominantes: 55.1-60 y 65.1-70 cm (19 individuos en cada una) en muestreos diurnos y 75.1-80 cm (10 individuos) en muestreos nocturnos (Figura 19).

Los juveniles representan el 86.11% de las capturas para este año, se capturaron 101 tortugas juveniles en el día y 23 durante la noche y fue el año con la mayor captura de juveniles. Los adultos representan el 13.89% de las capturas: 12 capturas diurnas (8 hembras y 4 machos) y 8 nocturnas (6 hembras y 2 machos) (Tabla 2).

De la misma manera que en los años anteriores, la proporción de sexos está sesgada hacia las hembras, 2:1 y 3:1 (hembra:macho) diurno y nocturno, respectivamente.

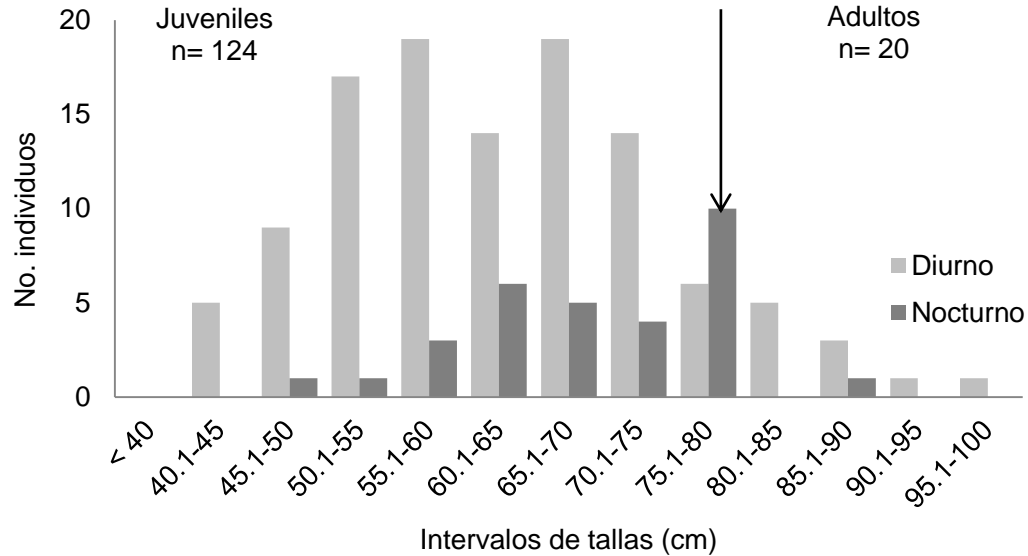


Figura 19. Estructura de tallas de tortuga prieta (*Chelonia mydas*) en muestreo diurno y nocturno para el año 2011 en Laguna Ojo de Liebre. La flecha indica la talla promedio de anidación (LRC=77.3 cm) a partir del cual los individuos se consideran adultos.

2012

El LRC de las tortugas capturadas durante este año varió de 37.20 a 99.80 cm ($n=138$, $\bar{x}=64.82 \pm 12.42$ cm) en muestreos diurnos, únicamente; entre los meses de muestreo de ese año no se detectaron diferencias en el LRC de las tortugas capturadas ($H_7=7.94$; $p=0.34$) (Figura 20).

La estructura de tallas está sesgada hacia individuos juveniles con largo de caparazón menor a 77.3 cm y la clase de talla dominante en este año fue 65.1-70 cm (25 individuos) (Figura 21).

Los juveniles constituyeron el 83.57% (117 tortugas) de los individuos capturados, por el contrario, los adultos representaron el 16.43% (23 individuos) año en que se capturaron más adultos; de los cuales 13 fueron hembras y 10 machos (Tabla 2). La proporción sexual hembra:macho, fue aproximadamente 1:1.

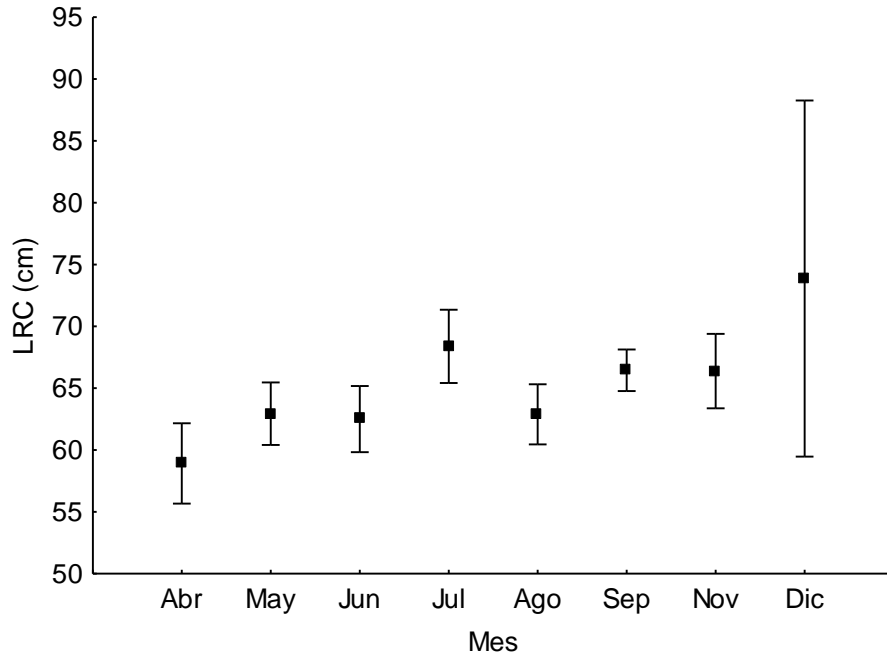


Figura 20. Largo recto de caparazón promedio de tortuga prieta (*Chelonia mydas*) por mes de muestreo para el año 2012 en Laguna Ojo de Liebre. Los cuadros negros indican la media y las barras son el error estándar.

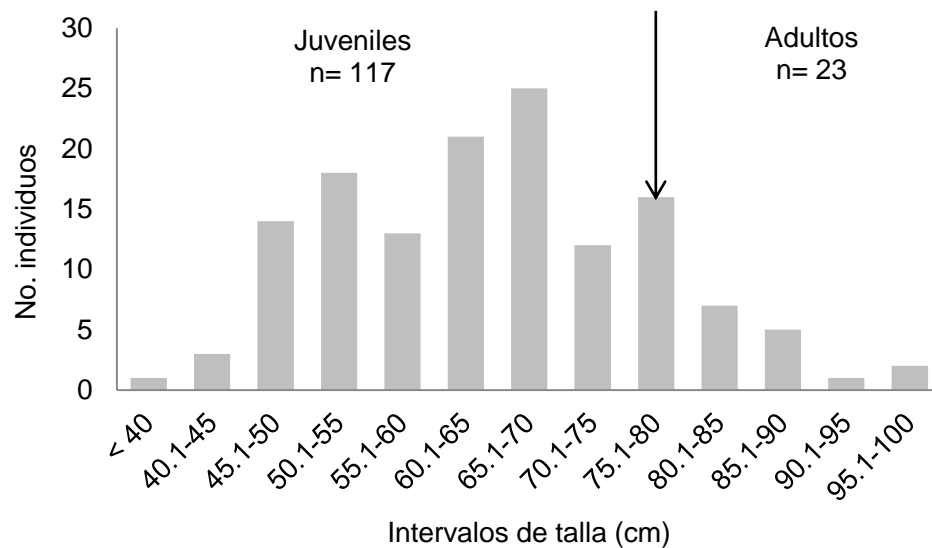


Figura 21. Estructura de tallas de tortuga prieta (*Chelonia mydas*) en muestreo diurno y nocturno para el año 2012 en Laguna Ojo de Liebre. La flecha indica la talla promedio de anidación (LRC=77.3 cm) a partir del cual los individuos se consideran adultos.

6.4 Índice de condición corporal

El índice de condición corporal presentó un intervalo de 0.63 a 4.00 ($n=399$, $\bar{x}=1.45\pm 0.20$) de 2009 a 2012; el ICC más alto ($\bar{x}=1.47$) se obtuvo durante 2012, por el contrario el año 2011 fue el promedio más bajo ($\bar{x}=1.42$) (Tabla 7).

Tabla 7. Índice de condición corporal de tortuga prieta (*Chelonia mydas*) capturadas en Laguna Ojo de Liebre: 2009-2012.

Año	ICC	Intervalo	n	Estadio ontogénico		Temporada	
				Juveniles	Adultos	Verano	Invierno
2009	1.43	1.27-1.73	17	1.42	1.53		
2010	1.44	1.16-2.15	103	1.44	1.45		
2011	1.42	0.63-1.82	144	1.42	1.39	1.44	1.45
2012	1.47	1.06-4.00	137	1.49	1.38		
Total	1.45	0.63-4.00	401	1.45	1.40		

Las tortugas capturadas durante el día ($n= 196$) presentaron el ICC promedio de 1.42 en cambio, para las capturas nocturnas ($n=67$) el ICC promedio de las capturas nocturnas fue de 1.46 indicando que estas son más robustas, ya que fueron significativamente más grandes en peso ($t_{262}=-2.86$; $p=0.004$) y largo recto del caparazón ($t_{262}=-2.57$; $p=0.01$) que las capturas diurnas (Figura 22).

El ICC para los juveniles tuvo valores de 1.08 a 4 ($n=323$, $\bar{x}=1.45\pm 0.20$), en los adultos fue menor y varió de 0.63 a 1.82 ($n=57$, $\bar{x}=1.40\pm 0.18$) y no se determinaron diferencias estadísticas de acuerdo a la edad ($U=8672.5$; $p=0.17$) (Figura 23). De la misma manera no se encontró una variación estacional marcada en el ICC para el periodo comprendido de 2009 a 2012, puesto que los valores promedio fueron de 1.44 ($n=322$) y 1.45 ($n=54$) para verano e invierno, respectivamente y no se encontraron diferencias significativas ($U= 8055.5$; $p=0.39$) (Tabla 7)

No se realizó una comparación anual entre estaciones, porque en algunos años no fue posible diferenciar las estaciones debido a que el muestro no fue sistemático. Estos valores en el índice de condición corporal hacen hincapié a las cualidades nutritivas excepcionales del LOL para los juveniles de tortuga prieta.

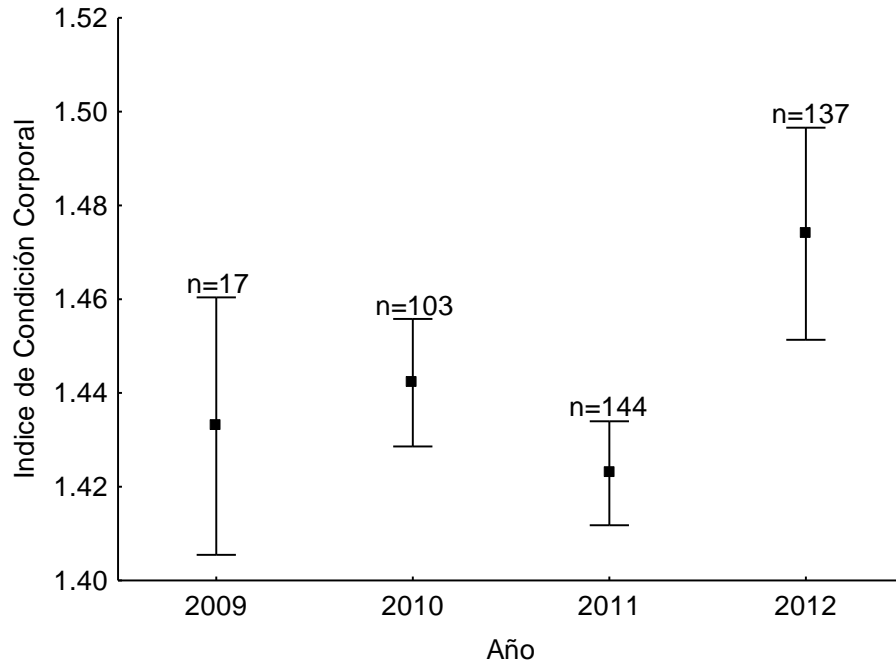


Figura 22. Índice de condición corporal de tortuga prieta (*Chelonia mydas*) en Laguna Ojo de Liebre: 2009-2012. Los cuadros negros indican la media y las barras son el error estándar.

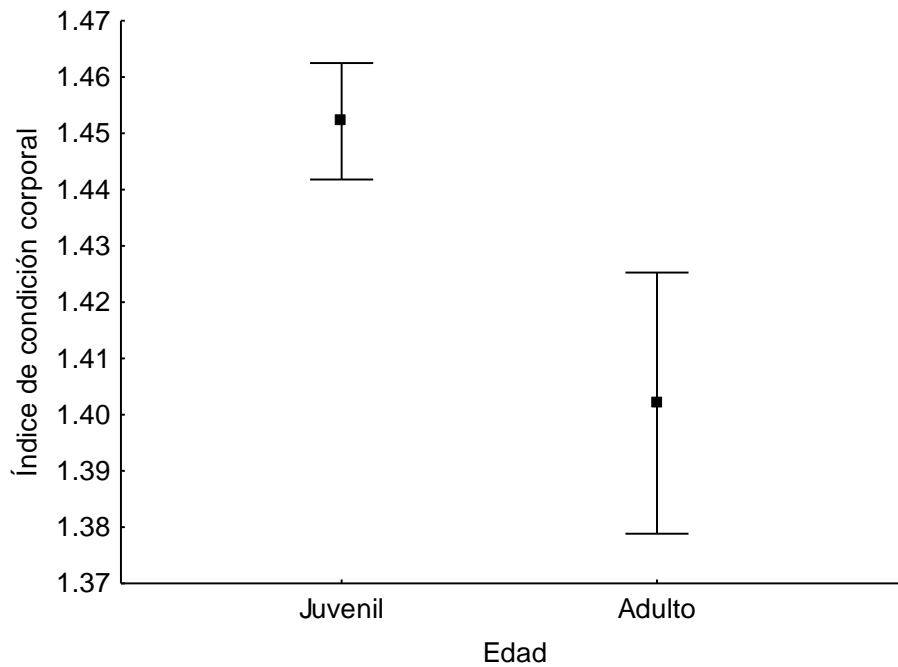


Figura 23. Índice de condición corporal para cada estadio ontogénico de tortuga prieta (*Chelonia mydas*) en Laguna Ojo de Liebre: 2009-2012. Los cuadros negros indican la media y las barras son el error estándar.

6.5 Fidelidad al sitio: recapturas y tasa de crecimiento

De las 415 tortugas capturadas, se marcaron 387 individuos en ambas aletas o al menos en la aleta derecha. 35 individuos (7.95%) se recapturaron: 33 tortugas una vez y 2 individuos 2 veces (Tabla 8).

El 71.42% de las recapturas habían sido marcadas previamente en LOL y el 28.57% restante de las recapturas se desconoce el origen de las marcas. No se encontraron diferencias significativas entre el número de recapturas por año ($F_{1,3}=1.95$; $p=0.19$), sin embargo la tasa de recaptura fue aumentando durante el periodo de estudio.

En el año 2009 se recapturaron 7 tortugas y el tiempo transcurrido entre captura y recaptura varió de 545 días a 1093 días ($\bar{x}=719.5$ días). La tasa de crecimiento promedio anual fue de 3 cm.año^{-1} con un intervalo de 0.49 a 5.63 cm.año^{-1} . En 2010, fueron recapturados 8 individuos, el periodo de recaptura tuvo un intervalo de 796 a 1785 días ($\bar{x}=1433.13$ días) (Tabla 8) y la tasa de crecimiento anual de estos individuos muestra valores de 3.23 cm.año^{-1} en promedio (Figura 24).

Tabla 8. Marcaje-recaptura de tortuga prieta (*Chelonia mydas*) en Laguna Ojo de Liebre: 2009-2012.

Año	No. capturas	No. tortugas marcadas	Recapturas	Intervalo captura-recaptura (días)
2009	17	11	7	545 - 1093
2010	103	97	8	796 - 1785
2011	144	139	11	340 - 3206
2012	140	140	9	17 - 361
Total	404	387	35	$\bar{x}=797.56$

Para el año 2011, se obtuvo el mayor número de recapturas: 11 individuos así como el intervalo de captura-recaptura: 3206 días; el intervalo de días entre captura y recaptura presentó valores de 340 a 3206 ($\bar{x}=1433.13$ días) (Tabla 8). La tasa de crecimiento anual promedio fue de 3.13 cm.año^{-1} (Figura 24).

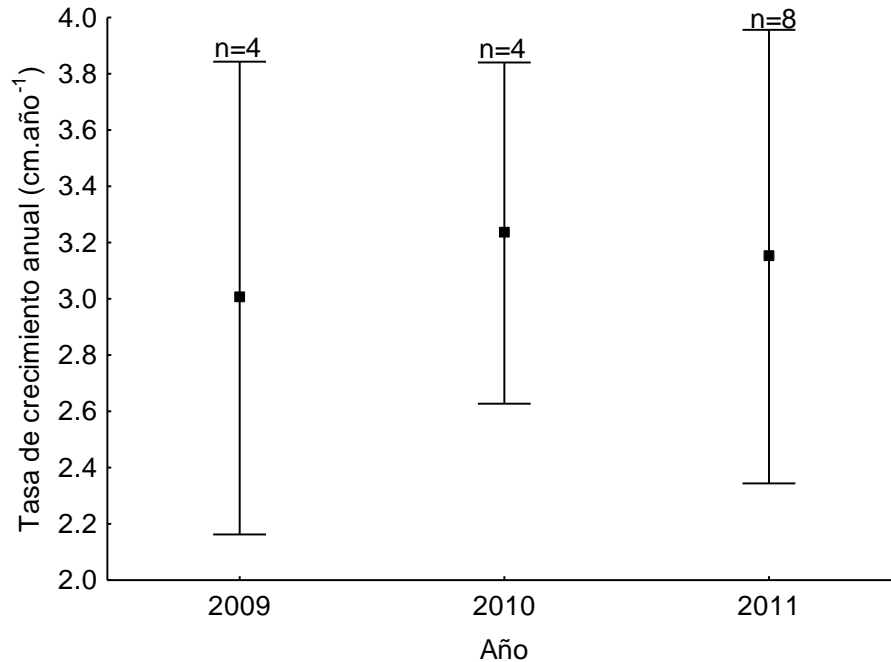


Figura 24. Tasa de crecimiento anual de tortuga prieta (*Chelonia mydas*) en Laguna Ojo de Liebre: 2009-2011. Los cuadros negros indican la media y las barras son el error estándar.

Durante el año 2012, las recapturas correspondieron a individuos que fueron marcados durante ese mismo año: 8 tortugas, a excepción de una marcada el año anterior. El intervalo entre captura y recaptura varió de 28 a 361 días ($\bar{x}=95.33$ días); para este año no se obtuvo la tasa de crecimiento anual debido a que el periodo de captura-recaptura no fue mayor a 11 meses para que resultara representativa (Tabla 4). Cabe mencionar que no hubo diferencias en la TCA para los 4 años del presente estudio ($H_2=0.33$; $p=0.85$).

7. Discusión

7.1 Éxito de captura

El esfuerzo de muestreo para la captura de tortuga prieta en LOL durante el periodo de estudio fue aumentando considerablemente desde 2009 hasta 2012, cuando se obtuvo la mayor captura ya que además de las redes fijas se implementó la técnica del encierre. La captura anual fue variable debido al esfuerzo que se desplegó cada año, principalmente porque durante 2011 y 2012 el muestreo fue más recurrente mes con mes. Sin embargo, la captura en 2010 fue significativa debido a que durante ese año se implementaron los monitoreos masivos con la intención de cumplir con el nuevo objetivo del Grupo Tortuguero de las Californias (GTC) de capturar el mayor número de tortugas y marcarlas para generar datos que permitan hacer estimaciones sobre la abundancia de la población en los sitios de alimentación del Pacífico (GTC, 2013).

La captura total de tortuga prieta ($n= 415$ individuos) en LOL de 2009 a 2012 es sustancialmente alta y al parecer se ha incrementado si se compara con la obtenida por Mariscal-Loza (2008) en LOL para un periodo de 4 años, donde se capturaron únicamente 149 tortugas y el esfuerzo de pesca fue relativamente alto cubriéndose 35 unidades de esfuerzo (1UE= 100m red/24 horas, alrededor de 840 horas-red). Caso similar es el de López-Castro *et al.* (2010) en el monitoreo a largo plazo en LOL quienes cubrieron alrededor de 744 horas-red durante 5 años lo que resultó en la captura de 150 individuos.

Posiblemente esas diferencias son debidas a que se muestrearon distintos puntos dentro de la misma laguna, al aumento en el esfuerzo tanto en el número de meses por año, así como por la implementación de nuevos artes de artes durante los últimos años o a que la población de tortuga prieta en LOL se ha comenzado a recuperar. Sin embargo, es necesario tener información a corto plazo que demuestre el aumento en la abundancia lo que daría pauta para pensar que existe recuperación probable de la población.

López-Castro *et al.* (2010) mencionan que los valores de CPUE deben tomarse con cautela debido a que probablemente las tortugas aprendan a evitar la red la red y por lo

tanto, es necesario tener un mayor número de recapturas de tortugas marcadas para descartar el sesgo debido a la evasión de la red. Además de que debido a la corta duración del estudio no es posible distinguir si existe alguna tendencia sobre la CPUE por lo que es necesario el monitoreo a largo plazo.

El análisis de la captura diurna o nocturna de tortuga prieta en LOL, permitió observar que existieron diferencias entre ambos tipos de captura, principalmente durante 2010 y 2011. Sin embargo, es posible que de alguna manera los datos se hayan sesgado hacia las capturas diurnas, debido a que el personal de la reserva decidió llevar a cabo únicamente muestreos de carácter diurno en los últimos meses del año 2011. Lo que efectivamente impidió observar de manera clara si las diferencias son a causa del patrón bimodal que presenta la especie o por el aumento en la captura debido al monitoreo.

Aunado a ello, la inexistencia de estudios comparativos imposibilita definir de manera exacta el comportamiento de las tortugas prietas en el Pacífico Oriental, no obstante, Wang *et al.* (2010), indican que en Punta Abreojos, B.C.S., sitio de relevancia por el alto número de capturas, se obtuvieron ligeramente más capturas diurnas que nocturnas lo que efecto haga pensar que la preferencia de movimientos de este lado de la península sea durante el día.

Entonces, si lo que se pretende es continuar con los esfuerzos de monitoreo de la especie y obtener el mayor número de capturas con el propósito de generar tendencias en un futuro cercano, mantener los muestreos diurnos posiblemente sea efectivo porque como se observó en 2012, donde únicamente hay monitoreos diurnos la captura se mantuvo alta.

Seminoff (2000), mencionó que en Bahía de Los Ángeles ocurrió la modificación en el patrón bimodal derivado de las actividades humanas ya que el tráfico de embarcaciones se da durante el día por lo que las tortugas prefieren moverse durante la noche para forrajear, sin embargo, no encontró diferencias en las capturas diurnas nocturnas y caso similar es el que reporta Brooks (2005) en Bahía Magdalena. La laguna Ojo de Liebre forma parte de la Reserva del Vizcaíno, la cual regula de manera efectiva el desarrollo de actividades humanas dentro de la laguna, entonces estas no serían un

factor que inflencie el comportamiento de la tortuga prieta. Por lo que aún es necesario conocer el uso de hábitat que tiene la tortuga prieta en LOL que permita conocer efectivamente el tipo de movimientos y la hora del día de su preferencia para llevarlos a cabo.

Sin duda, la implementación del encierre parece ser una técnica efectiva en la captura de tortugas porque no pone en riesgo a los individuos, sin embargo, depende en gran medida de la capacidad de detección del personal y de la visibilidad en la columna de agua. Es notable que el uso de este arte de pesca y la utilización de la red castillo que debido a su diseño evita el ahogamiento de las tortugas hace más efectivo el monitoreo. Cabe mencionar, que aún se tienen que identificar los factores que estén afectando la capturabilidad de las tortugas como la posible falta de aleatoriedad en la colocación de redes. Además es necesaria la búsqueda de nuevos sitios que permitan obtener capturas con el mayor número de clases de tallas.

7.2 Modelo General Lineal para la estandarización de la CPUE de tortuga prieta

Las variaciones en el CPUE, índice de abundancia relativa ampliamente utilizado se asocian a cambios en el esfuerzo así como a condiciones ambientales (Gatica y Hernández, 2003; Epperly *et al.*, 2007). Por lo cual, la utilización de modelos lineales generales permite analizar el efecto de las variables y sus interacciones que cambian o diferencian la abundancia del recurso en un proceso denominado estandarización de la CPUE (Allen y Punsly, 1984). Al llevar a cabo el ajuste (estandarización), es factible que el CPUE refleje los cambios en la abundancia de tortuga prieta.

Cabe resaltar, que la captura y la longitud de la red son dos parámetros que están influenciando al CPUE, ya que resultaron significativas en todos los modelos generados, además de la interacción de éstas dos variables parece ser una variable explicativa significativa. Pons *et al.* (2010) mencionan que el arte de pesca (líneas de monofilamento) explicó en gran parte la variabilidad de la CPUE de tortuga caguama en el suroeste del Océano Atlántico. En este sentido, la longitud de la red que se utilizó en LOL varió entre 100 y 200 m, por lo que posiblemente al haber mayor cobertura de la red, exista la posibilidad de capturar más individuos.

López-Barrera *et al.* (2012) mencionan que las características de la red que influenciaron la captura de tortuga verde en Brasil fueron el tiempo de inmersión y la luz de malla. Sin embargo, en LOL el tiempo que se mantuvo la red trabajando no resultó significativo, aunado a ello, se obtuvo aproximadamente el mismo número de tortugas capturadas en los periodos de 10 y 12 horas. La luz de malla no se tomó en consideración en este estudio, aunque el tamaño de malla de las redes utilizadas en LOL es de 76.20 cm logró capturar individuos de tallas menores a 40 cm y de hasta 100 cm de LRC; entonces posiblemente no existe selectividad para una clase de talla determinada.

Aunque, periodos de 24 horas era la opción más recurrente para el monitoreo en gran parte de los sitios de alimentación del Pacífico se ha ido cambiando con base en los objetivos de las investigaciones o de los tomadores de decisiones. Sin embargo, debido a la falta de estudios comparativos que demuestren la mayor captura con diferentes duraciones del monitoreo sería imposible decidir cuál es la mejor alternativa. Se ha observado que la tasa de mortalidad es una función directa del tiempo que la red se mantiene en el agua (Sasso y Epperly, 2006), entonces al elegir el tiempo de monitoreo se debe tener en cuenta que se trata de una especie con categoría de riesgo y es necesario evitar la mortalidad.

Por lo tanto, es necesario diseñar estudios comparativos con diferentes modificaciones del arte de pesca (longitud, tamaños de malla, color de la red) y del tiempo de inmersión que permitan hacer eficiente el monitoreo. De acuerdo a las características de LOL y de alguna forma estas no influyen y generen algún tipo de sesgo en los resultados de captura.

Otra variable importante dentro del modelo ajustado es la influencia de los cambios de marea (bajamar y pleamar). Bjørndal (1980) y Balazs *et al.* (1987) mencionaron que en sitios de alimentación donde no hay flujo de la marea, la disponibilidad de alimento es el factor determinante en la actividad de tortuga verde. Por el contrario, en LOL donde existen corrientes de marea posiblemente estas jueguen un papel importante en el movimiento de los individuos (Brooks *et al.*, 2009), ya que dependiendo de la dirección de hacia donde se desplace la corriente las tortugas se moverán e incidirán en la ubicación que finalmente hayan quedado tendidas las redes para el muestreo.

En Bahía Chesapeake y Queensland, Australia se ha documentado que tanto la especie verde como caguama utilizan las corrientes de marea lo que les permite conservar energía que es utilizada potencialmente en el crecimiento (Limpus y Limpus, 2000). Asimismo, McClellan y Read (2009), sugieren que el ciclo de marea juega un papel importante en la probabilidad de encuentro de las tortugas con las redes en los sitios de alimentación si las tortugas utilizan los cambios de marea y las redes se mantienen trabajando.

Una de las limitaciones que se presenta durante el tendido de la red para el monitoreo de tortugas es el efecto de la marea, ya que durante los periodos de mareas vivas existe la posibilidad de pérdida de la red y por lo tanto, una menor eficiencia en la captura de tortugas, es por ello que existe la preferencia de llevar a cabo el monitoreo durante las mareas muertas (Santacruz-López, 2012). Sin embargo, de los pocos muestreos que se realizaron durante las mareas vivas en LOL durante 2010 y 2011, la captura no presentó problema y el número de individuos fue sustancial, aun así esta variable no podría explicar de manera adecuada algún efecto sobre la captura ya que de alguna forma se inclinó por muestrear en mareas muertas.

La laguna Ojo de Liebre es un sitio que está influenciado por la marea, por lo que las tortugas que se encuentran allí, pueden carecer de movimiento predecible diurno-nocturno y de uso del hábitat (Senko *et al.*, 2010). Esto es, que la tortuga prieta utiliza de manera activa o pasiva la marea para ahorrar energía y aprovechar de manera eficiente la distribución en parches que presentan los pastos marinos, independientemente de la hora del día.

Debido a la carencia de registros de temperatura *in situ*, la única manera de relacionar la temperatura con las variaciones en la CPUE fue a través del índice ONI, el cual fue incluido en el modelo para la captura de tortuga prieta de LOL. En estudios preliminares se ha mencionado que la temperatura debe proporcionar información suficiente en las probabilidades de captura (Eguchi *et al.*, 2010).

Tomando en consideración las anomalías de temperatura y la ocurrencia de eventos Niño y Niña, al inicio del año 2009 terminaba un evento de La Niña, sin embargo, durante los meses (abril y mayo) en los cuales se llevó a cabo el monitoreo no

existieron anomalías de temperatura y el número de capturas se mantuvo bajo. Quizá porque durante esos meses la columna de agua se empezaba a calentar y la disponibilidad de alimento era una limitante, por lo que las tortugas se mantenían muy dispersas.

A partir de agosto comenzó un periodo cálido hasta el primer cuarto de 2010, meses en los cuales no se llevó a cabo el monitoreo de tortugas en LOL. Entonces se puede inferir que posiblemente se haya presentado una disminución de la abundancia de tortugas si estas se hallaron limitadas por el alimento. Sin embargo, Castro *et al.* (2012) evidenciaron lo contrario, ya que las capturas (incidentales) aumentaron durante un evento de El Niño en la costa norte de Perú, ya que las tortugas ampliaron su distribución, encontrándose en mayor número.

Durante los meses que sucedió el monitoreo en 2010 comenzó el periodo frío al parecer un evento de la Niña, aun así, la captura de esos meses (julio, agosto, septiembre) fue significativa. Los registros históricos de temperatura para esos meses y en particular para ese año son relativamente altos comparados con los demás meses del año (Álvarez-Borrego y Granados-Guzmán, 1992; Cabello-Passini, *et al.*, 2003) y como lo menciona Shaver (1984) la CPUE es alta durante los meses que la temperatura del agua es cálida.

En 2011 y 2012, se mantuvo el periodo frío, sin presencia de anomalías de temperatura. No sucedió una disminución de las capturas, al contrario, durante estos dos años, la CPUE se mantuvo más alta en comparación a los anteriores. La captura fue aumentando según iban transcurriendo los meses y el pico de abundancia para la tortuga prieta fue en los meses de junio a octubre cuando la temperatura se mantiene por arriba de 25° C y por ende, hay un aumento en la actividad de los individuos. Durante los meses de noviembre a abril la temperatura disminuye, encontrándose debajo del límite inferior del rango térmico para la especie (Coyne, 2000; Eguchi *et al.*, 2010) provocando se den eventos de migración hacia sitios con temperaturas dentro de su intervalo requerido.

La salinidad fue una variable que resultó significativa en el modelo de CPUE, posiblemente ésta no afecte de manera directa la captura sino más bien, tenga efecto

sobre el comportamiento de los individuos. La salinidad en LOL aumenta hacia la parte interna (cabeza) debido a la disminución en la profundidad y a la incidencia solar que aumenta la temperatura y por ende la salinidad (Bermúdez-Almada, 2003). Las variaciones en la salinidad se han registrado durante el ciclo de marea, esto es, que el agua que entra desde la bahía San Sebastián Vizcaíno es más fría y menos salina respecto a la laguna, por ser más somera. Aunado a ello, el calentamiento de la luz solar provoca evaporación y calentamiento del agua que se detectó en marea baja.

Se menciona que los individuos juveniles de tortuga caguama que se mantienen en ambientes oceánicos detectan rangos de salinidad en las distintas masas de agua, por lo que los cambios en este factor se vuelven una barrera para moverse a lo largo de su patrón de distribución (Revelles *et al.*, 2008). Si LOL, presenta marcadas fluctuaciones en los valores de salinidad, entonces la tortuga prieta debe tener la capacidad de responder a los cambios en el balance de agua y sal de forma que pueda osmorregular y alcanzar el equilibrio. Por lo que seguramente, los individuos que ahí residen ya se han adecuado para tolerar los cambios de salinidad en la laguna.

Finalmente, el pH fue otra variable en el modelo ajustado, sin embargo, pocos son los aportes sobre esta variable en LOL. Se ha descrito que las fluctuaciones en los valores en cuanto a profundidad no son tan notables y los valores menores se encuentran en la parte media e interna de la laguna. Las variaciones en factores fisicoquímicos entre ellos el pH están relacionados a los cambios en el tiempo de residencia del agua. Entonces, al estar más cerca de la boca es de esperarse una tasa mayor de renovación con el agua de Bahía Vizcaíno y se conseguirían menores tiempos de residencia que evitarían la acumulación de desechos que también se verán influenciados por la actividad biológica y no por los procesos físicos. Como posiblemente suceda en la parte interna de la laguna donde el tiempo de residencia sea más largo, tanto el pH y la pCO_2 estén controlados por procesos biológicos tal como sucede en otras lagunas (Hernández-Ayón, 2007).

La CPUE de tortuga prieta en LOL mostró oscilaciones a través de los 4 años con una clara tendencia a incrementar en los 2 últimos, ya que el aumento del esfuerzo ha resultado en una elevada tasa de captura. Se espera que este incremento se deba también a un aumento en la abundancia de tortuga prieta en LOL y no precisamente a

una agregación de tortugas en el área durante el monitoreo. De alguna manera los factores ambientales están afectando la disponibilidad y vulnerabilidad de los individuos y quizá no totalmente la abundancia. Por lo que es necesario el registro de variables ambientales *in situ*, ya que fueron una de las limitantes para la construcción del modelo de CPUE porque no se contaban completas y continuas, entonces estas permitirán aumentar la validez del modelo.

Arendt *et al.* (2012) mencionan que la presencia de ceros en las capturas, una característica particular en el monitoreo en agua, puede ser muy valiosa para explicar tendencias temporales de las tasas de captura utilizando las técnicas estadísticas apropiadas. Indiscutiblemente, la necesidad de aumentar los días de monitoreo evitará la falta de captura aunque el esfuerzo se haya realizado y sumado a ello, se podrá evitar la sobreparametrización que ocurre al contar con un solo dato mensual.

7.3 Estructura de tallas y sexos

La abundancia de juveniles de tortuga prieta en Laguna Ojo de Liebre demuestra la importancia de esta como sitio de alimentación y desarrollo para la especie en la península de Baja California. Las tortugas más pequeñas capturadas durante este periodo se encontraron en el intervalo de tallas de 30 y 50 cm de LRC y coincide con las tallas reportadas de 35-40 cm a las cuales se reclutan a las distintas áreas de forrajeo de la península y del Pacífico (Mariscal-Loza, 2008; Balaz y Chaloupka, 2004; López-Castro *et al.*, 2010)

El LRC promedio para LOL durante 2009 a 2012 fue de 64.91 cm, relativamente mayor que el obtenido por López-Castro *et al.* (2010) de 59.6 cm y al de Mariscal-Loza (2008) de 59.7 cm, posiblemente el tendido de redes sucedió en sitios de la laguna más expuestos por lo tanto, la probabilidad de capturar tortugas más grandes fue mayor. Ya que como lo mencionan Koch *et al.* (2007) existe segregación de tallas en los hábitats de alimentación resultado de los requerimientos específicos por talla y del riesgo de depredación. Entonces los individuos de tallas pequeñas están utilizando sitios protegidos y poco profundos que les permiten escapar de los depredadores, por el contrario, las tortugas más grandes ocupan hábitats más profundos y con menor protección (Bresette *et al.*, 2010).

Durante los 4 años de monitoreo, los individuos juveniles representaron poco más del 85% del total de tortugas capturadas y porcentajes casi similares se han documentado en las otras 3 áreas de alimentación de Baja California Sur (López-Castro *et al.*, 2010). El caso contrario sucede en el Golfo de California donde alrededor del 52% son individuos adultos (Seminoff *et al.*, 2003), ello posiblemente puede deberse a la proximidad que existe entre las playas de anidación por lo que las hembras regresen a ese sitio al finalizar el desove.

Los adultos eventualmente pueden estar ocupando otros hábitats y debido a que el monitoreo se realiza dentro de la laguna y no en la zona costera, es posible que los adultos tengan preferencia por estos sitios donde exista abundancia de recurso alimenticio como lo son las praderas de pastos marinos y no requieran totalmente de la protección que le pudiese brindar la laguna (López-Mendilaharsu *et al.*, 2003). Aunado a ello, posiblemente el menor número de adultos se deba a que estos llevan a cabo migraciones entre las zonas de apareamiento y de alimentación a intervalos de algunos años (Limpus *et al.*, 1992) y no hayan coincidido durante el periodo de monitoreo de este trabajo.

La información generada a partir de los muestreos diurnos y nocturnos referente a la estructura de tallas, indicó que las tortugas capturadas durante la noche fueron ligeramente más grandes que las capturas diurnas. Los individuos que se mueven a través de la laguna durante la noche parecen ser de tallas grandes, aunque no estrictamente adultos porque únicamente se capturaron 12 individuos y tortugas aún clasificadas como juveniles fueron 55. Entonces la proporción de estos individuos no fue precisamente debido al monitoreo sino posiblemente al reclutamiento a los sitios neríticos relacionado con el comportamiento de alimentación (Chaloupka y Limpus, 2001) que es diferente en juveniles y adultos.

El sexado de tortugas en las áreas de alimentación de la península carece de un criterio definido que permita hacer clasificaciones inconfundibles para evitar obtener el menor sesgo posible. Ya que únicamente se han tomado en consideración caracteres sexuales secundarios como la longitud total de la cola, cuando no se aplican técnicas más sofisticadas como laparoscopia o análisis de inmunoensayo. Por lo que, sigue

siendo un tema con un grado de incertidumbre por la falta de estudios robustos que respalden tales criterios (Santacruz-López, 2012).

La población adulta de tortuga prieta en LOL mostró muy poca variabilidad en la proporción de sexos durante los 4 años de estudio y se observó que durante este periodo de tiempo la proporción de hembra:macho está sesgada hacia las hembras. Es posible que se presente esta proporción de sexos sesgada hacia las hembras, porque la producción de crías haya sido principalmente de hembras y no machos en Michoacán y Revillagigedo, que son las principales playas de anidación de donde proceden los individuos que llegan a LOL (Chaloupka y Limpus, 2001; Juárez-Cerón *et al.*, 2002). Además, las hembras y machos adultos parecen tener diferentes patrones de movimiento que pueden sesgar las estimaciones acerca de la proporción de sexos para ciertas áreas y temporadas (Bolten *et al.*, 1992)

No existe antecedente sobre la proporción de hembras y machos en LOL, que permita contrastar los resultados aquí obtenidos. Sin embargo, en las áreas de alimentación del Golfo de California también se ha mostrado mayor presencia de hembras que machos. En este sentido, Seminoff *et al.* (2003) mencionan que la población de Bahía de Los Ángeles con LRC mayor al MSN está fuertemente sesgada hacia probables hembras (2.7:1.0; indefinidos:machos). Asimismo, se ha registrado que para la especie *Chelonia mydas* la predominancia de hembras en los sitios de forrajeo es normal, ello también fue observado en Bahía Moreton y la Gran Barrera de Coral (Bolten *et al.*, 1992). Ya que, existe la posibilidad que se presente una migración de desarrollo y por lo tanto, los machos adultos muestren una tendencia a la zona pelágica limitando su entrada a los hábitats neríticos (Seminoff, 2000).

Determinar el sexo a partir de características externas (LTC y LRC) puede no resultar fiable, ya que se puede categorizar a machos grandes que no han desarrollado aun las características sexuales secundarias como hembras (Limpus y Red, 1985 citado por Bolten *et al.*, 1992); por lo que, las estimaciones de la proporción de sexos en juveniles y adultos deben ser tomadas con precaución hasta no ser respaldadas por técnicas más precisas.

7.4 Índice de condición corporal

El índice de condición corporal se refiere al estado energético de un organismo y evalúa la relación existente entre el LRC y el peso de las tortugas. De manera indirecta muestra el estado del hábitat, la disponibilidad de alimentos y la salud de los individuos (Bjorndal *et al.*, 2000; Labrada-Martagón *et al.*, 2010). Actualmente poca ha sido la información generada acerca del estado de salud de la tortuga prieta en los sitios de alimentación del Pacífico mexicano.

A pesar de que la talla promedio para LOL fue de 64.91 cm menor a la obtenida en el Golfo de California ($\bar{x}=74.3$ cm), el ICC de las tortugas en LOL fue ligeramente más alto ($\bar{x}= 1.45\pm 0.20$) que en Bahía de Los Ángeles ($\bar{x}=1.42\pm 0.01$). Además el promedio reportado por López-Castro *et al.* (2010) para LOL fue menor ($\bar{x}= 1.39$) al obtenido durante el presente estudio. Posiblemente en años recientes se esté manteniendo una tendencia hacia un mejor índice de condición corporal debido a que las tortugas presentan un buen estado de salud y LOL presenta alta disponibilidad de alimento (Rodríguez-Barón, 2010, Dos Santos-Días, 2011).

Aunado a lo anterior, probablemente la densidad en LOL sea un factor que esté influenciando este índice, ya que como lo señalan Bjorndal *et al.* (2000) que en hábitats de alimentación de tortuga verde en Las Bahamas encontraron una disminución del ICC con el aumento en la densidad de tortugas, por el contrario, la tasa de crecimiento es alta con cuando el índice de condición corporal también es alto.

En aquellos sitios donde la densidad de población es menor que la capacidad de carga, proporcionarán mayor cantidad de alimento a cada individuo y ello se verá reflejado en valores de ICC más altos (Seminoff *et al.*, 2003). Es posible entonces que en LOL la capacidad de carga aún no se haya alcanzado por lo que el alimento no es un factor condicionante para la tortuga prieta.

Cabe mencionar que durante las temporadas de verano e invierno en LOL no se determinaron diferencias en el ICC, eso daría pie a pensar que las condiciones en ambas temporadas se mantuvieron similares. Sin embargo, se ha reportado que en las lagunas costeras existen diferencias estacionales en el ICC, principalmente a causa de

cambios en la temperatura del agua así como de la disponibilidad de alimento que permitiría alcanzar un ICC más alto (Koch *et al.*, 2007).

Se ha observado que la actividad normal de las tortugas se reduce durante el invierno, periodo en el cual la temperatura del agua disminuye hasta alrededor de 15 °C (Cabello-Pasini *et al.*, 2004), a estas temperaturas las tortugas se mueven más lento y en algunas ocasiones dejan de alimentarse o entran en estado de inactividad e hibernación para conservar energía (Eguchi *et al.*, 2010). La disponibilidad de alimento es otro factor importante, Cabello-Pasini *et al.* (2003) mencionan que los niveles de biomasa de *Zostera marina* principal fuente de alimento para la tortuga prieta en LOL son mucho menores en invierno que durante el verano por lo tanto, esta disminución de *Z. marina* representa un problema para satisfacer sus requerimientos energéticos por lo que se encontrarían tortugas más delgadas durante los meses fríos.

Se sugiere que en los sitios de alimentación de la península todavía existen condiciones de sanidad en los cuerpos de agua, ya que la densidad de población humana aún se mantiene baja y por lo tanto, genera menor contaminación. Ello incide también en que existan pocas evidencias de tortugas enfermas, si bien, se han observado individuos que presentan algunas alteraciones como parásitos, lesiones o tumores no han causado efecto sobre la salud de las tortugas. Seminoff *et al.* (2003), indican que en Bahía de Los Ángeles, no encontraron diferencias en el ICC de tortugas enfermas y sanas.

El índice de condición corporal complementado con estudios de bioquímica clínica podrían ser elementos importantes para determinar el estado nutricional y de salud de las tortugas en LOL (Labrada-Martagón *et al.*, 2010); además de integrar otros factores (sexo, edad, peso, temporada, región geográfica, etc.) que posibiliten hacer una mejor estimación de este índice y del estado de salud de la población.

7.5 Fidelidad al sitio: recapturas y tasa de crecimiento

Los estudios acerca de la filopatría que presentan las hembras a las playas de anidación han ido en aumento (Broderick *et al.*, 2007), sin embargo, pocos son los estudios que demuestren la fidelidad de las tortugas marinas a sus áreas de alimentación. El método de marcaje-recaptura es utilizado en el análisis de la

supervivencia y abundancia de los individuos y ha registrado la presencia de los mismos individuos en los sitios de forrajeo después de periodos de reproducción (Limpus *et al.*, 1992). Aunado a lo anterior, los estudios sobre ecología molecular mencionan que las tortugas juveniles regresan a las áreas de forrajeo cercanas a sus playas de nacimiento (Bass *et al.*, 2006).

Tomando en consideración los registros de las recapturas obtenidas durante este periodo de estudio, se puede inferir que los individuos que se reclutan a esta área de alimentación y desarrollo se convierten en residentes fieles; ya que más del 80% de las recapturas habían sido capturadas previamente en LOL. Aunado a ello, el tiempo que transcurrió entre captura y recaptura para algunos individuos ha sido considerablemente largo ($\bar{x}=799$ días). Mariscal-Loza (2008), obtuvo resultados similares previamente en LOL y menciona que aunque la distancia entre áreas de forrajeo es relativamente corta el registro de recapturas en un sitio distinto al de la primera captura es nulo. Ello debido a que exista baja conectividad entre los distintos sitios de alimentación de la península y los juveniles exhiban alta fidelidad a su zona de forrajeo.

La alta fidelidad al sitio ya había sido registrado por Brooks (2005) y Koch *et al.* (2007) en Bahía Magdalena y consideran que es típico de tortugas que habitan en zonas tropicales y subtropicales. Rodríguez-Barón (2010), a través de isótopos estables del azufre demostró que existe un gradiente latitudinal marcado de la tortuga prieta a 4 sitios de alimentación de Baja California Sur (Ojo de Liebre, San Ignacio, Punta Abreojos y Bahía Magdalena) confirmando fidelidad de esta especie a los sitios de forrajeo.

La afinidad a sitios donde la abundancia y la calidad del alimento es alta, los individuos pueden residir por largos periodos de tiempo, hasta que haya disminución en la disponibilidad de alimento o reducción en las tasas de crecimiento (Bjorndal *et al.*, 2000). Entonces se puede observar que el comportamiento de las tortuga prieta varía conforme la distribución y cantidad de recursos en LOL, lo que demuestra que hay en efecto fidelidad a esta zona, por lo tanto, es necesario mantener y conservarla para evitar influenciar de manera indirecta el comportamiento de las tortugas.

Las recapturas aportaron substancial información acerca de las tasas de crecimiento somático sobre un amplio intervalo de tallas. El promedio de la tasa de crecimiento anual para la tortuga prieta en LOL durante este periodo de estudio fue de 3.13 cm.año^{-1} y es relativamente más alto al obtenido previamente en la misma área por Dos Santos-Días (2011) que fue de 2.68 cm.año^{-1} . Es necesario tomar con reserva este valor ya que en el presente trabajo se contó con un tamaño de muestra menor ($n=16$) y posiblemente pudo aumentar el valor de TCA. Sin embargo, no supera las tasas obtenidas en el Caribe donde al parecer son más rápidas ya que Bjorndal *et al.* (2000) reportan valores de 8 cm.año^{-1} demostrando diferencias en el crecimiento entre las cuencas oceánicas. Tales diferencias pueden deberse a que las temperaturas son más cálidas en el Caribe, la limitación a los recursos es densodependiente, a diferencias genéticas entre las poblaciones así como a la calidad y cantidad de alimento (Bjorndal *et al.*, 2005; Seminoff *et al.*, 2002b).

La tasa de crecimiento de tortuga prieta se considera que es no-monótona, es decir, aumenta en tallas juveniles y comienza a disminuir en individuos de tallas grandes (subadultos-adultos), esta característica es muy particular de la tortuga prieta en el Pacífico ya que las que habitan en el Atlántico no la presentan (Watson, 2006; Kubis *et al.*, 2009). Al parecer en LOL, si se está presentando esta condición en tallas de entre 60 y 70 cm con TCA de alrededor de 3 cm.año^{-1} , sin embargo, como lo mencionan Koch *et al.* (2007) debido a que la muestra es pequeña ($n=16$), la variabilidad individual de la TCA y la poca presencia de tortugas adultas, dificulta concluir si la tasa de crecimiento de los habitantes de LOL y Bahía Magdalena son realmente diferentes al resto de los sitios de alimentación de la península.

Bjorndal *et al.* (2000), aluden que la tasa de crecimiento se ve afectada por la calidad y cantidad de alimento disponible. Se menciona que debido a la sobreexplotación del recurso tortugas ocurrida en la península en décadas pasadas y que incidió en la reducción de la población, ha causado que la tasa de crecimiento sea elevada en esta zona, debido a la abundancia de alimento y poca competencia intraespecífica (Nichols, 2003).

Al momento de reclutarse a las áreas de alimentación, la tortuga prieta cambia sus hábitos alimenticios a herbívoros (Seminoff *et al.*, 2002b) y es posible que el cambio de

dieta incida en la tasa de crecimiento, reduciéndola. Debido a que las tortugas no han adecuado el sistema digestivo para digerir gran cantidad de celulosa que contienen los pastos marinos y macroalgas (Dos Santos-Días, 2011). Por el contrario, el material animal contiene una alta proporción de energía que les permite crecer más rápido, es por ello, que la tasa de crecimiento de tortugas con LRC entre 45 y 55 cm, es menor en los sitios donde la ingestión de material vegetal es mínima, comparado con aquellos en los que el consumo de proteína animal es alto. Tal es el caso de LOL, donde se ha registrado que la tortuga prieta tiene una dieta rica en proteína animal con un consumo de alrededor del 69% aproximadamente (Rodríguez-Barón, 2010).

La tortuga prieta presenta alta fidelidad a este sitio de alimentación debido a que ahí satisface los requerimientos alimenticios necesarios para el crecimiento y desarrollo, consumiendo pastos marinos que le aportan buena cantidad de fibra y complementando con materia animal como fuente de proteína importante para que los individuos sean más robustos y de tallas grandes y por ende, la tasa de crecimiento aumente.

Conclusiones

- La abundancia de juveniles y el ligero incremento de tortugas adultas a través de los años (2009-2012) sugieren que la población tiene una tendencia de crecimiento.
- Existen diferencias en la captura diurna y nocturna, persistiendo un aumento en las capturas diurnas lo que sugiere que la tortuga prieta se mantiene activa durante el día. Esto puede ser el resultado de movimientos propios de la alimentación.
- Las variables explicativas para la CPUE estandarizada de tortuga prieta fueron la captura, longitud de la red, año, mes, monitoreo (diurno-nocturno), salinidad, pleamar, bajamar, pH y el ONI.
- El modelo general lineal para la estandarización del CPUE presentó un buen ajuste, mostró el AIC=-196.87 más bajo, explicó cerca del 99% de la variabilidad de los datos y cumplió con todos los supuestos de los errores.
- La estructura de tallas se encuentra definida por individuos juveniles (85.40%) con LRC promedio de 61.80 cm, los adultos representan el 14.10% con un LRC promedio de 83.50 cm.
- La proporción de sexos en LOL se encuentra sesgada hacia las hembras (3:1), sin embargo, aún es necesario determinar formas más eficientes para llevar a cabo el sexado *in situ*.
- El índice de condición corporal aquí reportado fue alto comparado al de años anteriores, sin cambio significativo entre ellos.
- El número de recapturas indicó que existe fidelidad a esta área de alimentación por parte de la tortuga prieta.

- La tasa de crecimiento individual promedio fue de 3.13 cm.año^{-1} y es considerablemente mayor a otras áreas de alimentación de la península.

Recomendaciones

- Es importante desarrollar estudios comparativos tomando en consideración algunas características del arte de pesca: longitud, material, luz de malla, así como el tiempo de inmersión para hacer más eficiente el monitoreo de tortuga prieta
- El uso de nuevos artes de pesca es necesario que se mantenga a largo plazo y con horario definido.
- La abundancia relativa y distribución de tortuga prieta en LOL puede ser predicha identificando características del hábitat (temperatura, mareas, batimetría, etc.), por lo que es necesario registrar parámetros físicos y químicos durante los monitoreos.
- Aumentar el número de días de monitoreo por mes, para evitar la sobreparametrización por falta de capturas.
- Se recomienda para la identificación correcta del sexo tomar otras medidas morfométricas como longitud precloacal y poscloacal.
- Desarrollar estudios de ecología alimentaria (lavados esofágicos e isótopos estables) que permitan confirmar el consumo de proteína vegetal por parte de la tortuga prieta.

Referencias bibliográficas

- Acevedo-Cervantes, A. (1997). Caracterización ecológica de la comunidad íctica de la Laguna Ojo de Liebre, B.C.S, México. Tesis Maestría. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas. La Paz, B.C.S., México. 123 p.
- Águila-Ramírez, R.N. (1998). Variación estacional de la distribución de las macroalgas en la Laguna Ojo de Liebre, B.C.S. Tesis Maestría. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas. La Paz, B.C.S., México. 68 p.
- Allen, M. (2000). Brief review of evaluation of catch per unit effort (CPE) data. In: Bjorndal, K.A., Bolten, A.B. (Eds.). *Proceedings of a Workshop on Assessing Abundance and Trends for In-water Sea Turtles Populations*. U.S. Dep. Commer. NOAA Technical Memorandum. NMFS-SEFSC-445. 4-9 pp.
- Alvarado, J., Figueroa, A. (1989). Breeding dynamics of the black turtle (*Chelonia agassizii*) in Michoacán, Mexico. In: S.A. Eckert, K.L. Eckert & T.H. Richardson. (Eds.). *Proceedings of the Ninth International Symposium on Sea Turtle Biology and Conservation*, NOAA Technical Memorandum NMFS-SEFC-232, Miami. 5-7 pp.
- Allen, R., Punsly, R. (1984). Catch rates as indices of abundance of yellowfin tuna, *Thunnus albacares*, in the eastern Pacific Ocean. *Inter-American Tropical Tuna Commission Bulletin*, 18:301-379.
- Álvarez-Borrogo, S., Granados-Guzmán, A. (1992). Variación espacio-temporal de temperatura en un hábitat de invierno de la ballena gris: Laguna Ojo de Liebre. *Ciencias Marinas*, 18:151-165.
- Andrade, H.A. (2009). Using delta-gamma generalized linear models to standardize catch rates of yellowfin tuna caught by Brazilian bait-boats. *Collective Volume of Scientific Paper- ICCAT*, 64:1171-1181.
- Aridjis, H. (1990). Mexico proclaims total ban on harvest of turtles and eggs. *Marine Turtle Newsletter*, 50: 1–3.
- Arendt, M., Schwenter, J., Byrd, J. & Whitaker, J.D. (2010). Relative abundance, distribution, and health of sea turtles in near-shore coastal water of the Southeastern United States. Annual Report to the National Marine Fisheries Service National Oceanic and Atmospheric Administration. Charleston, South Carolina. 50 p.
- Arendt, M.D., Schwenter, J.A., Boynton, J., Segars, A.L., Byrd, J.I., Whitaker, J.D. & Parker, L. (2012). Temporal trends (2000-2011) and influences on fishery-independent catch rates for loggerhead sea turtles (*Caretta caretta*) at an important coastal foraging region in the southeastern United States. *Fishery Bulletin*, 110:470-483.

- Avens, L., Braun-McNeil, J., Epperly, S., & Lohmann, K.J. (2003). Site fidelity and homing behavior in juvenile loggerhead sea turtles (*Caretta caretta*). *Marine Biology*, 143:211-220.
- Bass, A.L., Epperly, S.P., & Braun-McNeil, J. (2006). Green turtle (*Chelonia mydas*) foraging and nesting aggregations in the Caribbean and Atlantic: impact of currents and behavior on dispersal. *Journal of Heredity*, 97:346-354.
- Balazs, G.H., Forsyth, R.G., & Kam, A.K.H. (1987). Preliminary assessment of habitat utilization by hawaiian green turtles in their resident foraging pastures. NOAA Technical Memorandum NMFS. NOAA-TM-NMFS-SWFC-71. 106 p.
- Balazs, G.H., Chaloupka, M. (2004). Spatial and temporal variability in somatic growth of green sea turtles (*Chelonia mydas*) resident in the Hawaiian Archipelago. *Marine Biology*, 145:1043-1059.
- Bermúdez-Almada, B. (2003). Ficha Informativa de los Humedales Ramsar (FIR): Laguna Ojo de Liebre. 9 p. Recuperado de: http://ramsar.conanp.gob.mx/docs/sitios/FIR_RAMRSAR/Baja_California_Sur/Laguna_San_Ignacio/Laguna%20San%20Ignacio.pdf
- Bigelow, K.A., Boggs, C.H. & He, X. (1999). Environmental effects on swordfish and blue shark catch rates in the US North Pacific longline fishery. *Fisheries Oceanography*, 8:178-197.
- Bolten, A.B., Bjorndal, K.A., Grumbles, J.S., & Owens, D.W. (1992). Sex ratio and sex-specific growth rates of immature green turtles, *Chelonia mydas*, in the Southern Bahamas. *American Society of Ichthyologists and Herpetologists*, 4:1098-1103.
- Bjorndal, K.A. (1980). Nutritional and grazing behavior of the green turtle *Chelonia mydas*. *Marine Biology*, 56:147-154.
- Bjorndal, K.A. (2000). Prioridades para la investigación en hábitats de alimentación. En: Eckert, K.L., Bjorndal, K.A., Abreu-Grobois, A., & Donnelly, M. (Eds.). *Técnicas de investigación y manejo para la conservación de las tortugas marinas*. UICN/CSE Grupo Especialista en Tortugas Marinas. 260 p.
- Bjorndal, K.A., Bolten, A. (2000). *Proceedings of a workshop on assessing abundance and trends for in-water sea turtle populations*. U.S. Dep. Commer. NOAA Technical Memorandum. NMFS-SEFSC-445, 83 p.
- Bjorndal, K.A., Bolten, A.B., & Chaloupka, M.Y. (2000). Green turtle growth: evidence for density dependence. *Ecological Applications*, 10:269-282.
- Bjorndal, K.A., Bolten, A.B., & Chaloupka, M.Y. (2005). Evaluating trends in abundance of immature green turtles, *Chelonia mydas*, in the greater Caribbean. *Ecological Applications*, 15:304–314.

- Bresette, M.J., Witherington, B.E., Herren, R.M., Bagley, D.A., Gorham, J.C., Traxler, S.L., Crady, C.K., & Hardy, R. (2010). Size-class partitioning and herding in a foraging group of green turtles *Chelonia mydas*. *Endangered Species Research*, 9:105-116.
- Broderick, A.C., Coyne, M.S., Fuller, W.J., Glen, F., & Godley, J.B. (2007). Fidelity and over-wintering of sea turtles. *Proceedings of the Royal Society*, 274:1533-1538.
- Brooks, L.B. (2005). Abundance and tidal movements of green turtle (*Chelonia mydas*) in B.C.S., México. Thesis Master of Science. San José State University. U.S.A. 116 p.
- Brooks, L.B., Harvey, J.T., & Nichols, W.J. (2009). Tidal movements of East Pacific green turtle *Chelonia mydas* at a foraging area in Baja California Sur, México. *Marine Ecology Progress Series*, 386:263-274.
- Buckley, T.R., Cunnigham, C.W. (2002). The effects of nucleotide substitution model assumptions on estimates of nonparametric boot-strap support. *Molecular Biology Evolution*, 19:394-405.
- Burnham, K.P., Anderson, D.R. (2003). *Model selection and multimodel inference: a practical information-theoretic approach*. Springer-Verlag. New York. 488 p.
- Cabello-Pasini, A., Muñoz-Salazar, R., & Ward, D.H. (2003). Annual variations of biomass and photosynthesis in *Zostera marina* at its southern end of distribution in the North Pacific. *Aquatic Botany*, 76:31-47.
- Cabello-Pasini, A., Muñoz-Salazar, R., & Ward, D.H. (2004). Caracterización bioquímica del pasto *Zostera marina* en el límite sur de su distribución en el Pacífico Norte. *Ciencias Marinas*, 30:21-34.
- Chaloupka, M.Y., Musick, J.A. (1997). Age, growth and population dynamics. In: Lutz, P.J. & Musick, J.A (Eds.). *The biology of sea turtles*. CRC Marine Science Series CRC Press Inc. Boca Raton. 235-278 pp.
- Chaloupka, M., Limpus, C. (2001). Trends in the abundance of sea turtles resident in southern Great Barrier Reef waters. *Biological Conservation*, 102:235-249.
- Castro, J., de la Cruz, J., Ramírez, P., y Quiñones, J. (2012). Captura incidental de tortugas marinas durante El Niño 1997-1998 en el norte del Perú. *Latin American Journal of Aquatic Research*, 40: 970-979.
- Chassin-Noria, O., Abreu-Grobois, A., Dutton, P.H., & Oyama, K. (2004). Conservation genetics of the east Pacific green turtle (*Chelonia mydas*) in Michoacan, Mexico. *Genetica*, 121: 195–206.
- Cliffon, K., Cornejo, D.O., & Felger, R.S. 1995. Sea turtles of the Pacific coast of Mexico. In: Bjorndal, K.A. (Ed.). *Biology and conservation of sea turtles*. Smithsonian Institution Press, Washington. 199-209 pp.

- CONANP, Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. (2011). Ficha de identificación. Dirección de Especies Prioritarias para la Conservación. 7 p.
- De la Cruz Agüero, J., Arellano-Martínez, M., y Cota-Gómez, V.M. (1996). Lista sistemática de los peces de las Lagunas Ojo de Liebre y Guerrero Negro, B.C.S., México. *Ciencias Marinas*, 22:111-128.
- Diez, C.E., Ottenwalder, J.A. (2000). Estudios de hábitat. En: Eckert, K.L., Bjorndal, K.A., Abreu-Grobois, A., & Donnelly, M. (Eds.). *Técnicas de investigación y manejo para la conservación de las tortugas marinas*. UICN/CSE Grupo Especialista en Tortugas Marinas Publicación. 260 p.
- Diario Oficial de la Federación (México), (D.O.F.). (2000). Secretaría del Medio Ambiente Recursos Naturales y Pesca: Acuerdo que tiene por objeto dotar con una categoría acorde con la legislación vigente a las superficies que fueron objeto de diversas declaratorias de áreas naturales protegidas emitidas por el Ejecutivo Federal. 6 p. Recuperado de: <http://www.conanp.gob.mx/sig/decretos/Acuer-7jun2000.pdf>
- Diario Oficial de la Federación (México), (D.O.F.). (2010). NOM-059-SEMARNAT-2010. Protección ambiental de especies nativas de México de flora y fauna silvestres. Categorías de riesgo y especificaciones para la inclusión, exclusión o cambio de listas de especies en riesgo. 153 p.
- Dos Santos-Díaz, B. (2011). Abundancia de la tortuga negra *Chelonia mydas* (Linnaeus 1758) a través de datos de marcaje-recaptura en áreas de alimentación de Baja California Sur, México. Tesis Maestría. Universidad Autónoma de Baja California Sur, La Paz, B.C.S., México. 67 p.
- Eaton, C., Mc Michael, E., Witherington, B.E., Foley, A., Hardy, R., & Meylan, A.B. (2008). In-water sea turtle monitoring and research in Florida: review and recommendations. NOAA Technical Memorandum NMFS-OPR-38. Silver Spring, Maryland. 233 p.
- Eckert, K.L. (1993). The biology and population state of marine turtles in the North Pacific Ocean. NOAA Technical Memorandum NMFS-SWFSC-186.
- Eguchi, T., Seminoff, J.A., LeRoux, R.A., Dutton P.H., & Dutton, D.L. (2010). Abundance and survival rates of green turtles in an urban environment: coexistence of humans and an endangered species. *Marine Biology*, 157:1869-1877.
- Epperly, S.P., Braun-McNeill, J., & Richards, P.M. (2007). Trends in catch rates of sea turtles in North Carolina, USA. *Endangered Species Research*, 3: 283-293.
- Ferreira, R.L., Martins, H.R., Bolten, A.B., Santos, M.A., & Erzini, K. (2010). Influence of environmental and fishery parameters of loggerhead sea turtles by-catch in the longline fishery in the Azores archipelago and implication for conservation. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 1:9.

- Gatica, C., Hernández, A. (2003). Tasas de captura estandarizadas como índice de abundancia relativa en pesquerías: enfoque por Modelos Lineales Generalizados. *Investigaciones Marinas*, 31:107-115.
- Gutiérrez de Velasco, G. (2000). Análisis de la circulación y condiciones físicas de la Laguna Ojo de Liebre, B.C.S., con relación a la mortandad de tortugas marinas durante diciembre de 1997. CICESE Unidad La Paz. México. 45 p. Recuperado de: http://bcs.cicese.mx/ggutierr/Reimpresos/2000_Laguna%20Ojo%20de%20Liebre.pdf
- Grupo Tortuguero de las Californias (G.T.C.). (2013). XV Reunión del Grupo Tortuguero de las Californias. 24-27 Enero. Loreto, Baja California Sur.
- Hazel, J., Lawler, I.R., & Hamann, M. (2009). Diving at the shallow end: Green turtle behaviour in near shore foraging habitat. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 371:84-92.
- Henwood, T.A., Epperly, S.P. (2000). Estudios aéreos en áreas de alimentación. En: Eckert, K.L., Bjorndal, K.A., Abreu-Grobois, A., & Donnelly, M. (Eds.). *Técnicas de investigación y manejo para la conservación de las tortugas marinas*. UICN/CSE Grupo Especialista en Tortugas Marinas Publicación. 260 p.
- Hernández-Ayón, J.M., Camacho-Ibar, V.F., Mejía-Trejo, A., & Cabello-Pasini, A. (2007). Variabilidad del CO₂ total durante eventos de surgencia en Bahía de San Quintín, Baja California, México. En: Hernández-dela Torre, B., Gaxiola-Castro, G. (Eds.). *Carbono en ecosistemas marinos de México*. INE, SEMANART, CICESE. México. 187-220 pp.
- Hilborn, R., Walters, C.J. (1992). *Quantitative fisheries stock assessment: choice, dynamics and uncertainty*. Chapman and Hall. New York. 570 p.
- Hinton, M.G., Maunder, M.N. (2003). Methods for standardizing CPUE and how to select among them. Inter-American Tropical Tuna Commission. 13 p. Recuperado de: <http://www.iattc.org/PDFFiles/Methods%20for%20standardizing%20CPUE.pdf>
- Holloway-Adkins, K.G., Kubis, S.A., Maharaj, A.M., & Ehrhart, L.M. (2002). Extraordinary capture rates of juvenile green turtles over a near shore reef Sebastian, Florida in the summer of 1999. In: A. Mosier, A. Folley y B. Brost (Eds.). *Proceedings of the Twentieth Annual Symposium on Sea Turtle Biology and Conservation*. NOAA Technical Memorandum. NMFS-SEFSC-477, 369 p.
- Juárez-Cerón, A.J., Sarti-Martinez, A.L., & Dutton, P.H. (2002). First study of the green/black turtles of the Revillagigedo Archipelago: a unique nesting stock in the Eastern Pacific. In: Seminoff, J.A. (Ed.). *Proceedings of the Twenty Second Annual Symposium on Sea Turtles Biology and Conservation*. NOAA Technical Memorandum NMFS-SEFSC-503. 308 p.
- Jul-Larsen, E., Kolding, J., Overå, R., Raakjaer-Nielsen, J., & van Zwieten, P.A.M. (2003). Management, co-management or no management? Major dilemmas in

- southern African freshwater fisheries. 1. Synthesis report. FAO Fisheries Technical Paper. Rome, FAO. 127 p.
- Karl, S.A., Bowen. B.W. (1999). Evolutionary significant units versus geopolitical taxonomy: molecular systematics of an endangered sea turtle (genus *Chelonia*). *Conservation Biology*, 13:990–999.
- Kenney, R.D., Shoop, C.R. (2012). Aerial surveys of marine turtles. In: Mc Diarmid, R.W., Foster, M.S., Guyer, C., Gibbons, J.W., & Chernoff, N. (Eds.). *Reptile Biodiversity: standard methods for inventory and monitoring*. University of California Press, Berkeley, California. 264- 271 pp.
- King, M. (1995). *Fisheries biology, assessment and management*. Blackwell Science. Oxford, 341 p.
- Koch, V., Brooks, L., & Nichols, W.J. (2007). Population ecology of the green/black turtle (*Chelonia mydas*) in Bahia Magdalena, Mexico. *Marine Biology*, 153:35-46.
- Kubis, S., Chaloupka, M., Llewellyn, E., & Bresette, M. (2009). Growth rates of juvenile Green turtles *Chelonia mydas* from three ecologically distinct foraging habitats along the east central coast of Florida, USA. *Marine Ecology Progress Series*, 389:257-269.
- Labrada-Martagón, V., Méndez-Rodríguez, L.C., Gardner, S.C., Cruz-Escalona, V.H., & Zenteno-Savín, T. (2010). Health indices of the green turtle (*Chelonia mydas*) along the Pacific Coast of Baja California Sur, Mexico. II. Body Condition Index. *Chelonian Conservation and Biology*, 9:173-183.
- Landry, A.M. (2000). Population assessment of kemp's riddle. y sea turtles in the Northwest Gulf of Mexico. In: Bjordnal, K.A., & Bolten, A. (Eds.). *Proceedings of a workshop on assessing abundance and trends for in-water sea turtle populations*. U.S. Dep. Commer. NOAA Technical Memorandum. NMFS-SEFSC-445, 52-53 pp.
- Landry, A.M., Costa, D.T., Kenyon, F.L., Hadler, M.C., Coyne, M.S., Hoopes, L.A., Orvik, L.M., St. John, K.E., & VanDenburg, K.J. (1996). Exploratory analysis of the occurrence of kemp's ridley in inland waters of Texas and Louisiana. Albuquerque, New Mexico. 77 p.
- León, Y.M., Diez, C.E. (1999). Population structure of hawksbill turtles on a foraging ground in the Dominican Republic. *Chelonian Conservation Biology*, 3:230-326.
- Limpus, C.J., J.D. Miller, C.J. Parmenter, D. Reimer, N. McLachlan & R. Webb. (1992). Migration of green (*Chelonia mydas*) and loggerhead (*Caretta caretta*) turtles to and from eastern Australian rookeries. *Wildlife Research*, 19:347-58.
- Limpus, C., Limpus, D. (2000). Mangroves in the diet of *Chelonia mydas* in Queensland, Australia. *Marine Turtle Newsletter*, 89:13–15.

- Lin, L.I.K. (1989). A concordance correlation coefficient to evaluate reproducibility. *Biometrics*, 45:255-268.
- López-Barrera, E.A., Longo, G.O., & Monteiro-Filho, E.L.A. (2012). Incidental capture of green turtle (*Chelonia mydas*) in gillnets of small-scale fisheries in the Paranguá Bay, Southern Brazil. *Ocean & Coastal Management*, 60: 11-18.
- López-Castro, M.C., Koch, V., Mariscal-Loza, A., & Nichols, W.J. (2010). Long-term monitoring of black turtles *Chelonia mydas* at coastal foraging areas off the Baja California Peninsula. *Endangered Species Research*, 11:35-45.
- López-Mendilaharsu, M., Gardner, S.C., Riosmena-Rodríguez, R., & Seminoff, J.A. (2003). Feeding ecology of the east Pacific Green turtle (*Chelonia mydas agassizii*). In: Seminoff, J.A. (Ed.). *Proceedings of the Twenty-Second Annual Symposium Sea Turtle Biology and Conservation*. NOAA Technical Memorandum NMFS-SEFSC-503. 308 p.
- López-Mendilaharsu, M., Gardner, S.C., Seminoff, J.A., & Riosmena-Rodríguez, R. (2005). Identifying critical foraging habitats of the Green turtle (*Chelonia mydas*) along the Pacific coast of the Baja California peninsula, Mexico. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 15: 259-269.
- López-Mendilaharsu, M., Gardner, S.C., Riosmena-Rodríguez, R., & Seminoff, J.A. (2008). Diet selection by immature (*Chelonia mydas*) at Bahía Magdalena foraging ground in the Pacific Coast of the Baja California Peninsula, México. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 88: 641-647.
- McClellan, C.M., Read, A.J. (2009). Confronting the gauntlet: understanding incidental capture of green turtles through fine-scale movement studies. *Endangered Species Research*, 10:165:179.
- Mancini, A., Koch, V. (2009). Sea turtle consumption and black market trade in Baja California Sur, Mexico. *Endangered Species Research*, 7:1-10.
- Maptool. (2002). SEATURTLE.ORG, Inc. <http://www.seaturtle.org/maptool/> (acquisition date).
- Mariscal-Loza, A. (2008). Estado de la población de la tortuga prieta (*Chelonia mydas*) en las áreas de alimentación de la Península de Baja California, México. Tesis Maestría. Universidad Autónoma de Baja California Sur, La Paz, B.C.S, México. 70 p.
- Márquez, R. (1990). *Sea turtles of the world. A noted and illustrated catalogue of sea turtle species known to date*. FAO Fisheries Synopsis. Roma. 81p.
- Mäthger, L.M., Litherland, L., & Fritsches, K.A. (2007). An anatomical study of the visual capabilities of the green turtle, *Chelonia mydas*. *Copeia*, 1:169–179.

- Maunder, M.N., Punt, A.E. (2004). Standardizing catch and effort data: a review of recent approaches. *Fisheries Research*, 70:141-159.
- Mendonça, M.T. (1983). Movements and feeding ecology of immature green turtles (*Chelonia mydas*) in a Florida lagoon. *Copeia*, 4:1013-1023.
- Murray, K.T. (2009). Characteristics and magnitude of sea turtle bycatch in US mid-Atlantic gillnet gear. *Endangered Species Research*, 8:211-224.
- Musick, J.A., Limpus, C.J. (1997). Habitat utilization and migration in juveniles sea turtles. In: P.L. Lutz y J.A. Musick (Eds.). *The biology of sea turtles*. CRC Press, Boca Raton. 137- 163 pp.
- Nichols, W.J. (2003). Biology and conservation of sea turtles in Baja California, Mexico. Ph.D. Dissertation, University of Arizona, Tucson.
- NRC (National Research Council). (2010). Assessment of sea-turtle status and trends: integrating demography and abundance. Washington, D.C. The National Academies Press. 174 p.
- Peckham, SH, Maldonado-Díaz, D., Koch, V., Mancini, A., Gaos, A., Tinker, M.T. & Nichols, W.J. (2008). High mortality of loggerhead turtles due to bycatch, human consumption and strandings at Baja California Sur, Mexico, 2003 to 2007. *Endangered Species Research*, 5:171-183.
- Phillips, B. (2000). Juvenile hawksbills in Buck Island Reef National Monument, St. Croix, US Virgin Islands. In: Bjorndal, K.A., & Bolten, A.B. (Eds.). *Proceedings of a workshop on assessing abundance and trends for in-water sea turtle populations*. NOAA Technical Memorandum NMFS-SEFSC-445, 83 p.
- Pons, M., Domingo, A., Sales, G., Niemeyer-Fiedler, F., Miller, P., Giffoni, B., & Ortiz, M. (2010). Standardization of CPUE of loggerhead sea turtle (*Caretta caretta*) caught by pelagic longliners in the Southwestern Atlantic Ocean. *Aquatic Living Resources*, 23:65-75.
- Pritchard, P.C.H., Mortimer, J.A. (2000). Taxonomía e identificación de especies. En: Eckert, K.L., Bjorndal, K.A., Abreu-Grobois, A., & Donnelly, M. (Eds.). *Técnicas de investigación y manejo para la conservación de las tortugas marinas*. UICN/CSE Grupo Especialista en Tortugas Marinas Publicación. 260 p.
- Revelles, M., Caminas, J.A., Cardona, L., Parga, M., Tomás, J., Aguilar, A., Alegre, F., Raga, A., Bertolero, A., & Oliver, G. (2008). Tagging reveals limited exchange of immature loggerhead sea turtles (*Caretta caretta*) between regions in the western Mediterranean. *Scientia Marina*, 72:511-518.
- Rodríguez-Barón, J.M. (2010). Afinidad trófica a zonas de alimentación de la tortuga verde (*Chelonia mydas*) en la costa occidental de Baja California Sur, México. Tesis Maestría. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas. La Paz, B.C.S., México. 98 p.

- Santacruz-López, E. (2012). Monitoreo estandarizado de la población de tortugas marinas en la Reserva de la Biósfera Bahía de Los Ángeles, Baja California, México. Tesis Maestría. Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California, México. 124 p.
- Sasso, C.R., Epperly, S.P. (2006). Seasonal sea turtle mortality risk from forced submergence in bottom trawls. *Fisheries Research*, 81:86-88.
- Shaver, D.J. (1994). Relative abundance, temporal patterns, and growth sea turtles at the Mansfield Channel, Texas. *Journal of Herpetology*, 28:491-497.
- Scott, M. (1994). Feeding ecology of subadult green sea turtles in South Texas waters. Thesis Master of Science. University of Florida. U.S.A. 76 p.
- Seminoff, J.A. (2000). Biology of the East Pacific green turtle *Chelonia mydas agassizii*, at a warm temperate feeding area in the Gulf of California, Mexico. Thesis PhD. The University of Arizona. U.S.A. 249 p.
- Seminoff, J.A., Reséndiz, A., & Nichols, W.J. (2002a). Home range of green turtles *Chelonia mydas* at a coastal foraging area in the Gulf of California, Mexico. *Marine Ecology Progress Series*, 242: 253–265.
- Seminoff, J.A., Resendiz, A., & Nichols, W.J. (2002b). Diet of East Green turtle (*Chelonia mydas*) in the Central Gulf of California, México. *Journal of Herpetology*, 36:447-453.
- Seminoff, J.A., Reséndiz, A., Jones, T.T., Nichols, W.J., & Chaloupka, M.Y. (2003). Monitoring green turtles (*Chelonia mydas*) at a coastal foraging area in Baja California, Mexico: multiple indices describe population status. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*. 83:1355-1362.
- Seminoff, J.A., Jones, T.T. (2006). Diel movements and activity ranges of green turtle (*Chelonia mydas*) at a temperate foraging area in the Gulf of California, México. *Herpetological Conservation and Biology*, 1:81-86.
- Senko, J., Koch, V., Megill, W.M., Carthy, R.R., Templeton, R.P., & Nichols, W.J. (2010). Fine scale daily movements and habitat use of East Pacific green turtles at a shallow coastal lagoon in Baja California Sur, Mexico. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 391:92-100.
- Smith, J. (2008). In-water monitoring of sea turtle aggregations in St. Eustatius National Marine Park. St. Eustatius National Park. 23 p.
- Southwood, A., Fritsches, K., Brill, R., & Swimmer, Y. (2008). Sound, chemical, and light detection in sea turtles and pelagic fishes: sensory-based approaches to bycatch reduction in longline fisheries. *Endangered Species Research*, 5:225-238.
- Watson, D.M. (2006). Growth rates of sea turtles in Watamu, Kenya. *Earth & Environment*, 2:29-53.

- Whiting, S.D., Miller, J.D. (1998). Short term foraging ranges of adult green turtles (*Chelonia mydas*). *Journal of Herpetology*, 32:330-337.
- Wong, J.W., Fidler, S., & Swimmer, Y. (2010). Developing visual deterrents to reduce sea turtle bycatch in gill net fisheries. *Marine Ecology Progress Series*, 408:241-250.
- Zar, J.H. (1999). *Biostatistical analysis*. Prentice Hall. New Jersey. 662 p.

Anexo 1

Modelos resultantes en el método por pasos para la CPUE de tortuga prieta en Laguna Ojo de Liebre

```
>modelo=glm(logCPUE~0+logcaptura+logred+logtiempo+año+mes+monitoreo+porcen
taje.luna.iluminada+pleamar+bajamar+turbidez+salinidad+pH+ONI+logcaptura*log
tiempo+logcaptura*logred+pH*bajamar+bajamar*mes+logred*logtiempo,data=lo
l)
> step(modelo)
```

Start: AIC=-187.1

```
logCPUE ~ 0 + logcaptura + logred + logtiempo + año + mes + monitoreo +
porcentaje.luna.iluminada + pleamar + bajamar + turbidez + salinidad + pH
+ ONI + logcaptura * logtiempo + logcaptura *
  logred + pH * bajamar + bajamar * mes + logred * logtiempo
```

	Df	Deviance	AIC
- porcentaje.luna.iluminada	1	0.0040626	-189.06
- mes:bajamar	1	0.0040677	-189.01
- logred:logtiempo	1	0.0040778	-188.92
- año	1	0.0041048	-188.69
- logcaptura:logtiempo	1	0.0042365	-187.55
- salinidad	1	0.0042398	-187.52
- turbidez	1	0.0042643	-187.31
<none>		0.0040578	-187.10
- bajamar:pH	1	0.0043294	-186.77
- ONI	1	0.0047183	-183.67
- pleamar	1	0.0048554	-182.64
- monitoreo	1	0.0051499	-180.52
- logcaptura:logred	1	0.0090320	-160.29

Step: AIC=-189.06

```
logCPUE ~ logcaptura + logred + logtiempo + año + mes + monitoreo +
  pleamar + bajamar + turbidez + salinidad + pH + ONI +
logcaptura:logtiempo + logcaptura:logred + bajamar:pH + mes:bajamar +
logred:logtiempo - 1
```

	Df	Deviance	AIC
- mes:bajamar	1	0.0040689	-191.00
- logred:logtiempo	1	0.0040783	-190.92
- año	1	0.0041118	-190.62
- turbidez	1	0.0042643	-189.31
<none>		0.0040626	-189.06
- salinidad	1	0.0042986	-189.02
- logcaptura:logtiempo	1	0.0043032	-188.99
- bajamar:pH	1	0.0043331	-188.74
- pleamar	1	0.0048823	-184.44
- ONI	1	0.0049416	-184.00

```
- monitoreo          1 0.0051799 -182.31
- logcaptura:logred  1 0.0120978 -151.77
```

Step: AIC=-191

```
logCPUE ~ logcaptura + logred + logtiempo + año + mes + monitoreo +
  pleamar + bajamar + turbidez + salinidad + pH + ONI +
logcaptura:logtiempo + logcaptura:logred + bajamar:pH + logred:logtiempo -
1
```

	Df	Deviance	AIC
- mes	1	0.0040705	-192.99
- logred:logtiempo	1	0.0040838	-192.87
- año	1	0.0041171	-192.58
- turbidez	1	0.0042739	-191.23
- salinidad	1	0.0042990	-191.02
<none>		0.0040689	-191.00
- logcaptura:logtiempo	1	0.0043045	-190.97
- bajamar:pH	1	0.0043400	-190.68
- pleamar	1	0.0048913	-186.37
- ONI	1	0.0049447	-185.98
- monitoreo	1	0.0052161	-184.06
- logcaptura:logred	1	0.0120987	-153.77

Step: AIC=-192.99

```
logCPUE ~ logcaptura + logred + logtiempo + año + monitoreo +
  pleamar + bajamar + turbidez + salinidad + pH + ONI +
logcaptura:logtiempo + logcaptura:logred + bajamar:pH + logred:logtiempo -
1
```

	Df	Deviance	AIC
- logred:logtiempo	1	0.0040865	-194.85
- año	1	0.0041333	-194.44
- turbidez	1	0.0042751	-193.22
<none>		0.0040705	-192.99
- logcaptura:logtiempo	1	0.0043105	-192.93
- salinidad	1	0.0043384	-192.69
- bajamar:pH	1	0.0044789	-191.54
- pleamar	1	0.0049465	-187.97
- monitoreo	1	0.0053020	-185.47
- ONI	1	0.0058208	-182.11
- logcaptura:logred	1	0.0121516	-155.61

Step: AIC=-194.85

```
logCPUE ~ logcaptura + logred + logtiempo + año + monitoreo +
  pleamar + bajamar + turbidez + salinidad + pH + ONI
logcaptura:logtiempo + logcaptura:logred + bajamar:pH - 1
```

	Df	Deviance	AIC
- turbidez	1	0.0042864	-195.13
- logcaptura:logtiempo	1	0.0043130	-194.90
<none>		0.0040865	-194.85
- bajamar:pH	1	0.0045487	-192.99

```

- salinidad                1 0.0047235 -191.63
- pleamar                  1 0.0049623 -189.85
- monitoreo                1 0.0053254 -187.31
- ONI                      1 0.0071532 -176.69
- año                      1 0.0079096 -173.07
- logcaptura:logred        1 0.0128715 -155.54

```

Step: AIC=-195.13

```

logCPUE ~ logcaptura + logred + logtiempo + año + monitoreo +
  pleamar + bajamar + salinidad + pH + ONI + logcaptura:logtiempo +
  logcaptura:logred + bajamar:pH - 1

```

	Df	Deviance	AIC
- logcaptura:logtiempo	1	0.0045055	-195.33
<none>		0.0042864	-195.13
- bajamar:pH	1	0.0047295	-193.59
- salinidad	1	0.0048836	-192.43
- pleamar	1	0.0049875	-191.67
- monitoreo	1	0.0054420	-188.53
- ONI	1	0.0071700	-178.61
- año	1	0.0082729	-173.46
- logcaptura:logred	1	0.0131286	-156.83

Step: AIC=-195.33

```

logCPUE ~ logcaptura + logred + logtiempo + año + monitoreo +
  pleamar + bajamar + salinidad + pH + ONI + logcaptura:logred +
  bajamar:pH - 1

```

	Df	Deviance	AIC
- logtiempo	1	0.0045640	-196.87
<none>		0.0045055	-195.33
- bajamar:pH	1	0.0048155	-194.94
- pleamar	1	0.0051377	-192.60
- salinidad	1	0.0053648	-191.05
- monitoreo	1	0.0054442	-190.52
- ONI	1	0.0072108	-180.40
- año	1	0.0085393	-174.31
- logcaptura:logred	1	0.0157626	-152.25

Step: AIC=-196.87

```

logCPUE ~ logcaptura + logred + año + monitoreo + pleamar + bajamar +
  salinidad + pH + ONI + logcaptura:logred + bajamar:pH - 1

```

	Df	Deviance	AIC
<none>		0.0045640	-196.87
- bajamar:pH	1	0.0048268	-196.85
- pleamar	1	0.0051773	-194.33
- salinidad	1	0.0055205	-192.02
- monitoreo	1	0.0056625	-191.10
- ONI	1	0.0072820	-182.05
- año	1	0.0103621	-169.35
- logcaptura:logred	1	0.0174445	-150.60

```
Call: glm(formula = logCPUE ~ logcaptura + logred + año + monitoreo +
  pleamar + bajamar + salinidad + pH + ONI + logcaptura:logred +
  bajamar:pH - 1, data = lol)
```

Coefficients:

	logcaptura	bajamar	logred	salinidad	año	monitoreo
pleamar	-1.456823		-1.001317		0.002056	0.017400
	-0.017468	0.344619		0.003369		0.042316
	ONI	logcaptura:logred		bajamar:pH		
	-0.024383	0.325717		-0.041970		

Degrees of Freedom: 36 Total (i.e. Null); 25 Residual

Null Deviance: 0.655

Residual Deviance: 0.004564 AIC: -196.9

>

Anexo 2

Análisis de residuales del modelo ajustado para la CPUE

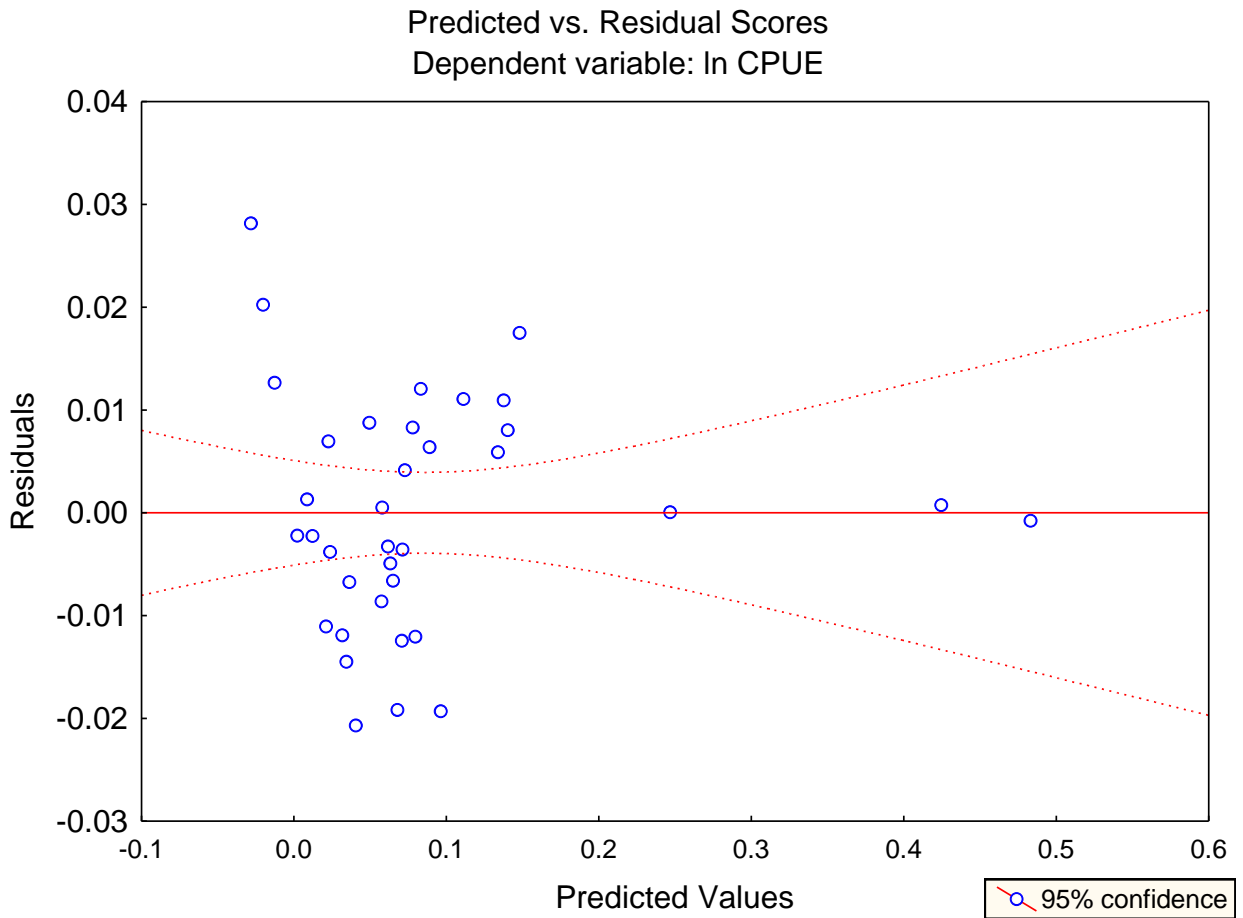
- En los residuales debe haber aleatoriedad y la media es igual a cero ($E[e_i] = 0$)

Case	Observed	Predicted	Residual	Standard	Standard	Std.Err.	Mahalanobis	Deleted	Cook's
					Residual	Pred. Val	Distance	Residual	Distance
1	0.048790	0.067960	-0.019170	-0.16129	-1.41480	0.008106	12.88468	-0.029856	0.157970
2	0.058269	0.064879	-0.006610	-0.19044	-0.48784	0.006507	8.30121	-0.008591	0.008427
3	0.000000	-0.028182	0.028182	-1.07084	2.07987	0.007542	11.15335	0.040832	0.255772
4	0.058269	0.070690	-0.012422	-0.13546	-0.91674	0.005794	6.58355	-0.015201	0.020926
5	0.058269	0.057751	0.000517	-0.25787	0.03819	0.007839	12.04805	0.000778	0.000100
6	0.076961	0.096247	-0.019286	0.10633	-1.42338	0.007648	11.47027	-0.028305	0.126397
7	0.095310	0.088922	0.006388	0.03703	0.47144	0.008655	14.68763	0.010790	0.023521
8	0.148420	0.137483	0.010937	0.49644	0.80720	0.008925	15.62048	0.019321	0.080201
9	0.425268	0.424517	0.000750	3.21195	0.05537	0.011153	24.39220	0.002327	0.001816
10	0.019803	0.023600	-0.003797	-0.58096	-0.28022	0.006392	8.01110	-0.004884	0.002628
11	0.019803	0.034292	-0.014489	-0.47981	-1.06936	0.005854	6.71931	-0.017814	0.029330
12	0.009950	0.008649	0.001302	-0.72241	0.09608	0.006202	7.54215	0.001647	0.000281
13	0.122218	0.111138	0.011079	0.24720	0.81768	0.006679	8.74610	0.014635	0.025765
14	0.009950	0.012214	-0.002264	-0.68868	-0.16707	0.006295	7.77115	-0.002887	0.000891
15	0.000000	-0.012659	0.012659	-0.92399	0.93426	0.007298	10.44282	0.017831	0.045671
16	0.019803	0.031716	-0.011913	-0.50418	-0.87924	0.009366	17.20212	-0.022815	0.123165
17	0.148420	0.140381	0.008039	0.52385	0.59333	0.007851	12.08591	0.012102	0.024348
18	0.482426	0.483182	-0.000756	3.76695	-0.05581	0.012095	28.68285	-0.003720	0.005461
19	0.165514	0.148011	0.017503	0.59604	1.29179	0.007178	10.10328	0.024332	0.082274

Continuación...

Case	Observed	Predicted	Residual	Standard	Standard Residual	Std.Err. Pred. Val	Mahalanobis Distance	Deleted Residual	Cook's Distance
20	0.139762	0.133868	0.005894	0.46224	0.43498	0.008510	14.20178	0.009734	0.018508
21	0.000000	0.002236	-0.002236	-0.78308	-0.16500	0.009226	16.69048	-0.004168	0.003989
22	0.067659	0.071241	-0.003583	-0.13025	-0.26440	0.006018	7.10058	-0.004463	0.001945
23	0.095310	0.083262	0.012048	-0.01652	0.88916	0.004983	4.86956	0.013932	0.013001
24	0.058269	0.049491	0.008778	-0.33602	0.64787	0.005897	6.81924	0.010830	0.011001
25	0.067659	0.079684	-0.012026	-0.05037	-0.88751	0.005191	5.28377	-0.014094	0.014437
26	0.029559	0.036282	-0.006723	-0.46098	-0.49617	0.006277	7.72587	-0.008560	0.007786
27	0.246860	0.246819	0.000041	1.53083	0.00301	0.013407	35.24453	0.001941	0.001826
28	0.086178	0.077858	0.008319	-0.06764	0.61400	0.006071	7.22768	0.010409	0.010772
29	0.009950	0.021006	-0.011056	-0.60550	-0.81594	0.005737	6.45266	-0.013470	0.016104
30	0.048790	0.057415	-0.008625	-0.26105	-0.63656	0.006014	7.09192	-0.010741	0.011254
31	0.058269	0.061540	-0.003271	-0.22202	-0.24144	0.004780	4.48093	-0.003737	0.000861
32	0.029559	0.022596	0.006963	-0.59046	0.51388	0.006007	7.07495	0.008666	0.007308
33	0.000000	-0.020252	0.020252	-0.99582	1.49464	0.007613	11.36424	0.029594	0.136897
34	0.058269	0.063176	-0.004907	-0.20654	-0.36218	0.006242	7.64099	-0.006230	0.004079
35	0.076961	0.072795	0.004166	-0.11555	0.30749	0.005943	6.92636	0.005159	0.002536
36	0.019803	0.040492	-0.020690	-0.42115	-1.52695	0.005226	5.35626	-0.024306	0.043525
Minimum	0.000000	-0.028182	-0.020690	-1.07084	-1.52695	0.004780	4.48093	-0.029856	0.000100
Maximum	0.482426	0.483182	0.028182	3.76695	2.07987	0.013407	35.24453	0.040832	0.255772
Mean	0.085008	0.085008	-0.000000	-0.00000	-0.00001	0.007237	11.00000	0.000306	0.036688
Median	0.058269	0.064028	-0.000358	-0.19849	-0.02640	0.006449	8.15616	-0.001055	0.012128

- Los residuales deben presentar una varianza constante ($Var[\varepsilon_i] = \sigma$)

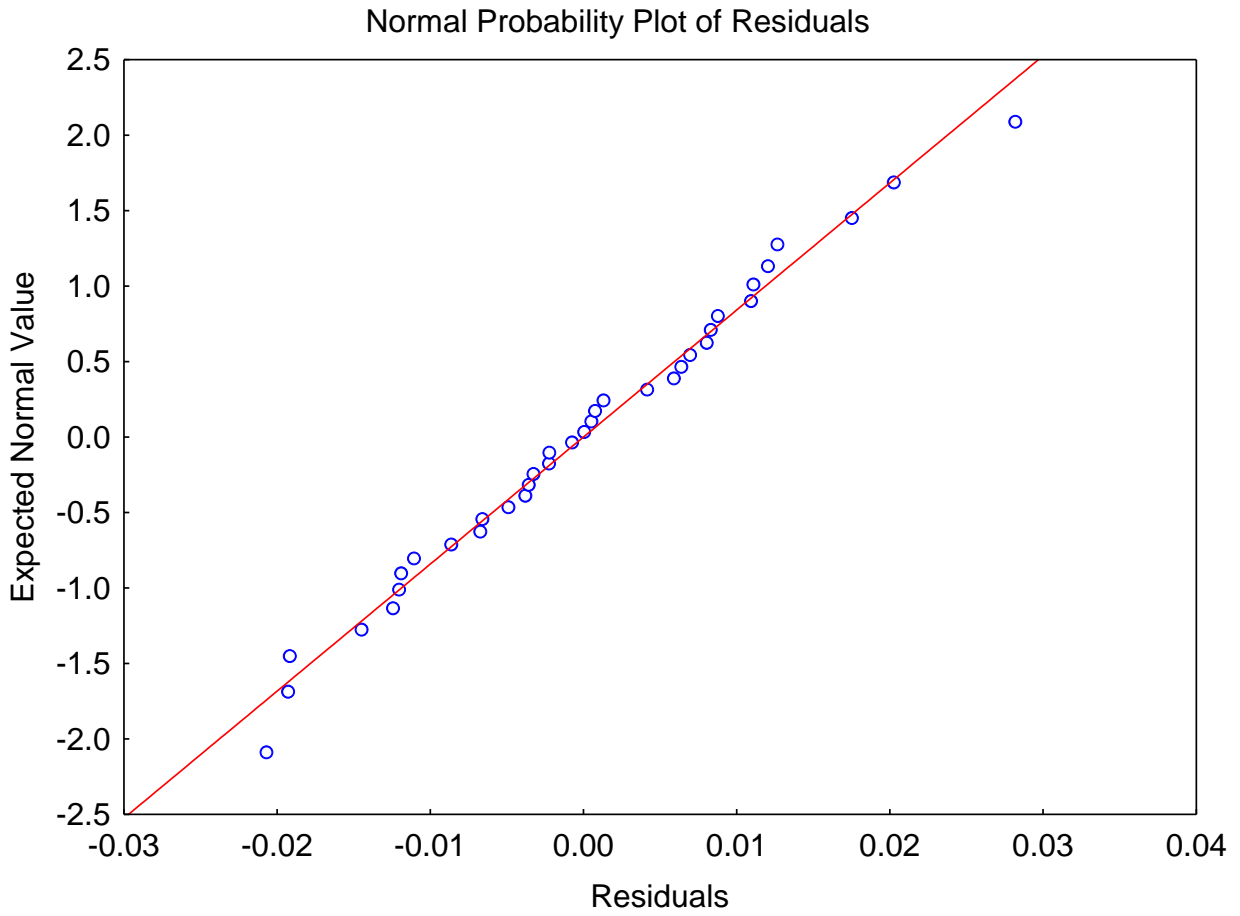


- Los residuales deben ser independientes ($var e_i \neq e_j$)

Durbin-Watson d and serial correlation of residuals

	Durbin-Watson	Serial correlation
Estimate	2.115713	-0.159387

- Normalidad en los residuales



- No presencia de puntos extremos

Standard Residuals								Outliers					
Case	-5.	-4.	-3.	±2.	3.	4.	5.	Observed Value	Predicted Value	Residual	Standard Pred. v.	Standard Residual	Std.Err. Pred.Val
3	.	.	.	*	.	.	.	0.00	-0.03	0.03	-1.07	2.08	0.01
Minimum	.	.	.	*	.	.	.	0.00	-0.03	0.03	-1.07	2.08	0.01
Maximum	.	.	.	*	.	.	.	0.00	-0.03	0.03	-1.07	2.08	0.01
Mean	.	.	.	*	.	.	.	0.00	-0.03	0.03	-1.07	2.08	0.01
Median	.	.	.	*	.	.	.	0.00	-0.03	0.03	-1.07	2.08	0.01