



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE  
MÉXICO**

---

---

**FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y  
ZOOTECNIA**

EFFECTO DEL USO DE CONCENTRADO  
INCLUIDO EN UNA DIETA EN FORMA DE  
GELATINA SOBRE CONSUMO,  
DIGESTIBILIDAD APARENTE DE MATERIA  
SECA Y RESPUESTA MORFOMÉTRICA EN  
TORTUGA BLANCA *Chelonia mydas* EN  
CRECIMIENTO

**T E S I S**

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

**MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA**

P R E S E N T A

**JAIME OLLERVIDES ARRIAGA**

ASESORES

MC JESÚS MANUEL CORTÉZ SÁNCHEZ  
MVZ ANA CECILIA NEGRETE PHILIPPE



Ciudad Universitaria, Cd. Mx.

2016



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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

## **AGRADECIMIENTOS**

A mis padres, por brindarme sus enseñanzas, valores y consejos en todos los momentos de mi vida, pero sobre todo por darme su amor y apoyo incondicional.

A mis hermanas, que siempre han creído en mí, por ser el mejor ejemplo a seguir, gracias por todo su amor y apoyo que me han brindado en todo momento.

A mis asesores, el MC Manuel Cortéz por la oportunidad que me dio para hacer ese trabajo posible, por su gran apoyo, paciencia y sus notables sugerencias y observaciones para concretar este trabajo. A la MVZ Ana Negrete por darme la oportunidad de trabajar con esta increíble especie, por su atención, conocimientos y confianza brindada.

A mi jurado, la QA. Agueda García, el Dr. Carlos Gutiérrez, el Biol. Henry Carmona, el MVZ Ricardo Czaplewski, por su tiempo, conocimiento y dedicación para las correcciones de este trabajo.

Al Parque Ecológico Xcaret, por las facilidades otorgadas en sus instalaciones para la realización de este trabajo. A los médicos veterinarios y técnicos del parque, por brindarme su experiencia, apoyo y recomendaciones hacia este trabajo. A mis compañeros, por darme su apoyo y compañía durante mi estancia, de los cuales me llevo una gran amistad.

A mis amigos, por su compañía y apoyo brindados durante la carrera y por todos los momentos que hemos compartido.

A todas las personas que me apoyaron en Cancún, sobre todo a mi cuñado, por darme su apoyo, confianza y cariño en todo momento.



## CONTENIDO

Resumen .....	1
Introducción .....	2
Revisión de literatura .....	3
Descripción.....	5
Anatomía digestiva .....	6
Reproducción.....	7
Distribución.....	8
Importancia de la tortuga marina.....	9
Antecedentes .....	10
Crianza en cautiverio .....	13
Alimentación .....	14
Alimentación en cautiverio .....	16
Justificación .....	19
Hipótesis .....	19
Objetivos generales.....	19
Objetivos específicos .....	19
Material y Métodos .....	21
Alojamiento .....	21
Manejo .....	22
Alimentación .....	22
Toma de Muestras.....	23
Morfometría y peso.....	25
Análisis bromatológico .....	27
Digestibilidad aparente de la Materia Seca (MS).....	27
Análisis estadístico .....	28
Resultados.....	29
a) Supervivencia .....	29
b) Parámetros productivos.....	32
Ganancia de peso .....	32

Consumo de alimento.....	35
Conversión alimenticia.....	37
c) Parámetros morfométricos .....	39
Caparazón.....	39
Plastrón.....	42
d) Digestibilidad aparente de la materia seca.....	46
Discusión .....	47
a) Supervivencia .....	47
b) Parámetros productivos.....	47
Ganancia de peso .....	47
Consumo de alimento.....	49
Conversión alimenticia.....	49
c) Parámetros morfométricos .....	50
d) Digestibilidad aparente de materia seca.....	51
Conclusiones .....	52
Recomendaciones.....	53
Referencias.....	54

### **Índice de Cuadros**

Cuadro 1. Clasificación taxonómica de las tortugas actuales.....	4
Cuadro 2. Taxonomía de tortuga blanca.....	5
Cuadro 3. Distribución de los individuos.....	21
Cuadro 4: Técnicas para la medición de tortugas marinas.....	26
Cuadro 5: Análisis Químico Proximal de las dietas.....	27
Cuadro 6: Parámetros productivos y morfométricos obtenidos en el estudio.....	45

## Índice de Figuras

Figura 1. Ejemplar de Tortuga Blanca <i>Chelonia mydas</i> .....	5
Figura 2. Aparato digestivo de tortuga marina.....	6
Figura 3. Distribución potencial de Tortuga Blanca <i>Chelonia mydas</i> en México.....	9
Figura 4. Alojamiento de las tortugas durante el día.....	24
Figura 5 Alojamiento de las tortugas marinas durante la noche.....	24
Figura 6. Preparación de las dietas utilizadas en el estudio.....	24
Figura 7. Presentación de la gelatina.....	25
Figura 8. Ofrecimiento del alimento en los estanques.....	25
Figura 9. Toma de muestras.....	25
Figura 10. Toma de medidas morfométricas.....	26
Figura 11. Mortalidad (Ensayo 1).....	30
Figura 12. Mortalidad (Ensayo 2).....	30
Figura 13. Lesiones halladas a la necropsia.....	31
Figura 14. Ganancia de Peso (Ensayo 1).....	33
Figura 15. Ganancia de Peso (Ensayo 2).....	33
Figura 15a. Efecto del uso de concentrado entre ensayos.....	34
Figura 15b. Efecto del uso de pescado fresco entre ensayos.....	34
Figura 16. Consumo de Alimento (Ensayo 1).....	36
Figura 17. Consumo de Alimento (Ensayo 2).....	36
Figura 18. Conversión Alimenticia (Ensayo 1).....	38
Figura 19. Conversión Alimenticia (Ensayo 2).....	38
Figura 20. Largo Curvo de Caparazón (Ensayo 1).....	40
Figura 21. Ancho Curvo de Caparazón (Ensayo 1).....	40
Figura 22. Largo Curvo de Caparazón (Ensayo 2).....	41

Figura 23. Ancho Curvo de Caparazón (Ensayo 2).....	41
Figura 24. Largo Curvo de Plastrón (Ensayo 1).....	43
Figura 25. Ancho Curvo de Plastrón (Ensayo 1).....	43
Figura 26. Largo Curvo de Plastrón (Ensayo 2).....	44
Figura 27. Ancho Curvo de Plastrón (Ensayo 2).....	44

## Resumen

OLLERVIDES ARRIAGA JAIME. Efecto del uso de concentrado incluido en una dieta en forma de gelatina sobre consumo, digestibilidad aparente de materia seca y respuesta morfométrica de tortuga blanca *Chelonia mydas* en crecimiento. Bajo la dirección de MC Jesús Manuel Cortéz Sánchez y MVZ Ana Cecilia Negrete Philippe.

Las tortugas marinas se encuentran expuestas a diversas amenazas, lo que las ha llevado al borde de la extinción, por lo que diversos países, incluido México, han impulsado actividades dirigidas a su conservación, protección e investigación, entre ellas la tortuga blanca *Chelonia mydas*, a fin de delimitar unidades de manejo que permitan aplicar estrategias para su recuperación, sin embargo la información generada sobre su alimentación en cautiverio es escasa. Con base a ello, el objetivo de este estudio fue probar el uso de un alimento en forma de gelatina como alternativa de alimentación. El estudio se realizó en el parque Xcaret ubicado en el municipio de Solidaridad, Quintana Roo, México. Se utilizaron 84 ejemplares de tortugas *Chelonia mydas* de 57 días de edad, procedentes de dos nidos, que constaban de 48 y 36 ejemplares cada uno. Cada nido se distribuyó aleatoriamente para un ensayo, divididos a su vez en dos tratamientos, a fin de evaluar el efecto sobre digestibilidad aparente, parámetros productivos y respuesta morfométrica, del uso de un concentrado especial para tortugas, en sustitución de pescado fresco en una dieta elaborada en forma de gelatina, durante 14 semanas. Los resultados obtenidos fueron evaluados con un análisis completamente al azar de un solo factor con mediciones repetidas, para parámetros productivos (ganancia de peso, conversión alimenticia) y morfométricos (largo curvo del caparazón, ancho curvo del caparazón, longitud curva del plastrón, ancho curvo del plastrón). Para el análisis estadístico se utilizó una prueba de comparación de medias t de student entre los ensayos y una prueba de Kruskal – Wallis dentro de cada ensayo. La cantidad de alimento ofrecida se ajustó al 10% del peso vivo en base seca, tomando como referencia el peso de los ejemplares y en ninguno de los casos mostró una curva de relevancia que indicara un beneficio a favor de cualquiera de los dos tratamientos. La ganancia de peso fue ascendente, inherente a la mortalidad presentada. Para el Ensayo 1, fue de  $106.82 \pm 36.36\text{g}$  para concentrado y  $88.96 \pm 30.56\text{g}$  para pescado ( $P > 0.05$ ), en tanto el Ensayo 2 superó al Ensayo 1, con  $135.36 \pm 40.51\text{g}$  para la dieta de concentrado, pero disminuyó a  $75.17 \pm 26.14$  con la dieta de pescado ( $P < 0.05$ ), lo que generó una conversión de 1.99:1 vs 2.24:1 para el Ensayo 1 y 1.73:1 vs 2.66:1 en el Ensayo 2 para concentrado y pescado respectivamente ( $P < 0.05$ ). En lo referente a largo curvo del caparazón, ancho curvo del caparazón, longitud curva del plastrón, ancho curvo del plastrón, la inclusión de concentrado en la dieta de tortuga blanca, no mostró efecto sobre crecimiento a lo largo y ancho de los mismos ( $P > 0.05$ ). La digestibilidad aparente de materia seca se midió a partir de la semana tres y fue  $87\% \pm 0.08$  y del  $92.17\% \pm 0.34$  para la dieta de concentrado y pescado respectivamente ( $P < 0.05$ ), posteriormente disminuyó a partir de la novena semana siendo de  $80.99\% \pm 0.49$  y  $86.61\% \pm 0.19$  para concentrado y pescado respectivamente ( $P < 0.05$ ). Se concluye que el uso de un concentrado en forma de gelatina puede ser una alternativa en la alimentación de crías de tortuga marina en cautiverio.

## **Introducción**

Las tortugas marinas constituyen un grupo de reptiles cuya vida está adaptada al océano. Desde el siglo pasado han estado expuestas a diferentes amenazas, lo que ha reducido su población hasta llevarlas al borde de la extinción. Aunado a lo anterior, la tortuga marina presenta una madurez sexual tardía, requieren de varios hábitats para su desarrollo y al ser reptil, su metabolismo y desarrollo depende de la temperatura ambiental; esto hace que sean vulnerables al cambio climático (*Márquez, 2002*). En diferentes países incluido México, se realizan diferentes acciones a fin de proteger y conservar las tortugas marinas; dentro de estas, se encuentra la creación de campamentos y centros de rehabilitación en playas donde llegan a anidar (*PROCER, 2011*). Con la ayuda de estos lugares, investigadores a lo largo del mundo han propuesto manuales con objeto de proceder ante situaciones como: la identificación de especies, protección de nidos, cuidado y rehabilitación de animales varados o enfermos, así como el establecimiento de protocolos de alimentación (*Huerta et al, 2006; Chacón et al, 2008; Bluvias y Eckert, 2010*), estos han sido parte fundamental en su cuidado y rehabilitación de las tortugas y han permitido realizar estudios sobre comportamiento así como preferencias alimenticias, sin embargo, aún es poco lo que conoce sobre alimentación de la tortuga marina en cautiverio (*Bjorndal, 1997a*).

Con base a lo anterior y debido a la escasa información sobre la alimentación de tortuga marina en cautiverio, se plantea la presente investigación, con objeto de probar el efecto que tiene el uso de un concentrado comercial especial para tortuga marina, incluido en una dieta elaborada en forma de gelatina, para crías de tortuga blanca en cautiverio, sobre digestibilidad aparente, parámetros productivos y respuesta morfométrica.

## Revisión de literatura

Las tortugas datan de hace más de 200 millones años por lo que constituyen uno de los grupos más antiguos de reptiles (*Milnefanti y Avanzi, 2004*). A mediados y finales del periodo Triásico, aparecen las tortugas con un caparazón plenamente desarrollado, el fósil más cercano y representativo es el *Proganochelys*. Esta tortuga fue posiblemente semiacuática, era una tortuga primitiva con un caparazón parecido al de las especies actuales, solo que su cabeza, cola y patas no podían retraerse dentro del mismo, además su paladar poseía dientes. A finales del periodo Jurásico y principios del Cretácico se reporta la aparición y diversificación de tortugas, donde adquieren la mayoría de características actuales (*Milnefanti y Avanzi, 2004*).

Las tortugas pertenecen al Orden Testudines, que engloba a los animales más antiguos existentes sobre la tierra. Los primeros especímenes del grupo se reportan a finales del Mesozoico en el Cretácico superior hace 100 millones de años (*Pritchard, 1997*), sin embargo la clasificación taxonómica actual se basa principalmente en la forma en que guardan su cabeza dentro del caparazón, por tanto, se dividen en dos grandes grupos o subórdenes (*Pritchard, 1997; Márquez, 2002*). El *Pleurodira*; agrupa tortugas con cuello retráctil en plano horizontal e incluye diversas tortugas de agua dulce del Sur América, África y Oceanía. Todas están adaptadas a una vida acuática ó semiacuática, poseen una membrana interdigital en sus extremidades y se les encuentra en ríos o lagos de agua dulce. En contraste el *Cryptodira* agrupa tortugas con cuello retráctil en el plano vertical y generalmente presentan escudos córneos que cubren dorsal y ventralmente su caparazón.

Este grupo es muy amplio e incluye la mayoría de especímenes existentes hoy en día (Cuadro 1).

<b>Cuadro 1. Clasificación taxonómica de las tortugas actuales</b>	
<b>Reino</b>	Animalia
<b>Filo</b>	Chordata
<b>Superclase</b>	Tetrapoda
<b>Clase</b>	Reptilia
<b>Subclase</b>	Anapsida
<b>Orden</b>	Testudines
<b>Subórdenes</b>	
Cryptodira	Pleurodira

**Modificado de Pritchard, (1997)**

Dentro de este último grupo se encuentran las tortugas marinas y en México anidan seis de las siete especies reconocidas a nivel mundial entre las que se encuentra la tortuga blanca, (*Huerta et al, 2006*), considerada por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza-IUCN (por sus siglas en inglés); (*Seminoff, 2004*) y la legislación mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, especie en peligro de extinción. Por su parte, en la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres, se encuentra en el apéndice 1, que prohíbe el comercio internacional de todos los ejemplares y productos derivados de ellas. (*CITES, 2014*).

## Descripción

La tortuga blanca (*Chelonia mydas*) pertenece a la Familia Cheloniidae (Cuadro 2), que agrupa a las tortugas marinas con excepción de la tortuga Laúd (*Dermochelys coriácea*), considerada la especie más grande de la familia, pudiendo alcanzar los 120 cm de largo y pesar de 104 a 177 kg (Márquez, 1990; Frazier, 1999).

**Cuadro 2. Taxonomía de tortuga blanca**

<b>Clase:</b>	Reptilia
<b>Orden:</b>	Testudines
<b>Suborden</b>	Criptodira
<b>Familia:</b>	Cheloniidae
<b>Género:</b>	<i>Chelonia</i>
<b>Especie:</b>	<i>Chelonia mydas</i>

Modificado de Villela y Canseco, (2004)

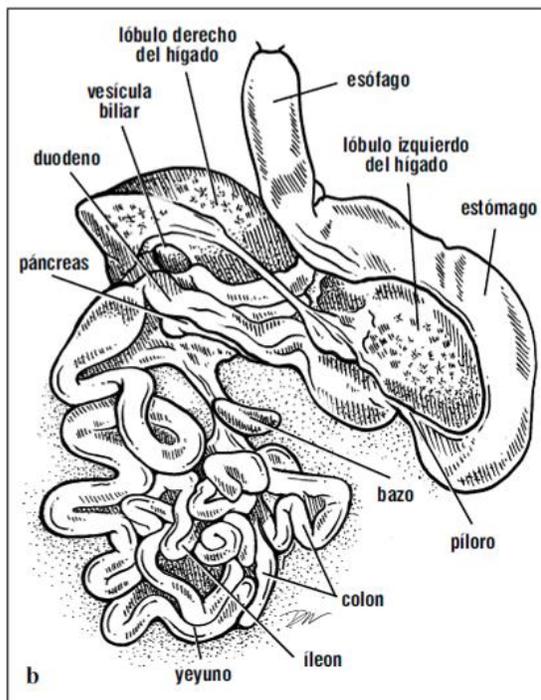
La especie *Chelonia mydas* (Figura 1) puede ser nombrada de varias maneras según la región donde se encuentre: tortuga blanca o verde (Golfo de México y Caribe), o tortuga prieta/negra (Pacífico mexicano) (Márquez, 1990). El caparazón en adultos es de forma oval. Posee trece escudos mayores, largos, suaves y flexibles que incluyen cinco centrales y cuatro pares laterales. Poseen doce pares de escudos marginales. El plastrón posee cuatro pares de escudos inframarginales. La cabeza es relativamente



**Figura 1. Ejemplar de Tortuga Blanca *Chelonia mydas* (Imagen de [www.resimsitesi.com](http://www.resimsitesi.com))**

pequeña, abarcando el 20% de la longitud del caparazón. Entre las órbitas de los ojos poseen un par de escamas prefrontales alargadas. Su pico es aserrado y cada una de sus aletas tiene una sola uña visible. El color de las crías va de café oscuro a negro, cuentan con una delgada franja blanca alrededor del caparazón y lado posterior de la aleta. En los adultos el color puede ser amarillo, café o verde, pasando de tonalidades claras, lisas y brillantes a oscuras, dispuestas en arreglos radiados o en manchas irregulares. Todos los ejemplares independientemente su edad, ventralmente son blancos (Márquez, 1990; Campbell, 1996).

### Anatomía digestiva



**Figura 2. Aparato digestivo de tortuga marina. Tomado de Wyneken, (2004)**

La tortuga marina posee un aparato digestivo similar a otras especies incluyendo los mamíferos. (Boyer H. y Boyer M., 1996). Su tubo gastrointestinal se extiende desde la boca hasta la cloaca (Figura 2). La boca contiene varias estructuras del sistema digestivo (mandíbulas y lengua), del sistema respiratorio (faringe y coanas) y del oído (trompas de Eustaquio). El esófago está recubierto por papilas afiladas y queratinosas que apuntan

hacia el estómago, cuya función es atrapar el alimento mientras el esófago expulsa el exceso

de agua antes de tragar el mismo. El estómago se sitúa del lado izquierdo y forma una curva que rodea al hígado y pericardio, sus paredes son lisas en toda su extensión. El páncreas se

extiende distalmente a lo largo del duodeno desde el píloro hasta justo después del conducto biliar. El páncreas excreta enzimas digestivas en el duodeno que descomponen proteínas y carbohidratos complejos. El intestino delgado tiene regiones especializadas para absorber aminoácidos, carbohidratos, azúcares, agua, ácidos grasos y minerales (especialmente calcio y fósforo). La transición del duodeno al yeyuno es difícil de identificar debido a que las diferencias macroscópicas con frecuencia no son visibles, por lo que se requiere un examen histológico para determinar las características funcionales de los tejidos. La transición entre el íleon y el colon se observa macroscópicamente. El íleon termina en un esfínter muscular, la válvula ileocecal. El colon típicamente reabsorbe agua. La longitud de la vía gastrointestinal es proporcionalmente más larga en la tortuga blanca que en otras tortugas debido a la alimentación herbívora. El recto termina en la cloaca, se une ventralmente a la vejiga urinaria. La cloaca abre hacia el exterior por medio de la abertura cloacal. Cada función de la cloaca está asociada con una región a la cual entran los productos correspondientes. El coprodeum recibe heces del recto. El urodeum está asociado a las papilas urinarias y la abertura de la vejiga. El proctodeum es la región más distal; está funcionalmente asociado con la copulación y estructuralmente asociada a los conductos genitales (*Bjorndal, 1985; Wyneken, 2004; Magalhães et al, 2012*).

## **Reproducción**

La reproducción en las tortugas marinas no está en función de su tamaño si no de su madurez sexual y esta se alcanza de los diez a los cincuenta años de edad. (*Limpus et al, 1994; Frazier, 1999*). Una vez iniciada, el ciclo de anidación abarca de dos a nueve años y puede anidar una u ocho veces por temporada de mayo a septiembre, en el Golfo y Caribe o

de agosto a enero, en el Pacífico, generalmente se realiza por la noche (*Márquez, 1990; Argueta, 1994; Miller, 1997*). El número promedio de huevos por nidada es de ciento veinticinco, los cuales se incuban en la arena de cuarenta y cinco a sesenta días, dependiendo de la temperatura de la misma. A mayor temperatura se acelera el desarrollo y se tendrá mayor proporción de hembras y viceversa. Pese a ello, existe una temperatura umbral de 28°C, en la que se producen 50% de cada sexo (*Mrosovsky e Yntema, 1980; Miller, 1997; SAGARPA, 2001*).

## **Distribución**

La tortuga blanca habita en los océanos Pacífico, Atlántico e Indico, donde la temperatura no ascienda de 20°C. Es una especie típicamente nerítica que forma agregaciones en aguas someras, abundantes en pastos marinos y mantos de algas (*CONANP, 2011*). En el pacífico mexicano se han reportado anidaciones desde la península de Baja California hasta Chiapas, registrándose con mayor frecuencia en las playas de Colola y Maruata en Michoacán e Islas Clarion y Socorro del Archipiélago Revillagigedo. En tanto, en el Golfo de México y mar caribe anidan desde Tamaulipas, en las playas de Rancho Nuevo, Tepehuajes, Barra del Tordo, La Pesca y Altamira; en Veracruz playa Lechuguillas, El Raudal, y zona sur del estado en el municipio de Los Tuxtlas; Campeche la zona de desove reportada es la APFF (Área de Protección Flora y Fauna) de Laguna de Términos y Chenkán; Yucatán el Arrecife Alacranes y dentro de la Reserva de la Biosfera de Río Lagartos; en Quintana Roo en Isla Holbox, Isla Mujeres, parte oriental de Isla de Cozumel y en la parte continental se registran en la parte norte de Cancún, Puerto Morelos, Playa del Carmen y playas Punta Venado, Paamul, Aventuras, DIF, Chemuyil, Xcacel, Xel-ha,

Tankah, Kanzul, Lirios, Yu Yum, San Juan, Punta Cadena y en la Reserva de la Biosfera de Sian Ka'an, (Figura 3; *Ochoa et al, 2009*).



**Figura 3. Distribución potencial de Tortuga blanca *Chelonia mydas* en México. Tomado de Ochoa *et al*, (2009)**

### **Importancia de la tortuga marina**

La principal amenaza a la que se enfrenta esta especie, es la caza intencional de adultos ya que su carne, es considerada un manjar exótico y se consume a pesar de ser ilegal, aunado al saqueo intensivo de nidos, captura incidental con diversas artes de pesca y pérdida o degradación de su hábitat de anidación por el desarrollo costero (*Chacón et al, 2008*). Pese a ello, la tortuga blanca es un animal de gran importancia ecológica, forma parte de complejas cadenas alimenticias tanto en las playas de anidación como en ambientes costeros y oceánicos. En general, las tortugas marinas cumplen funciones ecológicas de gran importancia, pues transportan energía de hábitats marinos altamente productivos, como áreas de pastos marinos a hábitats pobres de energía como playas arenosas (*Márquez, 2002*).

Por otra parte, los sitios de anidación se ven beneficiados, pues los huevos y cascarrón de los mismos desempeñan una función de gran importancia para el mantenimiento de raíces de algunas gramíneas, lo que da estabilidad al ecosistema asociado a las dunas costeras, por lo que los pastos marinos serán más productivos. Finalmente se puede comentar que son parte esencial de la alimentación de tiburones y grandes peces que se encuentran en la parte superior de la cadena alimenticia (*Márquez, 2002; Chacón et al, 2008*).

La tortuga blanca es de gran importancia para la investigación. En México se han impulsado actividades dirigidas a la conservación, protección e investigación de tortugas marinas, con el fin de entender su biología, movimientos migratorios, conocer densidades poblacionales en los sitios de anidación y generar una caracterización genética de las poblaciones, todo ello con la finalidad de delimitar unidades de manejo bajo las cuales será necesario aplicar estrategias para su recuperación (*INE, 1999*).

### **Antecedentes**

En 1968 surge la primera empresa dedicada a la crianza en cautiverio de tortuga marina, ubicada en Islas Gran Caimán, un estero de mareas de North Sound, esta empresa se dedicaba principalmente a la obtención y venta de productos derivados de tortuga blanca, como son la comercialización de carne, aceite, piel, escudos y subproductos como cremas, jabones, artesanías, conchas pulidas y una producción limitada de tortugas disecadas. Sin embargo, debido a la integración de la tortuga blanca al Apéndice I de la Convención Internacional para el Comercio de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres

(CITES) y a la publicación del decreto del Departamento de Comercio de los Estados Unidos sobre especies en peligro (Endangered Species Act), la comercialización se vio limitada a sólo cubrir necesidades de comercio local de las islas y provocó en 1975 su quiebra (*D’Cruze, 2012; Cayman Turtle Farm, 2015*).

Posteriormente fue comprada por un grupo alemán y nombrada “Cayman Turtle Farm Ltd.” Esta nueva empresa se dedica exclusivamente a la producción local y canalizaba los beneficios de la venta de dichos productos a la conservación de la tortuga marina. Ello generó proyectos de protección, usando el sitio como un centro internacional de investigación de tortugas marinas (*D’Cruze, 2012; Cayman Turtle Farm, 2015*).

A partir de 1977 surgen los primeros esfuerzos para la conservación de la tortuga marina, empezando con la adhesión de todas las especies de tortugas marinas al Apéndice I de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES), éste es un acuerdo de cooperación multilateral que reglamenta el comercio internacional de ejemplares, productos y subproductos de especies de fauna y flora silvestres sobre la base de un sistema de permisos y certificados que se expiden cuando se cumplen ciertos requisitos (*Wijnstekers, 1995*). México participa activamente desde el 6 de marzo de 1992 (*SRE, 1992*).

Para 1983, México establece el primer programa de protección e investigación de tortuga marina en el litoral central de Quintana Roo, por parte del Centro de Investigaciones de Quintana Roo (CIQRO). Su principal objetivo fue lograr la recuperación de poblaciones de tortugas marinas que ocurren en el país a una condición que permita removerlas de la lista

de especies en peligro de extinción (CONANP, 2008). De 1991 a 1995 el parque Xcaret colaboró con el Centro de Investigaciones de Quintana Roo (CIQRO) en el campamento Tortuguero de Xcacel, suministrando alimento para las crías y apoyando en diversas actividades del Programa. Pese a ello, en 1993, Xcaret comienza su propio programa de conservación dentro de sus instalaciones tomando como fundamento el hecho de que los programas de conservación instituidos en playas ponen mayor empeño en proteger e investigar todo lo relacionado a las hembras andantes, huevos y crías, mostrando muy poco interés en lo que se refiere a los aspectos biológicos y ecológicos de las tortugas en sus estadios, juvenil, subadultos y adultos de las diferentes especies que abundan en las costas mexicanas. De esta manera, inicia en sus instalaciones el Programa de Marcado por la Técnica de Autoinjerto y el Programa de Iniciación (*Flora, Fauna y Cultura de México, A.C., 2015a*).

En 1995 desaparece el Centro de Investigaciones de Quintana Roo (CIQRO) y el Parque Xcaret decide rescatar el programa y continuar con las labores de protección y registro, en colaboración con otras instituciones como SEMARNAT, PROFEPA y el Gobierno de Quintana Roo (*Flora, Fauna y Cultura de México, A.C., 2015b*). En 1996 se crea la Convención Interamericana para la Protección y Conservación de Tortugas Marinas. Esta convención es el único tratado internacional dedicado exclusivamente a las tortugas marinas, estableciendo parámetros para su conservación y hábitats. El objetivo establecido en la Convención Interamericana es promover la protección, conservación y recuperación de la población de tortugas marinas así como del hábitat del cual dependen, basándose para ello en datos científicos disponibles y fidedignos que consideren características

ambientales, socioeconómicas y culturales de las partes (*CIT, 2008*). México por su parte firmó su adhesión a esta convención el 29 de abril de 1999 (*CONAPESCA, 2009*).

En el año 2002 el parque Xcaret decide transferir el programa de Protección de Playas a la asociación civil Flora, Fauna y Cultura de México, asegurando la continuidad del Programa de Protección y conservación de las tortugas Marinas en el litoral central de Quintana Roo, quedándose en sus instalaciones sólo el programa de iniciación y marcado (*Flora, Fauna y Cultura de México, A.C., 2015a*). Actualmente operan 28 campamentos tortugueros, que realizan actividades de protección y conservación de tortuga marina, educación ambiental, capacitación técnica de la población, investigación y convenios con instituciones educativas (*SEMARNAT, 2008*).

### **Crianza en cautiverio**

El objetivo de cualquier crianza en cautiverio es mantener a los animales a salvo de depredadores naturales y comercio ilegal. Existen diversos métodos para la cría en cautiverio de tortugas marinas, algunos buscan proteger los nidos manteniéndolos en cajas de unicel o corrales dentro de instalaciones con baja o mediana tecnificación (*Huerta et al, 2006*). Las tortugas recién eclosionadas son liberadas al mar en sus playas de origen, lo antes posible, para evitar que la reserva de alimento en el vitelo se agote. Otros sistemas plantean el mantenimiento en cautiverio durante algunos meses o hasta el primer año, buscando evitar la elevada mortalidad natural que sucede durante este tiempo. Ambos sistemas buscan el objetivo de acelerar la recuperación de las poblaciones silvestres (*Chacón et al, 2008; PROCER, 2011*).

El Programa de Iniciación, o “head-starting”, que realiza el parque Xcaret consiste en mantener en cautiverio durante 15 meses a las crías, a fin de que alcancen una talla que las haga menos vulnerables para su desarrollo en vida libre, evitando con ello la alta tasa de mortandad por depredación. Al término del tiempo, las tortugas son liberadas al mar mucho más fuertes y con mayores posibilidades de sobrevivencia, durante la crianza se estudian las tasas de crecimiento, desarrollo, diagnóstico y tratamiento de enfermedades poco documentadas en esta especie. Con ello se establecen técnicas de mantenimiento en cautiverio (*Flora, Fauna y Cultura de México, A.C., 2015b*).

### **Alimentación**

Los reptiles son animales ectodermos, por lo que la temperatura del cuerpo se ve afectada por la temperatura del medio ambiente lo que influye en la ingesta de alimento y requerimientos de energía (*Donoghue, 2006*). Todas las tortugas marinas son carnívoras con excepción de la tortuga blanca, la cual al final de la fase juvenil, alrededor del primer año de vida, inician su cambio a una dieta herbívora basada en algas y pastos marinos como *Zoostera spp.*, *Thalassia spp.*, y *Posidonia spp.*, encontrados principalmente en áreas pelágicas del Caribe. En estado adulto, ocasionalmente se pueden alimentar de medusas, salpas y esponjas. Las crías en vida libre se alimentan de pequeños ctenóforos y caracoles (*Bjorndal, 1997a; Brand-Gardner et al. 1999*). La ingesta de alimento es proporcional a la temperatura ambiente, se ha observado que a mayor temperatura, la ingesta de alimento es mayor y viceversa. La calidad del alimento también influye en su ingesta, sin embargo, poco es lo que se conoce científicamente sobre alimentación con dietas comerciales, pese a

ello se ha observado que la ingesta de alimento aumenta significativamente en comparación con dietas a base de algas y pastos marinos (*Bjorndal, 1979, 1997b*).

El paso del alimento a través del tracto digestivo también se ve afectado por la temperatura ambiente y por la tasa de alimentación, por lo que el paso del alimento es menor a temperaturas altas. A una temperatura de 25°C, en tortugas *Chelonia mydas* menores a un año, el alimento tarda en pasar por todo el tracto digestivo un periodo de 14 a 48 horas (*Davenport et al, 1989*). Aparentemente el alimento pasa a un ritmo diferente en las diferentes secciones del intestino, en crías alimentadas en cautiverio se ha reportado que el alimento pasa más tiempo en el esófago, estómago e intestino delgado, mientras que en tortugas de un año de edad, el alimento pasa más tiempo en el intestino grueso, observando movimientos antiperistálticos que se presume son para una mejor fermentación y absorción del alimento (*Wood J y Wood F, 1981; Davenport et al, 1989*). Los reptiles herbívoros dependen de una fermentación microbiana en el intestino grueso para degradar paredes celulares vegetales. Estas generan productos finales fundamentales para el equilibrio de nutrientes. Los productos finales primarios son ácidos grasos volátiles, una importante fuente de energía en reptiles herbívoros (*Bjorndal, 1997b*).

La tortuga blanca adulta alberga una fermentación microbiana de gran capacidad en su intestino grueso. El lactato y los ácidos grasos volátiles producidos en el ciego, generan alrededor del 15% de su gasto energético estimado; sin embargo, esta contribución de energía, se estima, es mayor debido a que la fermentación microbiana continúa durante todo el intestino grueso, el cual es mayor en volumen al ciego (*Bjorndal, 1979, 1997b*). La digestibilidad del alimento es más alta cuando las tortugas en cautiverio se alimentan con

dietas peletizadas, en comparación con una dieta a base de pastos marinos y esponjas (Bjorndal, 1997a).

Bjorndal (1997a) estableció tres factores por los que las dietas peletizadas tienen mayor digestibilidad que las dietas con pastos marinos y esponjas. En primer lugar, una dieta peletizada tiene mayor concentración de nutrientes digeribles nitrogenados y carbohidratos solubles, en comparación con las algas y pastos marinos. En segundo lugar, a causa de estos cambios en concentraciones de nutrientes, las dietas peletizadas se digieren en mayor medida por las enzimas endógenas en el intestino delgado, mientras que las algas y hierbas marinas son digeridas principalmente por los microorganismos en el intestino grueso. La digestión en el intestino delgado da lugar a una absorción de nutrientes más eficiente y completa. En tercer lugar, el tamaño de partícula de las dietas granuladas es muy fina en comparación con el tamaño de partícula ingerido por las tortugas blancas que se alimentan de los pastos marinos y algas. Debido a que las tortugas no pueden masticar su comida, el tamaño de partícula de los pastos marinos y algas ingeridas son de varios centímetros cuadrados, este tamaño tiene un efecto negativo en el tracto digestivo, sobre las tasas de fermentación y digestión.

### **Alimentación en cautiverio**

La alimentación en cautiverio se basa en las preferencias alimentarias en vida libre y en la ecología de alimentación que diferentes autores han descrito. Bjornal (1985, 1997a) describió las preferencias de diferentes tortugas marinas, incluyendo la tortuga blanca, utilizando la literatura disponible donde se analizaron los contenidos fecales y estomacales

de diferentes especímenes silvestres. Wood J. y Wood F. (1977a, 1977b) determinaron requerimientos de siete aminoácidos para crías de tortuga blanca (valina, leucina, isoleucina, fenilalanina, lisina, triptófano y metionina). También determinaron una mejor tasa de crecimiento con niveles de 35% de proteína en la dieta en crías de tortuga blanca criadas en cautiverio (Wood J. y Wood F, 1981).

Las tortugas marinas en general no son selectivas, lo que ha dado lugar a la alimentación con dietas a base de pescado, mariscos, vegetales, dietas comerciales especiales para tortugas marinas, alimento peletizado para trucha, así como dietas en forma de gelatina (Bluvias y Eckert, 2010).

Las dietas en forma de gelatina permiten de forma general suplementar vitaminas y minerales, además de poder adicionar medicamentos en el caso de tortugas hospitalizadas. (Bluvias y Eckert, 2010; CMT, 2011.) El calamar se ha utilizado con frecuencia en la alimentación en cautiverio debido a su bajo costo en comparación a otros ingredientes, sin embargo su alto contenido de fosforo permite un mínimo de inclusión en la dieta, por lo que se suplementa solo de forma ocasional (Pelegrín et al, 2006).

En función a lo anterior se puede comentar que la cantidad de alimento ofrecido en cautiverio estará en función de la edad y estado de salud del animal. El alimento se debe ofrecer a razón del 1-7% del peso corporal. Tomando lo más bajo para mantenimiento y lo más alto para animales en crecimiento y hospitalizados, dividiendo la cantidad en tres tomas por día (Bluvias y Eckert, 2010; Wyneken et al, 2006).

El uso de alimentos comerciales en la alimentación de tortugas marinas en cautiverio ofrece ciertas ventajas sobre otras fuentes de proteína como el pescado, al proporcionar la cantidad adecuada de calorías y nutrientes esenciales, debido a que son fabricados de acuerdo a sus necesidades nutricionales (*Donoghue, 2006*). También se ha comprobado que estos alimentos al tener un porcentaje alto de digestibilidad, ofrecen un mejor crecimiento en comparación con otras fuentes de proteína (*Wood J. y Wood F, 1981*), sin embargo, no existe información científica al respecto que refleje tal situación.

## **Justificación**

Dado el riesgo que enfrenta la tortuga blanca en el medio ambiente, aunado a su crianza en cautiverio; la nutrición juega un papel de importancia en su mantenimiento, motivo que hace imprescindible la generación de información sobre calidad y digestibilidad de dietas proporcionadas en cautiverio, a fin de conocer más sobre estrategias de alimentación.

## **Hipótesis**

La inclusión de un concentrado especial para tortugas en dietas en forma de gelatina, mejora el consumo, digestibilidad aparente de la materia seca y la respuesta en parámetros morfométricos en tortuga blanca *Chelonia mydas* durante sus primeros cuatro meses de vida.

## **Objetivos generales**

Conocer el efecto de la inclusión de un concentrado para tortugas marinas en una dieta en forma de gelatina, sobre consumo, digestibilidad aparente y respuesta en parámetros morfométricos en dietas para tortuga blanca *Chelonia mydas* durante los primeros cuatro meses de vida.

## **Objetivos específicos**

1. Verificar el perfil bromatológico de los dos alimentos previamente elaborados para el protocolo de investigación.
2. Conocer el consumo de las dos dietas ofrecidas, durante el crecimiento de las tortugas en un lapso de 14 semanas.

3. Conocer el perfil bromatológico del excremento de las tortugas sometidas al protocolo de investigación.
4. Estimar el coeficiente de digestibilidad aparente de la materia seca de los alimentos en estudio.
5. Estimar parámetros productivos (consumo, ganancia de peso y conversión alimenticia), de las dietas ofrecidas en el presente estudio.
6. Conocer la respuesta morfométrica del uso de concentrado sobre largo curvo de caparazón y ancho curvo de caparazón.
7. Conocer la respuesta morfométrica del uso de concentrado sobre largo y ancho curvo del plastrón

## Material y Métodos

### Alojamiento

El presente estudio se realizó en el parque ecológico Xcaret, ubicado en la carretera Chetumal-Puerto Juárez, Km. 282, Solidaridad, Quintana Roo, México. El clima que se presenta en la región es cálido subhúmedo con lluvias en verano, con una temperatura media anual de 26°C (INEGI, 2012).

El estudio se llevó a cabo en un periodo de 14 semanas entre noviembre del 2014 a febrero del 2015. Se utilizaron 84 ejemplares de tortuga *Chelonia mydas* de 57 días de edad, procedentes de dos nidos, los nidos constaban de 48 y 36 tortugas cada uno. Se realizaron dos ensayos, en ambos ensayos se tuvieron dos tratamientos, en el caso del ensayo 1 se tuvieron 24 repeticiones por tratamiento, en el ensayo dos se tuvieron 18 repeticiones por tratamiento (Cuadro 3):

**Cuadro 3. Distribución de los individuos**

	Ensayo 1	Ensayo 2
<b>T1:</b>	24 individuos	18 individuos
<b>T2:</b>	24 individuos	18 individuos
<b>Total</b>	48	36

Los ejemplares se alojaron en 2 tipos de estanques dependiendo de la hora del día, ocupando un estanque para cada grupo de estudio, teniendo cuatro estanques de día y cuatro estanques de noche.

Durante el día (08:30 a 18:00 horas) los individuos permanecían en estanques ovalados de concreto pulido con capacidad de 22 a 25m<sup>3</sup> mantenidos a temperatura ambiente de 22-29°C (Figura 4). Por la noche se alojaban en un lugar techado en estanques circulares de polietileno, con capacidad de 2200 litros (Figura 5). La temperatura se controlaba con lámparas infrarrojas para calefacción. Los dos tipos de estanque contaban con flujo de agua continuo las 24 horas, a base de un sistema abierto con agua proveniente del mar.

## **Manejo**

Diariamente por las mañanas se recolectaban a todos los individuos para ser trasladados a los estanques de concreto, previo al traslado se realizaba un manejo preventivo contra dermatitis y estomatitis ulcerativa, que consistía en una limpieza de la cavidad oral con un antiséptico bucofaríngeo y una limpieza externa del caparazón y piel con diferentes tipos de antisépticos. Adicionalmente se les llegaba a administrar un antibiótico y un antiviral vía oral. Igualmente por las mañanas se realizaba limpieza y desinfección de cada estanque.

## **Alimentación**

Para el presente estudio se utilizaron dietas elaboradas en forma de gelatina a fin de probar el efecto de la sustitución de pescado fresco por un concentrado comercial especial para tortuga marina (Figura 6). Las dietas ofrecidas fueron isoproteicas e isoenergeticas.

T1 = Concentrado comercial especial para tortugas marinas.

T2 = Pescado fresco.

Previo al estudio los individuos eran alimentados con diferentes ingredientes (camarón, pescado fresco y lechuga), por lo que tuvieron una fase de adaptación al alimento en forma de gelatina durante 10 días. Una vez aceptada, a los dos grupos se les retiró la suplementación de los otros ingredientes, a fin de poder evaluar digestibilidad de las dietas y la respuesta morfométrica.

El consumo de alimento se ajustó al 10% del peso vivo y para ofrecerlo, se dividió en 3 tomas (09:00, 12:00 y 15:00 horas). El alimento se ofrecía en trozos picados de 5mm promedio (Figura 7) y se distribuía de forma homogénea en todo el estanque, procurando que todos los individuos consumieran el mismo (Figura 8). Semanalmente se tomaba el peso de la biomasa y en base a esta se ajustaba la cantidad ofrecida de alimento y el tamaño del trozo de gelatina.

### **Toma de Muestras**

Pasado el periodo de transición, diariamente durante el día, se recolectaba del fondo de los estanques el excremento con una red de cuchara, esta se colocaba en recipientes con rejilla, una vez colectado se pesaba en una báscula analítica. Posteriormente se deshidratava al sol y una vez seco se volvía a pesar, se identificaba y se almacenaba en bolsas herméticas de polietileno. Las muestras permanecían almacenadas en refrigeración hasta su posterior estudio (Figura 9).

**Figura 4.** Alojamiento de las tortugas durante el día



**Figura 5.** Alojamiento de las tortugas marinas durante la noche



**Figura 6.** Preparación de las dietas utilizadas en el estudio



**Figura 7.** Presentación de la gelatina picada



**Figura 8.** Ofrecimiento del alimento en los estanques



**Figura 9.** Toma de muestras



## Morfometría y peso

Semanalmente se realizaba el monitoreo de cada grupo; este consistía en la toma de medidas morfométricas (Cuadro 4, Figura 10) y peso de forma individual de cada tratamiento.

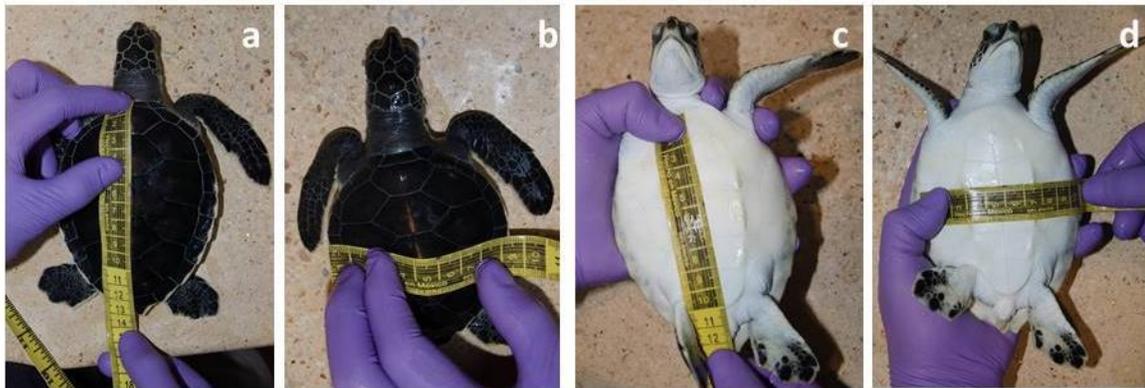
---

**Cuadro 4: Técnicas para la medición de tortugas marinas (Bolten, 2000)**

---

<b>Largo curvo del caparazón (LCC)</b>	Se midió desde el punto medio anterior o muesca del escudo nucal a la mitad de la muesca posterior entre los escudos supracaudales (extremo posterior). Con una cinta métrica flexible
<b>Ancho curvo del caparazón(ACC)</b>	Se midió desde el punto más amplio, tomándose como referencia las primeras proyecciones de las quillas axilares.
<b>Longitud curva del plastrón (LCP)</b>	Se midió por la parte media del borde anterior al posterior del hueso subyacente cuando éste se extiende más allá de los escudos.
<b>Ancho curvo del plastrón (ACP)</b>	Se midió desde el punto más amplio, tomándose como referencia las primeras proyecciones de las quillas axilares.

---



**Figura 10.** Toma de medidas morfométricas. **A.** Largo Curvo de Caparazón. **B.** Ancho Curvo de Caparazón. **C.** Largo Curvo de Plastrón. **D.** Ancho Curvo de Plastrón.

## Análisis bromatológico

Antes del inicio del experimento se realizó por triplicado un análisis químico proximal (AOAC, 1999) de las dietas en estudio y se continuó por lote. En referencia a las excretas se realizó una compulsa por semana de las mismas, de esta se tomó el 40% por el método de cuarteo y se determinó Materia Seca (MS) a cada una. Los estudios se realizaron en el Departamento de Nutrición Animal y Bioquímica de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional Autónoma de México (Cuadro 5).

**Cuadro 5: Análisis Químico Proximal de las dietas**

Alimento para tortuga marina Base: Concentrado			Alimento para tortuga marina Base: Pescado fresco		
	Base Húmeda	Base Seca		Base Húmeda	Base Seca
<b>Humedad</b>	89.07	0	<b>Humedad</b>	91.83	0
<b>Proteína</b>	8.48	77.58	<b>Proteína</b>	7.2	88.13
<b>Extracto Etéreo</b>	0.56	5.12	<b>Extracto Etéreo</b>	0.63	7.71
<b>Cenizas</b>	0.63	5.76	<b>Cenizas</b>	0.24	2.94
<b>Fibra Cruda</b>	0.18	1.65	<b>Fibra Cruda</b>	0.09	1.10
<b>Elementos Libres de Nitrógeno</b>	1.08	9.88	<b>Elementos Libres de Nitrógeno</b>	0.01	0.12
<b>Mcal EM / Kg MS</b>	2.43		<b>Mcal EM / Kg MS</b>	2.45	

## Digestibilidad aparente de la Materia Seca (MS)

Una vez realizado el análisis bromatológico del alimento y el excremento, se realizó el cálculo de digestibilidad de la materia seca mediante la siguiente fórmula:

$$\% \text{ DAMS} = \frac{\text{CMSI} - \text{CMSE}}{\text{CMSI}} \times 100$$

Dónde:

**DAMS** = Digestibilidad aparente de la MS

**CMSI** = Cantidad de MS ingerida

**CMSE** = Cantidad de la MS excretada

### **Análisis estadístico**

Los resultados obtenidos de cada ensayo, fueron evaluados con un análisis completamente al azar de un sólo factor con mediciones repetidas, para parámetros productivos (ganancia de peso conversión alimenticia), morfométricos (largo curvo del caparazón, ancho curvo del caparazón, longitud curva del plastrón, ancho curvo del plastrón) y digestibilidad aparente de materia seca. Para evaluar la diferencia entre los ensayos, se utilizó una prueba de comparación de medias T de student. Para la diferencia dentro de cada ensayo, se realizó una prueba no paramétrica de Kruskal - Wallis.

## **Resultados**

Los resultados (Cuadro 6) arrojados por efecto de la inclusión de un concentrado especial para tortuga en sustitución de pescado fresco en dietas elaboradas en forma de gelatina se comportaron de la siguiente manera.

### **a) Supervivencia**

El primer factor evaluado, independientemente de que este no fue parte del protocolo inicial del estudio fue supervivencia, sin embargo se considera un factor de relevancia que pudo influir en los resultados del estudio.

El primer ensayo comenzó la fase de prueba con 48 ejemplares de tortuga blanca *Chelonia mydas*, sin embargo a partir de la semana cinco se comenzaron a presentar muertes súbitas de individuos, finalizando este con 33 ejemplares, 17 de concentrado y 16 de pescado, factor que representó el 29.17% y 33.33% respectivamente (Figura 11). El segundo ensayo se comportó de igual manera, solo que en este, la mortalidad comenzó a partir de la semana tres, sin embargo no superó al primer ensayo. El ensayo inició con 36 individuos y finalizó con 27. De estos, 13 correspondieron a la dieta de concentrado y 14 a la de pescado, la mortalidad representó el 27.78% y 22.22% respectivamente (Figura 12).

Figura 11. **Ensayo 1. Supervivencia de tortuga blanca *Chelonia mydas* en crecimiento, alimentadas con una dieta en forma de gelatina.**

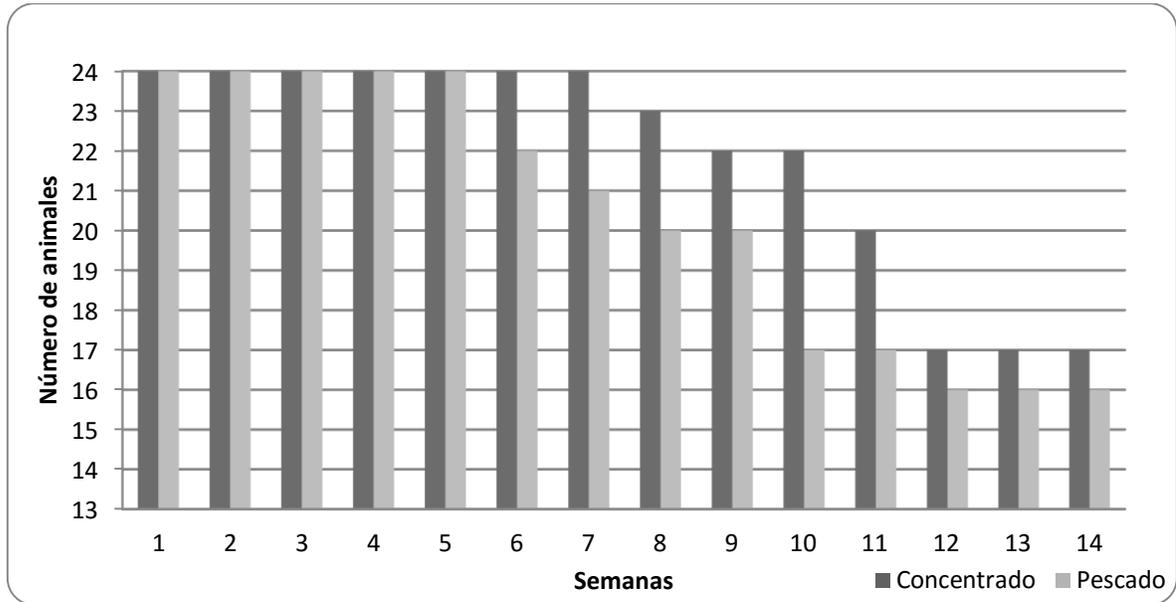
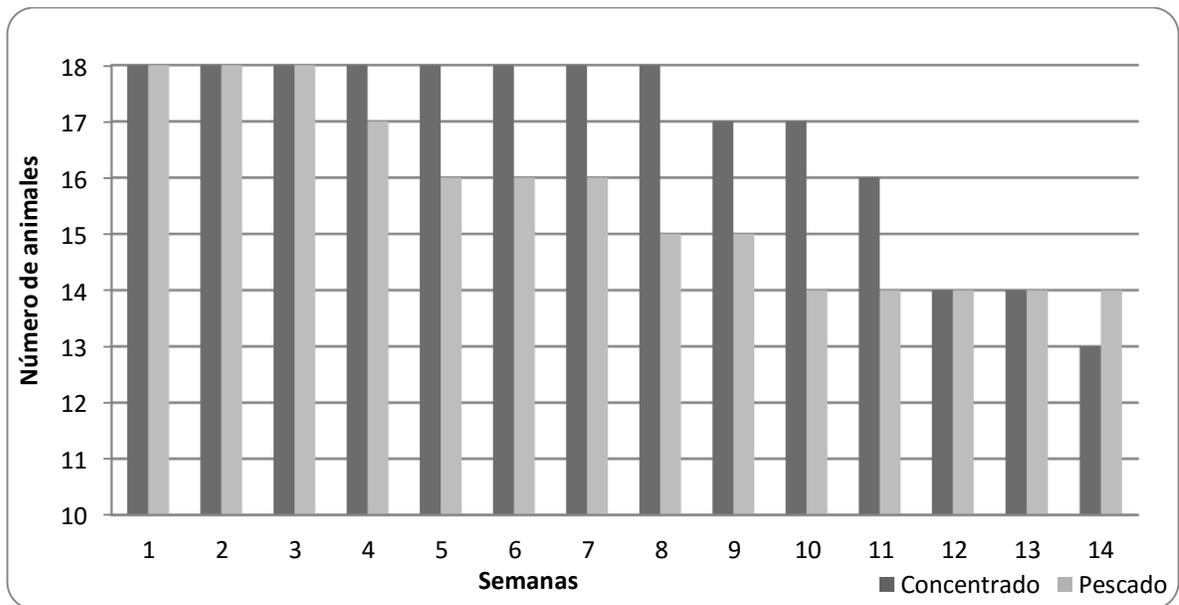
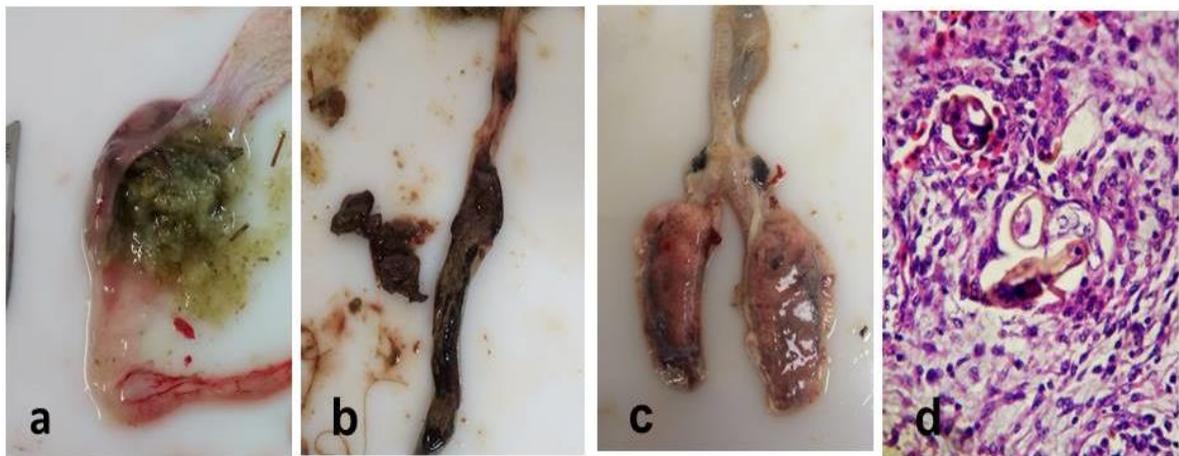


Figura 12. **Ensayo 2. Supervivencia de tortuga blanca *Chelonia mydas* en crecimiento, alimentadas con una dieta en forma de gelatina.**



Las causas de muerte en ambos ensayos se aprecian en la figura 13 y se generaron por varios factores, entre los que destacan: dermatitis, estomatitis ulcerativa, lesiones causadas por agresión e ingestión de cuerpos extraños (cabello, hojas no digeridas, hilos, insectos, etc.) (Figura 13a).

A la necropsia se observaron lesiones como: enteritis hemorrágica (Figura 13b), congestión y edema pulmonar (Figura 13c). El diagnóstico histopatológico resultó en una neumonía micótica, hepatitis bacteriana, miocarditis supurativa y linfocítica, así como en neumonía, esplenitis y hepatitis granulomatosa causada por huevos de nematodos de la familia *Spirorchiidae* (Figura 13d), siendo estos diagnósticos junto con la obstrucción del tracto digestivo, las principales causas de muerte de las tortugas en estudio.



**Figura 13.** Lesiones halladas a la necropsia. **A.** Obstrucción causada por cuerpos extraños. **B.** Enteritis hemorrágica. **C.** congestión y edema pulmonar. **D.** Huevos de nematodos consistentes con *Spirorchiidae*.

## **b) Parámetros productivos**

### **Ganancia de peso**

La ganancia de peso siempre conservó una curva ascendente, inherente a la mortalidad presentada. Para el Ensayo 1, la ganancia de peso fue de  $106.82 \pm 36.36\text{g}$  para la dieta de concentrado y  $88.96 \pm 30.56\text{g}$  para la dieta de pescado, sin ser estadísticamente diferente ( $P>0.05$ ), en tanto el Ensayo 2 fue de  $135.36 \pm 40.51\text{g}$  para la dieta de concentrado, y  $75.17 \pm 14.23\text{g}$  para la dieta de pescado, con inferencia estadística ( $P<0.05$ ). La comparación de medias infiere significancia entre ensayos para el uso de concentrado ( $P<0.05$ ). Para el uso de pescado no se encontró diferencia significativa entre los ensayos ( $P>0.05$ ).

En la figura 14 correspondiente al Ensayo 1, se puede observar que la diferencia en peso comenzó a partir de la semana cinco, sin embargo esta en ningún momento manifestó una diferencia significativa a favor del uso de concentrado ( $P>0.05$ ). En referencia al Ensayo 2, la diferencia en peso se manifestó a partir de la semana dos (Figura 15), y resultó significativa de la semana diez y hasta el término del estudio ( $P<0.05$ ).

La diferencia entre ambos ensayos fue de  $60.19\text{g}$ , factor de relevancia en el crecimiento de ejemplares de tortuga blanca *Chelonia mydas* en crecimiento, pues el peso representa un parámetro de importancia en el desempeño productivo posterior del animal (Figura 15a y 15b).

Figura 14. **Ensayo 1. Ganancia de peso en tortuga blanca *Chelonia mydas* en crecimiento, alimentadas en con una dieta en forma de gelatina**

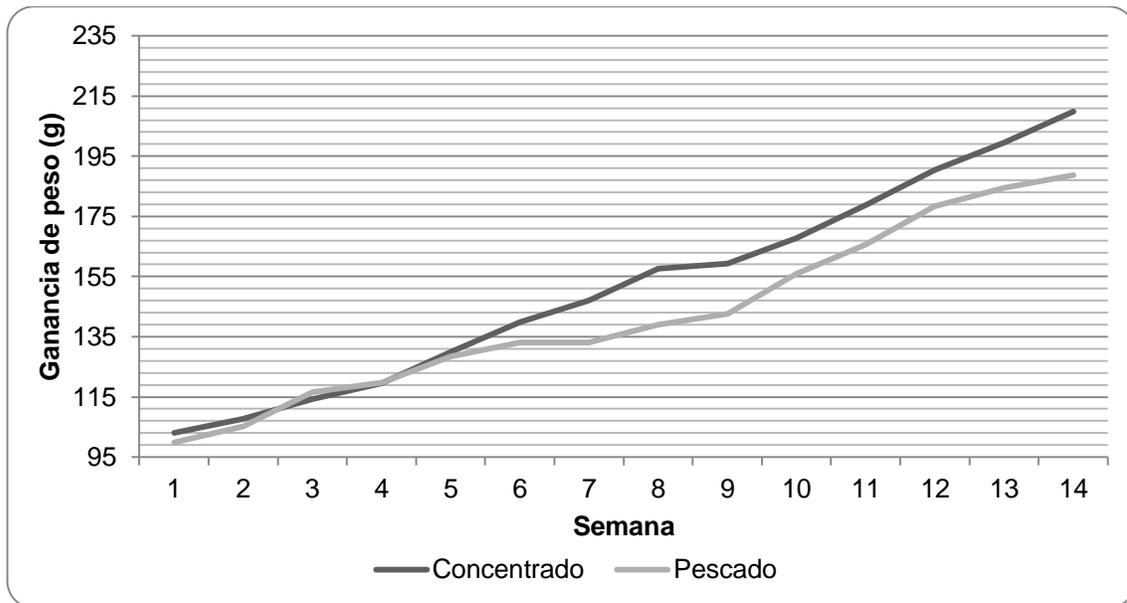


Figura 15. **Ensayo 2. Ganancia de peso en tortuga blanca *Chelonia mydas* en crecimiento, alimentadas con una dieta en forma de gelatina.**

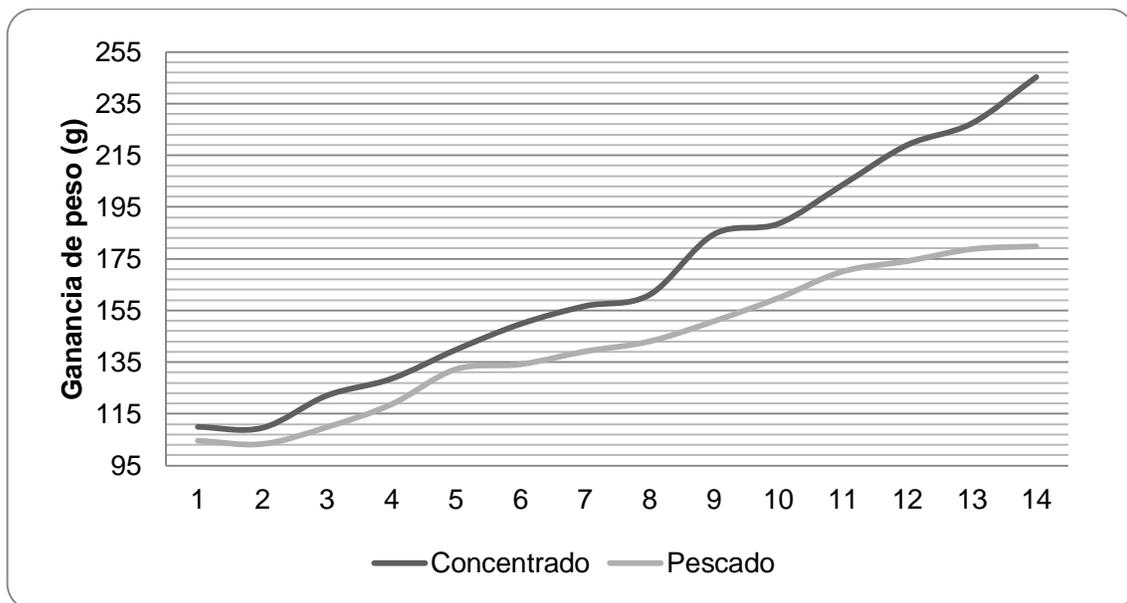


Figura 15a. Efecto del uso de concentrado especial para tortuga incluido en una dieta en forma de gelatina sobre ganancia de peso en tortuga blanca *Chelonia mydas* en crecimiento

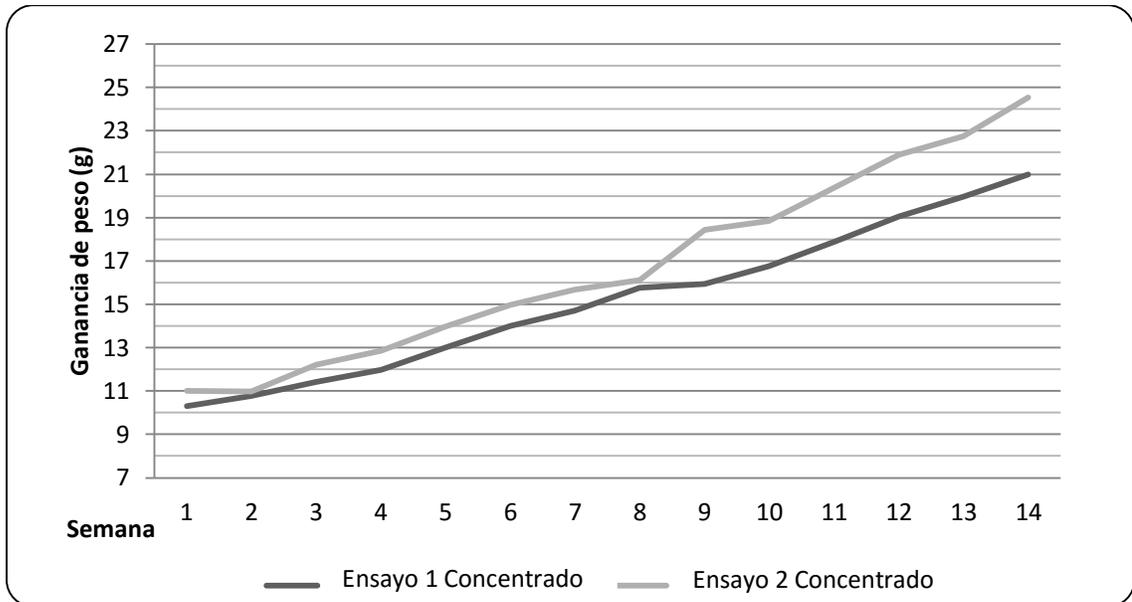
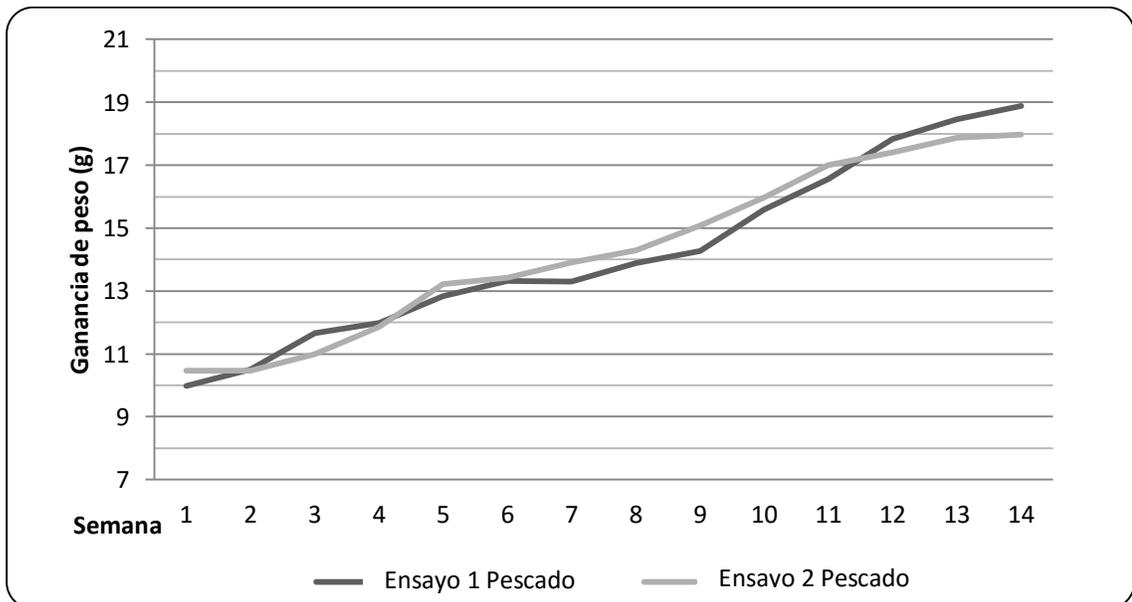


Figura 15b. Efecto del uso de pescado fresco incluido en una dieta en forma de gelatina sobre ganancia de peso en tortuga blanca *Chelonia mydas* en crecimiento.



## **Consumo de alimento**

La cantidad de alimento ofrecida se ajustó al 10% del peso vivo en base seca, tomando como referencia el peso de los ejemplares y en ninguno de los casos mostró una curva de relevancia que indicara un beneficio a favor de cualquiera de los dos tratamientos, tal y como se observa en las figuras 16 y 17.

Al ajustar la cantidad ofrecida al 10% en cierta medida se controlaron los factores que tienden a inhibir o estimular la ingestión de los mismos, dentro de los cuales se tiene: *Palatabilidad* que en cierta medida es el grado de aceptación que el animal tiene hacia el alimento y está determinada por apariencia, olor, sabor, textura, temperatura entre otras propiedades sensoriales, *hambre* la cual surge de una necesidad fisiológica y esta se satisface generalmente con calorías, y el *apetito* que surge del deseo de repetir una experiencia (*Shimada, 2009*).

Durante toda la fase de prueba se determinó el tiempo en el cual consumían el alimento ofrecido, siendo este de  $5 \pm 0.2$  min. Se observó el comportamiento de los ejemplares, indicando este, que la dominancia y jerarquía también se presenta en las tortugas marinas, manifestando el mismo por agresión entre ellas.

Figura 16. **Ensayo 1. Consumo de alimento en tortuga blanca *Chelonia mydas* en crecimiento, alimentadas con una dieta en forma de gelatina.**

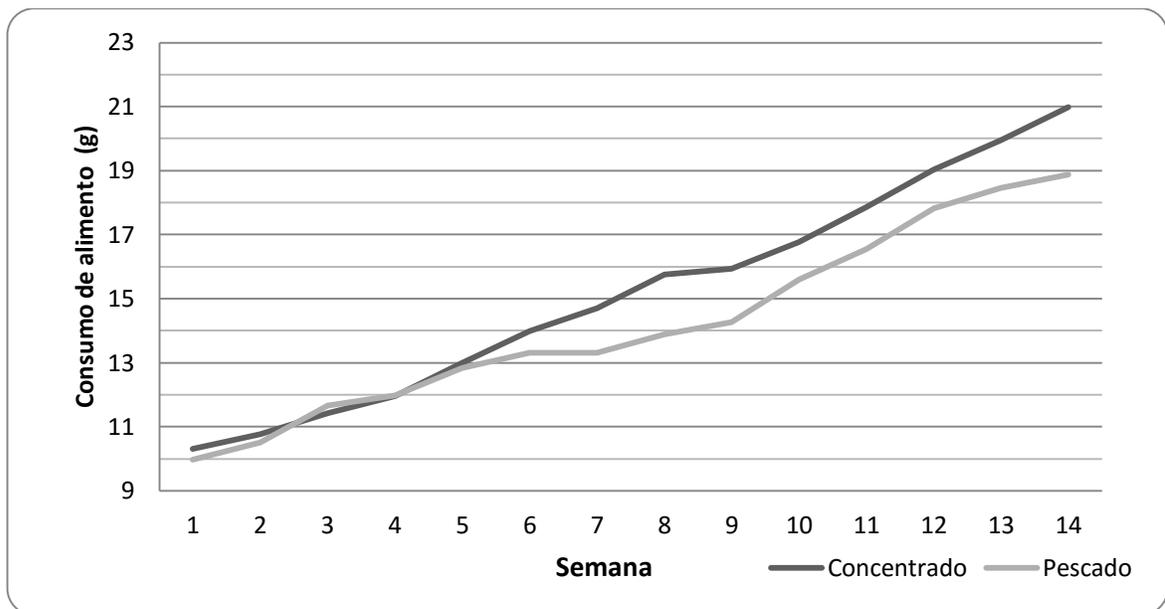
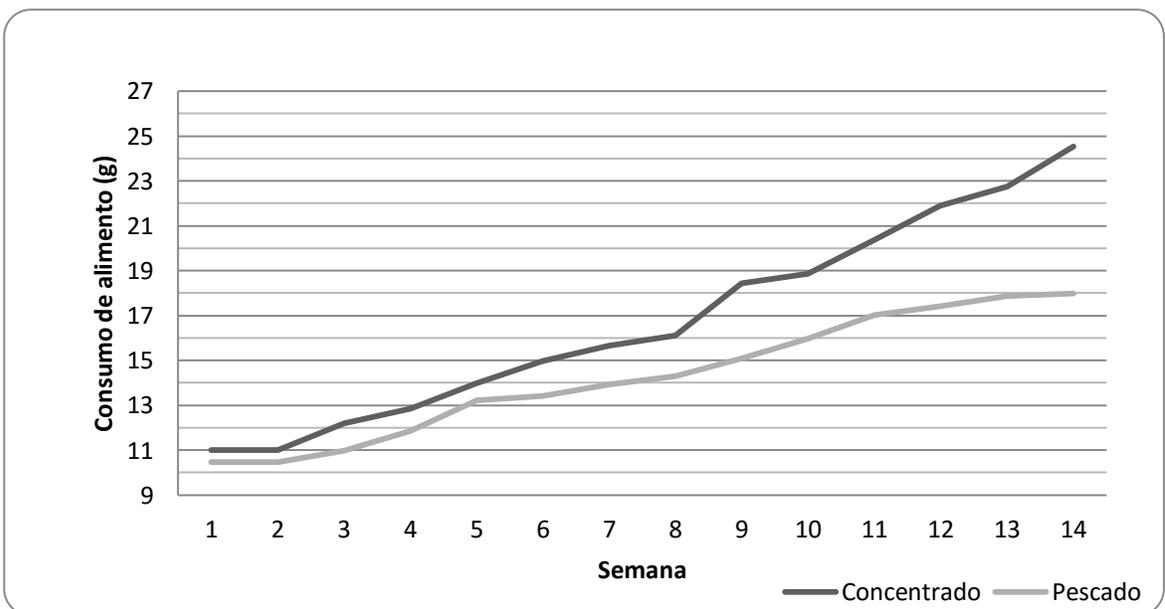


Figura 17. **Ensayo 2. Consumo de alimento en tortuga blanca *Chelonia mydas* en crecimiento, alimentadas con una dieta en forma de gelatina.**



### **Conversión alimenticia**

En referencia a los resultados arrojados para consumo de alimento y ganancia de peso, la conversión alimenticia resulto benéfica por el uso de concentrado especial para tortugas como parte de la dieta ( $P < 0.05$ ).

Para el Ensayo 1 esta fue de 1.99:1 en referencia al concentrado y 2.24:1 para el uso de pescado (Figura 18). En el Ensayo 2 la conversión fue 1.73:1 para concentrado, disminuyendo esta 0.26g el consumo para llegar a un kilo de peso, sin embargo el uso de pescado para el Ensayo 2, incrementó a 2.66:1 la conversión alimenticia (Figura 19), factor que representa un aumento de 0.42g por kilogramo de peso en referencia al Ensayo 1 ( $P < 0.05$ ).

Figura 18. **Ensayo 1. Conversión alimenticia en tortuga blanca *Chelonia mydas* en crecimiento, alimentadas con una dieta en forma de gelatina.**

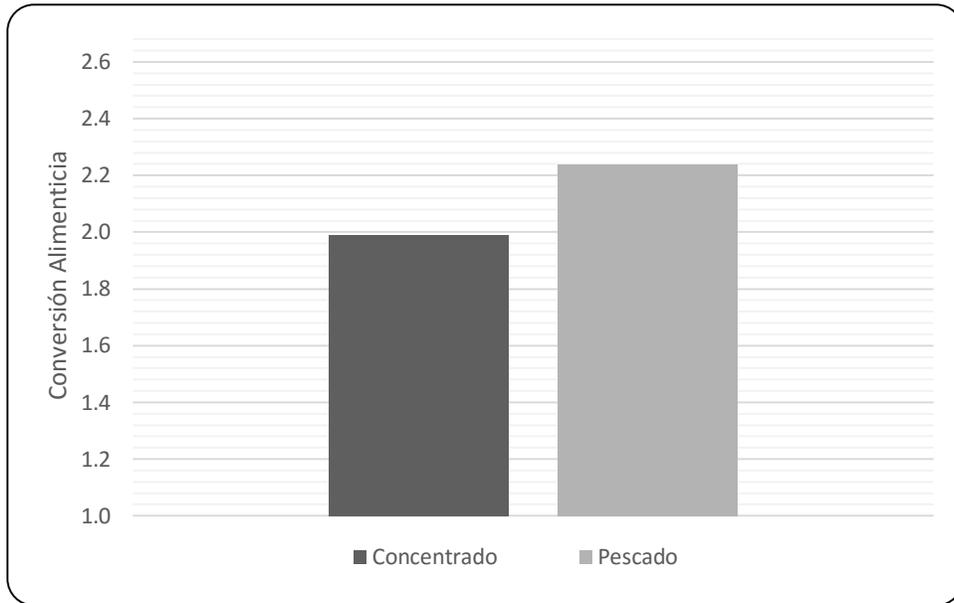
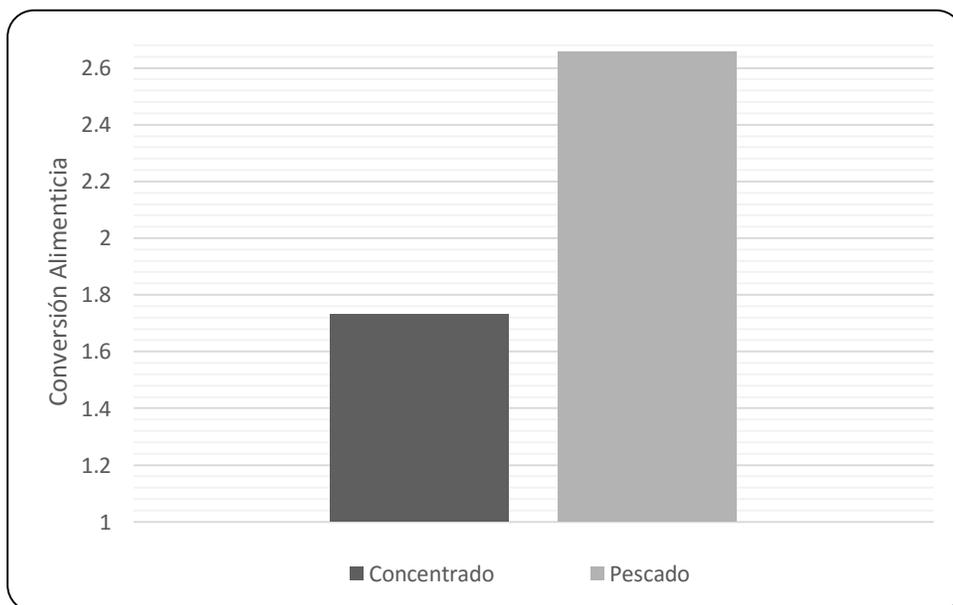


Figura 19 **Ensayo 2. Conversión alimenticia en tortuga blanca *Chelonia mydas* en crecimiento, alimentadas con una dieta en forma de gelatina.**



### **c) Parámetros morfométricos**

#### **Caparazón**

En lo referente a caparazón la inclusión de concentrado en la dieta de tortuga blanca *Chelonia mydas* no mostró efecto sobre crecimiento a lo largo y ancho del mismo entre los grupos ( $P>0.05$ ).

Para el Ensayo 1, la dieta de concentrado incrementó durante todo el estudio  $2.79 \pm 0.036$ cm el largo curvo de caparazón, lo que representa  $0.70 \pm 0.02$ cm más, en referencia a la dieta de pescado (Figura 20). En lo que al ancho se refiere el crecimiento fue exactamente el mismo para ambas dietas (Figura 21), creciendo este  $1.9 \pm 0.02$ cm durante todo el estudio.

Para el Ensayo 2, el comportamiento fue similar. El caparazón creció a lo largo  $2.97 \pm 0.03$ cm para las dietas en donde se incluyó concentrado y  $1.99 \pm 0.02$ cm para la dieta de pescado, el incremento diario en crecimiento fue de 10.8mm a favor del primero (Figura 22). En cuanto a lo ancho se refiere, el caparazón incrementó  $2.39 \pm 0.02$ cm para la dieta de concentrado y  $1.63 \pm 0.017$ cm para la dieta de pescado, sin embargo la diferencia no resultó significativa dentro de los grupos y entre los grupos ( $P>0.05$ ), (Figura 23).

Figura 20. **Ensayo 1. Largo Curvo de Caparazón en tortuga blanca *Chelonia mydas* en crecimiento, alimentadas con una dieta en forma de gelatina.**

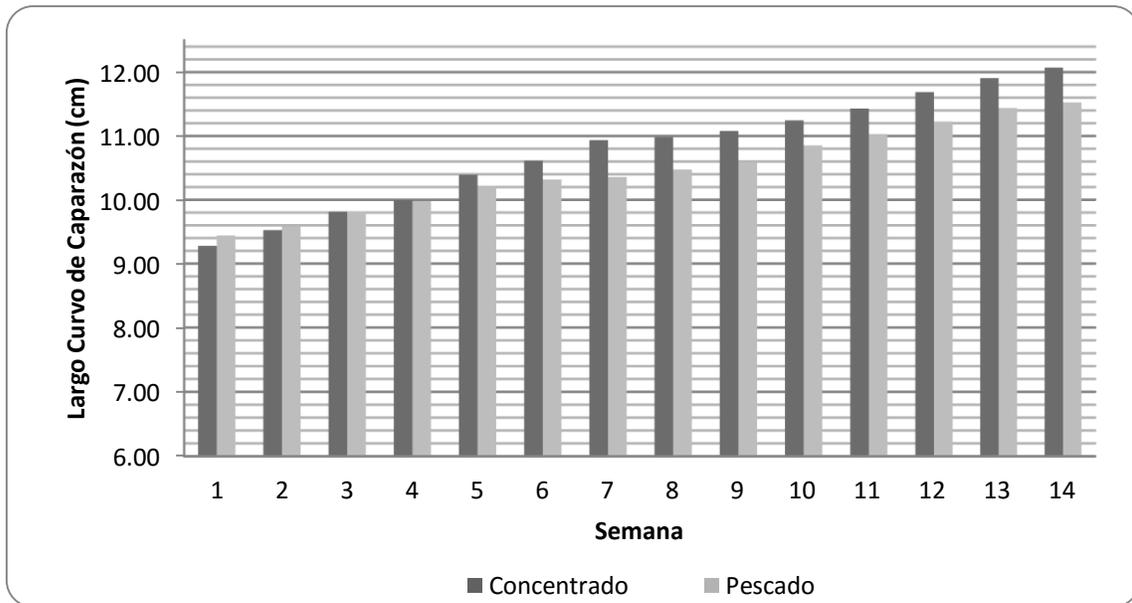


Figura 21. **Ensayo 1. Ancho Curvo de Caparazón en tortuga blanca *Chelonia mydas* en crecimiento, alimentadas con una dieta en forma de gelatina.**

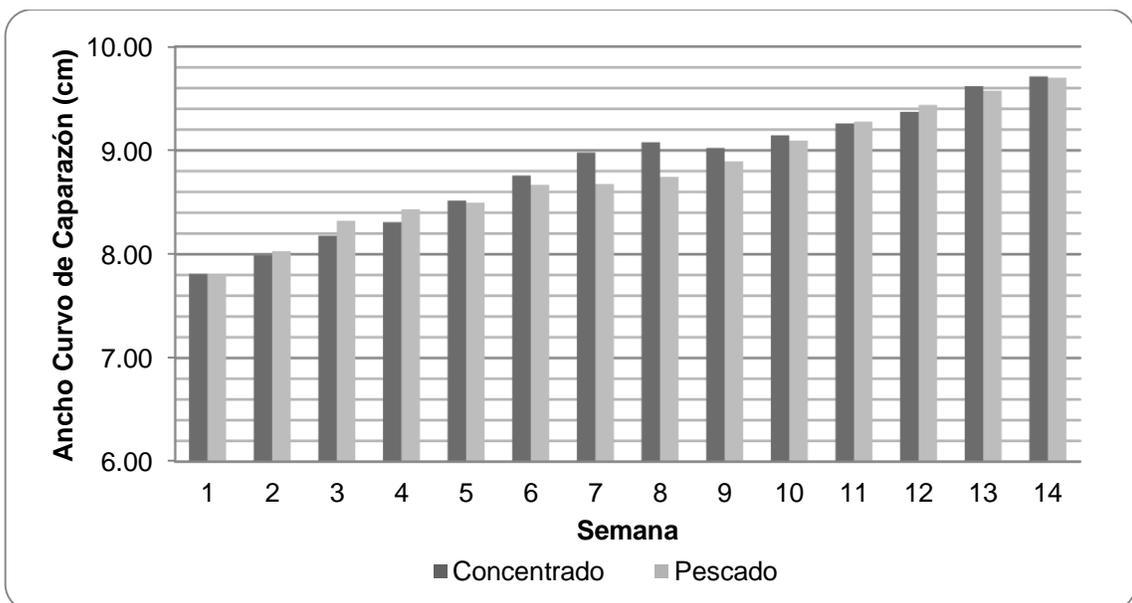


Figura 22. **Ensayo 2. Largo Curvo de Caparazón en tortuga blanca *Chelonia mydas* en crecimiento, alimentadas con una dieta en forma de gelatina.**

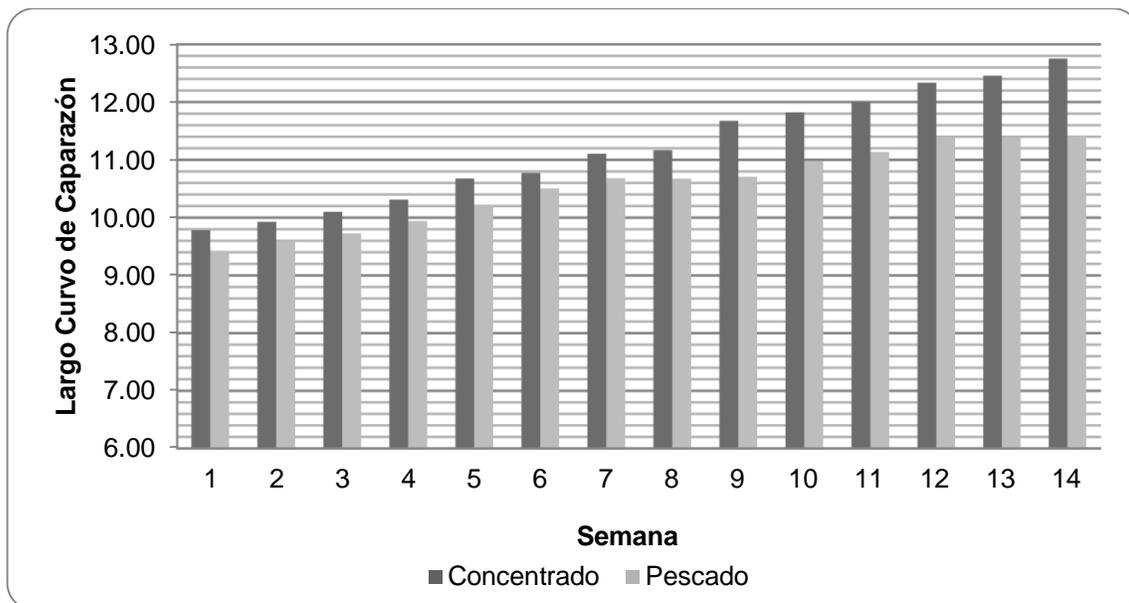
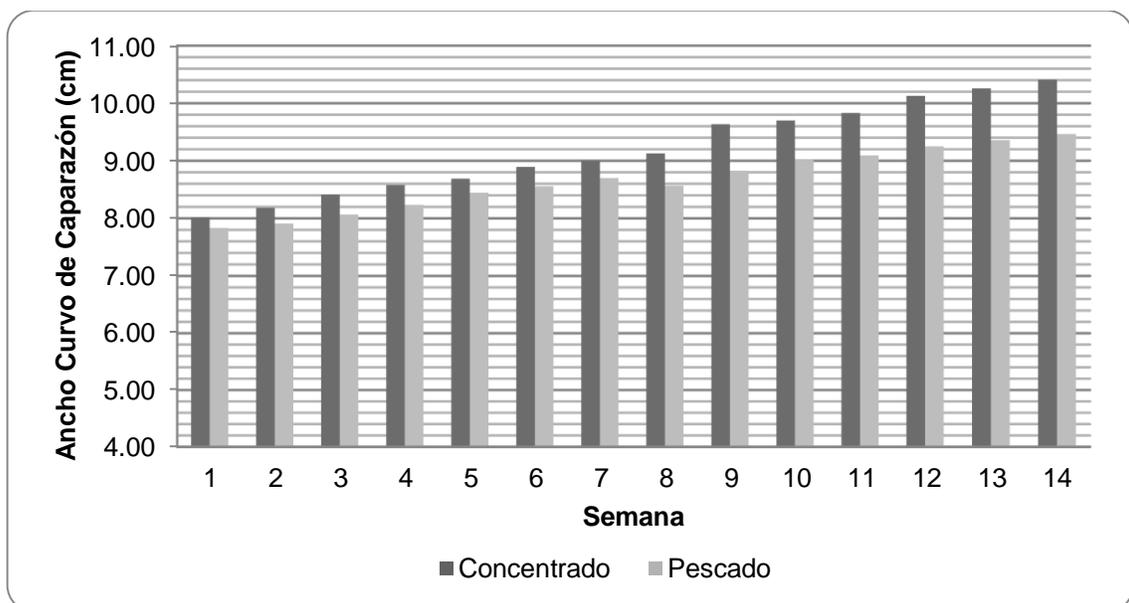


Figura 23. **Ensayo 2. Ancho Curvo de Caparazón en tortuga blanca *Chelonia mydas* en crecimiento, alimentadas con una dieta en forma de gelatina.**



## **Plastrón**

En referencia al crecimiento largo – ancho curvo del plastrón, se puede comentar que la inclusión de concentrado como parte de la dieta generó los siguientes resultados.

Para el Ensayo 1, el crecimiento a lo largo fue de  $2.15 \pm 0.02$  cm para la dieta de concentrado y de  $1.77 \pm 0.019$  cm para la dieta de pescado (Figura 24). En cuanto al ancho se refiere, el crecimiento fue de  $2.15 \pm 0.02$ cm con la dieta de concentrado y  $1.72 \pm 0.018$ cm para la dieta de pescado, sin embargo, en ambos casos no se observó diferencia estadística ( $P>0.05$ ), (Figura 25).

Para el Ensayo 2, de igual manera el comportamiento fue similar, obteniendo un crecimiento de  $2.43 \pm 0.03$ cm para la dieta de concentrado y de  $1.71 \pm 0.02$  para la dieta de pescado (Figura 26). En relación a lo ancho, el comportamiento fue de  $2.11 \pm 0.023$  para la dieta de concentrado y de  $1.4 \pm 0.01$  para la dieta de pescado ( $P>0.05$ ), (Figura 27).

En ninguno de los casos se observó inferencia estadística significativa entre los grupos ( $P>0.05$ ).

Figura 24 **Ensayo 1. Largo Curvo de Plastrón en tortuga blanca *Chelonia mydas* en crecimiento, alimentadas con una dieta en forma de gelatina.**

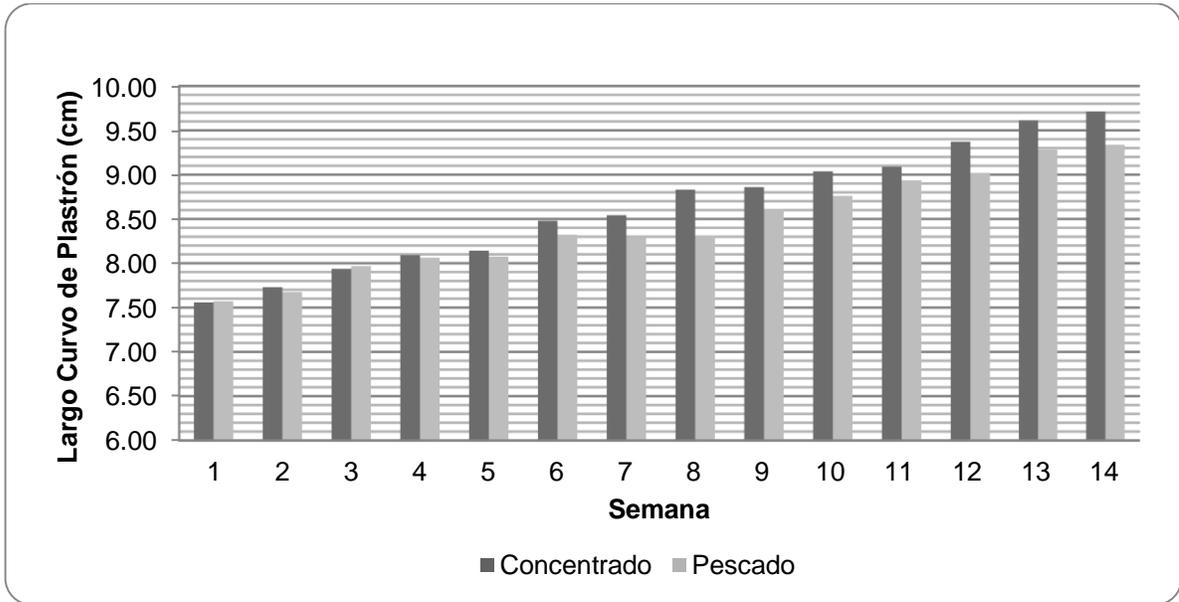


Figura 25. **Ensayo 1. Ancho Curvo de Plastrón en tortuga blanca *Chelonia mydas* en crecimiento, alimentadas con una dieta en forma de gelatina.**

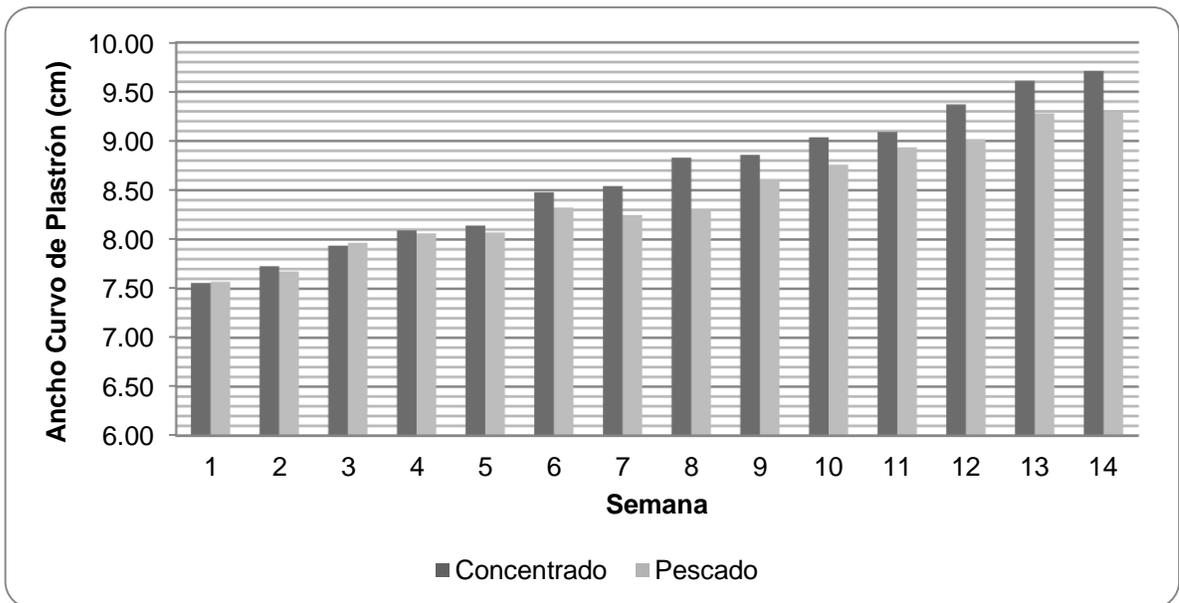


Figura 26. **Ensayo 2. Largo Curvo de Plastrón en tortuga blanca *Chelonia mydas* en crecimiento, alimentadas con una dieta en forma de gelatina.**

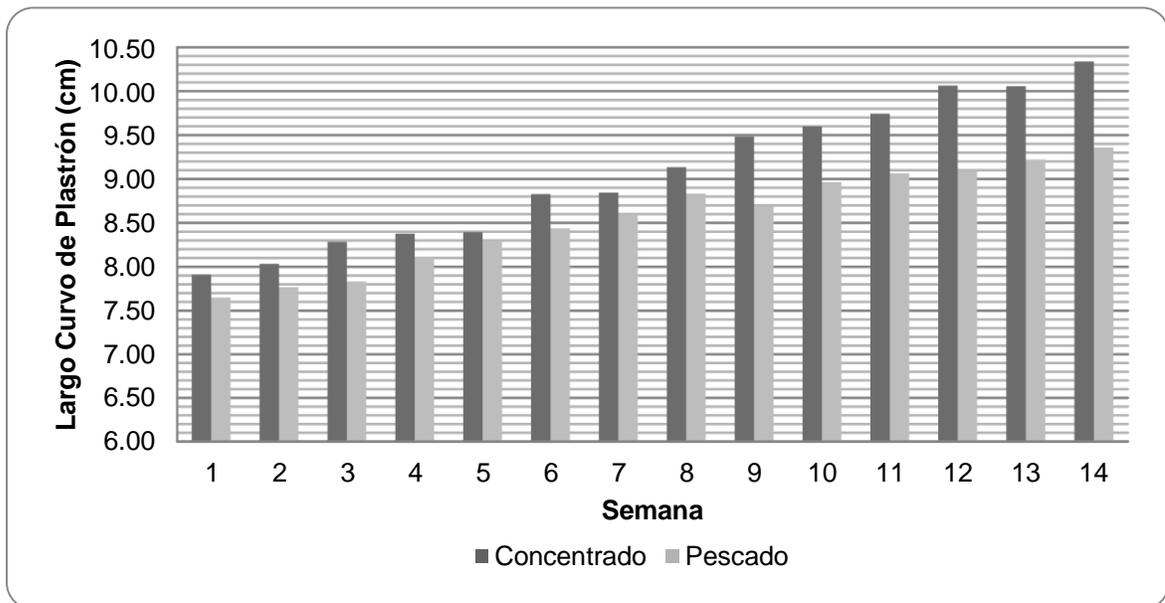
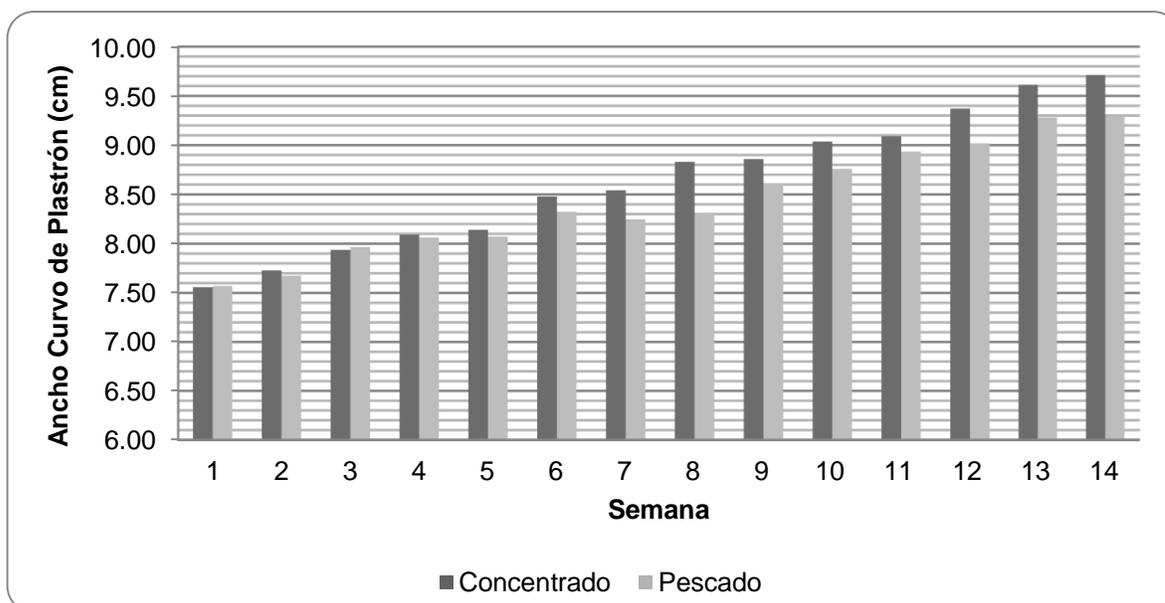


Figura 27. **Ensayo 2. Ancho Curvo de Plastrón en tortuga blanca *Chelonia mydas* en crecimiento, alimentadas con una dieta en forma de gelatina.**



**Cuadro 6: Parámetros productivos y morfométricos obtenidos en el estudio**

<b>Ensayo 1</b>		<b>Inicial</b>					<b>Final</b>					
<b>Dieta</b>	<b>N</b>	<b>LCC</b>	<b>ACC</b>	<b>LCP</b>	<b>ACP</b>	<b>PESO</b>	<b>N</b>	<b>LCC</b>	<b>ACC</b>	<b>LCP</b>	<b>ACP</b>	<b>PESO</b>
<b>Concentrado</b>	24	9.27 ± 0.58	7.81 ± 0.45	7.55 ± 0.50	7.55 ± 0.50	103.0 ± 27.34	17	12.07 ± 0.98	9.71 ± 0.73	9.71 ± 0.81	9.71 ± 0.81	209.82 ± 70.24
<b>Pescado</b>	24	9.44 ± 0.58	7.80 ± 0.48	7.57 ± 0.49	7.57 ± 0.49	99.79 ± 26.54	16	11.52 ± 1.05	9.70 ± 0.70	9.33 ± 0.75	9.29 ± 0.75	188.75 ± 59.85
<b>Ensayo 2</b>		<b>Inicial</b>					<b>Final</b>					
<b>Dieta</b>	<b>N</b>	<b>LCC</b>	<b>ACC</b>	<b>LCP</b>	<b>ACP</b>	<b>PESO</b>	<b>N</b>	<b>LCC</b>	<b>ACC</b>	<b>LCP</b>	<b>ACP</b>	<b>PESO</b>
<b>Concentrado</b>	18	9.78 ± 0.67	8.01 ± 0.56	7.91 ± 0.59	7.16 ± 0.48	109.94 ± 20.83	13	12.75 ± 1.17	10.40 ± 0.94	10.33 ± 0.87	9.26 ± 0.80	245.30 ± 60.19
<b>Pescado</b>	18	9.42 ± 0.77	7.83 ± 0.66	7.65 ± 0.78	6.99 ± 0.71	104.61 ± 23.14	14	11.42 ± 1.24	9.46 ± 0.80	9.35 ± 0.82	8.39 ± 0.75	179.78 ± 51.40

N= Número de animales. LCC= Largo curvo del caparazón (cm). ACC= Ancho curvo del caparazón (cm). LCP= Longitud curva del plastrón (cm). ACP= Ancho curvo del plastrón (cm). PESO en gramos.

#### **d) Digestibilidad aparente de la materia seca**

La digestibilidad es el índice que cuantifica el proceso de transformación que sufre los alimentos en el tracto gastrointestinal desde su aprehensión e ingestión hasta la defecación o excreción de los residuos de alimentos que no han sido aprovechados por el mismo (Gutiérrez *et al.*, 2009), por tanto la determinación de la digestibilidad de dietas para acuicultura es fundamental para mejorar su eficiencia alimenticia (Teixeira *et al.*, 2010).

En referencia a ello, la digestibilidad aparente de la materia seca fue medida a partir de la semana 3 y esta fue del  $87\% \pm 0.08$  para la dieta que contenía concentrado y del  $92.17\% \pm 0.34$  para la dieta elaborada con pescado fresco, resultando con significancia entre los ensayos y dentro de cada ensayo ( $P < 0.05$ ). Posteriormente esta disminuyó a partir de la novena semana y se mantuvo durante el resto del estudio, siendo de  $80.99\% \pm 0.49$  y  $86.61\% \pm 0.19$  para concentrado y pescado respectivamente ( $P < 0.05$ ). Se puede comentar que la cantidad de humedad presente en la dieta así como su digestibilidad, influyó de manera directa sobre respuesta en parámetros productivos, pero no morfométricos.

## **Discusión**

### **a) Supervivencia**

Durante las 14 semanas de estudio, como se mencionó con anterioridad la mortalidad fue del 22.22% al 33.33%, sin embargo en base a las necropsias realizadas esta no se relacionó con el tipo de dietas implementadas y se encontró dentro de lo reportado por Bacon, (1982) quien reporta una mortalidad de hasta el 70% en tortugas *Lepidochelys olivacea* mantenidas bajo el sistema de “head-starting” por siete meses y alimentadas con pescado picado. Márquez (1991) reporta, que la mortalidad de las tortugas *Chelonia mydas* puede ser del 50% durante su primer año de vida y que este puede incrementar si se les ofrece alimento peletizado, además en ambos estudios refieren lesiones cutáneas, concordando con lo reportado en el presente estudio.

Es de importancia hacer notar que a pesar del alto porcentaje de mortalidad obtenido durante las 14 semanas de prueba, además de haber reducida la misma en referencia a los autores consultados, esta se encuentra muy por debajo de la supervivencia de los ejemplares en vida libre, la cual puede llegar al 5% lo que indica una mortalidad del 95% en su primer año de vida (Márquez, 2002). En resumen se puede comentar que al mantener tortugas en cautiverio en sistemas “head-starting” se reduce en cierta medida la mortalidad, contribuyendo con ello a su mantenimiento y repoblación (Acuña, 1988).

### **b) Parámetros productivos**

#### **Ganancia de peso**

La ganancia de peso resultó significativamente superior en el segundo ensayo, al incluir un concentrado especial para tortuga como parte de su dieta en sustitución de pescado fresco,

concordando con Wood J. y Wood F. (1981), quienes reportan una ganancia de peso superior, por el uso de concentrado con 30% de proteína. Sin embargo, ellos reportan una ganancia mensual de 500g en *C. mydas* la cual se encuentra muy por arriba de lo encontrado en el presente estudio, lo que pudo ser debido a la cantidad de materia seca de los alimentos.

Hadjichristophorou and Grove (1983) por su parte reportan, un crecimiento de 180 a 204g en tortugas juveniles de tortugas *C. mydas* alimentadas con una dieta peletizada con 40 a 50% de proteína en 23 días, sin embargo en su estudio la edad de los animales era mayor por tanto el comportamiento alimenticio de los mismos fue diferente. A pesar de ello, en el presente estudio la ganancia de peso pudo haber estado influenciada por diversos factores como, las enfermedades latentes en los nidos, la exposición de las tortugas al público del parque, el número de animales en cada estanque, así como la temperatura que afecta de manera importante el metabolismo (Davenport, 1989).

Los resultados también coinciden con lo reportado por Kanghae *et al* (2014) en crías de tortugas *C. mydas*, donde la ganancia diaria de peso y la tasa de crecimiento fueron superiores con una dieta comercial, en comparación con una dieta de pescado y vegetales. Al igual Pelegrín y Fraga (2000) demostraron en tortugas Carey (*Eretmochelys imbricata*) que las dietas enriquecidas con gelatina y pellet obtienen mayores tasas de crecimiento. Sin embargo, Mann *et al* (1999) reportaron mayores crecimientos y ganancias de peso en dietas con pescado contra las dietas en pellet, mientras que Reyes (2010) reportó en tortugas *Trachemys scripta elegans* una ganancia de peso y crecimiento de caparazón mayor, en

comparación con una dieta en pellet, lo que contrasta con este estudio, esto pudo ser debido a la calidad de la dieta comercial utilizada.

### **Consumo de alimento**

El consumo de alimento estuvo relacionado directamente con la ganancia de peso. Tal como lo reportado por Naitja y Uchida (1982), los cuales demostraron en tortugas *Caretta caretta* que existe una relación directa entre la ración de alimento suministrada y la ganancia de peso. El porcentaje de inclusión utilizado en el estudio, fue superior al de otros estudios similares como, Godínez-Domínguez *et al*, (1993), (8% PV), Pelegrín y Fraga (2000), (5% PV), Pelegrín *et al* (2006), (3% PV), en los cuales se obtuvieron comportamientos similares en relación al consumo y ganancia de peso, por lo que en estudios posteriores se puede disminuir el porcentaje de inclusión con el fin de disminuir costos de alimentación. Se observó que el alimento no permanecía mucho tiempo en el agua ya que las tortugas lo consumían inmediatamente por lo que no se manifestó rechazo en ambas dietas, en contraste, Pelegrín *et al*. (2003) reportaron el consumo de la ración en un lapso de 30 a 45 minutos en tortugas *E. imbricata*.

### **Conversión alimenticia**

La conversión alimenticia resultó ser superior en el alimento a base de concentrado, lo que se traduce en una mayor ganancia de peso en relación al consumo de alimento, concordando con los estudios de Wood J. y Wood F. (1981), Pelegrín y Fraga (2000) y Kanghae *et al* (2014), siendo un factor de importancia si se toma en cuenta el costo de la alimentación de las tortugas en cautiverio. Se ha observado que los mejores factores de

conversión alimenticia se encuentran en un porcentaje de 49 a 51% de proteína en la dieta (Pelegrín et al. 2003).

### **c) Parámetros morfométricos**

En relación a la respuesta morfométrica, aunque el crecimiento fue mayor con la dieta de concentrado, este no mostró una diferencia significativa lo que pudo ser debido al corto tiempo que duró el estudio. Usando la fórmula de Tasa de Crecimiento propuesta por *Van Dam*, en el año 2000, se puede estimar que los animales que consumieron concentrado como parte de la dieta tienen una tasa de crecimiento anual del LCC de  $12.37 \pm 4.59$  cm/año, similar a lo reportado por diversos autores al referir una tasa de crecimiento en cautiverio de 14.3 a 20.23cm (*Godínez-Domínguez et al, 1993*).

En comparación con las tasas de crecimiento en vida libre para esta especie *Schubauer* y colaboradores en el año 1981, reportan tasas de crecimiento de 0.96 a 19 cm/año en tortugas juveniles, mientras que *Velez-Zuazo et al, (2014)*, de 1.03cm a 6.8 cm/año en tortugas adultas, lo que demuestra que las tortugas en cautiverio tienen un mayor crecimiento que las tortugas en vida libre, tal y como lo reportaron *Limpus y Walter (1980)*, que también estimaron que las tortugas mantenidas en cautiverio alcanzan más rápido la madurez sexual que las tortugas en vida libre. Con base a ello se puede comentar que la adición de otras fuentes de proteína adicionales al pescado han mostrado resultados similares al de este estudio, tal es el caso de la harina de calamar (*Pelegrín et al, 2006*).

#### **d) Digestibilidad aparente de materia seca**

La digestibilidad mostró una diferencia significativamente positiva a favor de la dieta con pescado. La menor digestibilidad de materia seca en la dieta de concentrado pudo ser debido a que esta contenía un mayor porcentaje de cenizas, tal y como lo observaron Siccardi *et al.* (2006). Otro factor por el cual la dieta de concentrado tuvo una menor digestibilidad pudo haber sido el mayor porcentaje de proteína en la dieta de pescado, tal como lo observaron Zhou *et al.* (2013), los cuales reportaron una relación directa entre la digestibilidad de materia seca y el aporte de proteína. La digestibilidad aparente de MS de la dieta de concentrado se encuentra en el rango reportado por Wood J. y Wood F. (1981) (83%). A medida que las tortugas crecían se observó que la digestibilidad disminuía, sin embargo, Wood J. y Wood F. (1981) observaron que la digestibilidad de la materia seca no se ve afectada por la edad de las tortugas. En otros estudios realizados con dietas de concentrado, han reportado digestibilidades de materia seca menores a las de este estudio, como Hadjichristophorou y Grove (1983) con  $76\% \pm 6\%$  y Davenport y Scott (1993) con  $68\% \pm 7.6\%$ . Por otro lado la digestibilidad de materia seca en dietas con pescado fue reportada por Amorocho y Reina (2008), donde reportaron una digestibilidad de 85 – 91%, siendo similar a la reportada en este estudio.

## Conclusiones

- La dieta a base de concentrado no tuvo problemas con las tortugas, permitiendo un crecimiento adecuado, sin embargo, fue menos digestible que la dieta de pescado.
- Los parámetros productivos tuvieron un resultado positivo con la dieta de concentrado, lo que ayudaría en un futuro a reducir costos de alimentación de estos ejemplares en cautiverio, pudiendo también disminuir el porcentaje de inclusión sin afectar el crecimiento.
- No se observó que la mortalidad estuviera relacionada con las dietas, pero fue influenciada por una serie de factores como la densidad de animales, temperatura, latencia de enfermedades, entre otras cosas.
- Con base a estos resultados, se acepta la hipótesis y se puede concluir que la dieta a base de concentrado puede ser una alternativa en la nutrición de crías de tortugas marinas en cautiverio; sin embargo se necesitan estudios posteriores más precisos que pudieran reafirmar los resultados.

## **Recomendaciones**

En estudios posteriores se recomienda ampliar el tiempo de estudio debido a que en otras investigaciones similares las diferencias entre las dietas se observan a partir de los cuatro meses de estudio. Se recomienda considerar un mayor control de ciertos factores como la temperatura, calidad del agua, densidad de animales, así como la evaluación de los parámetros morfométricos y productivos de manera individual, lo que resultaría en una obtención de resultados más precisos. La adición de multivitamínicos e inmunoestimulantes a la dieta, ayudaría posteriormente a disminuir la latencia de enfermedades y la mortalidad.

## Referencias

- **Acuña M.R.A.** (1988) Influencia del cautiverio, peso y tamaño en la migración de los neonatos de *Lepidochelys olivacea* Eschscholtz (Testudines: Cheloniidae). *Revista de Biología Tropical*. 36(1):97-106.
- **Amorocho D.F., Reina R.D.** (2008) Intake passage time, digesta composition and digestibility in East Pacific green turtles (*Chelonia mydas agassizii*) at Gorgona National Park, Colombian Pacific. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*. 360: 117–124.
- **AOAC** (1999) *Official Methods of Analysis*. Association of Official Analytical Chemists 2 (15) th By Kenneth Helrich.
- **Argueta, V.T.** (1994). *Importancia del Archipiélago Revillagigedo, Colima, como Zona de Alimentación, Crecimiento y Anidación de tortugas marinas*. Tesis de Licenciatura. México: Facultad de Ciencias, UNAM.
- **Bacon P.** (1982) *Acuicultura Experimental Guatemala, Programa de protección de las tortugas marinas*. Guatemala: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación
- **Bjørndal K.** (1979) Cellulose digestion and volatile fatty acid production in the green turtle, *Chelonia mydas*. *Comp. Biochem. Physiol.* 63A, 127-133.
- **Bjørndal K.** (1985) Nutritional ecology of sea turtles. *Copeia*. 3:736-751.
- **Bjørndal K.** (1997a) *Foraging Ecology and Nutrition of Sea Turtles* En: Musick J.A., Lutz P.L. (Eds.) *The Biology of Sea Turtles*. USA: US CRC Marine Science Series.
- **Bjørndal K.** (1997b). Fermentation in reptiles and amphibians. En: Mackie R.I., White B.A. (Eds.). *Gastrointestinal Microbiology*. USA: Chapman and Hall.
- **Bluvias J.E. Eckert. K.L.** (2010). *Marine Turtle Trauma Response Procedures: A Husbandry Manual*. USA: Wider Caribbean Sea Turtle Conservation Network (WIDECAST).

- **Bolten, A.** (2000). Técnicas para la medición de tortugas marinas. En: Eckert, K., Bjorndal K., Abreu-Grobois F. y Donnelly M. (Eds.). *Técnicas de investigación y manejo para la conservación de tortugas marinas*. México: Grupo especialista en tortugas marinas UICN/CSE.
- **Boyer H.T., Boyer M.D.** (1996) *Turtles, tortoises, and Terrapins*. En: Mader R.D. (editor) *Reptile Medicine and Surgery*. USA: W.B. Saunders company.
- **Brand-Gardner S.J., Lanyon J.M., Limpus C.J.** (1999) Diet selection by immature green turtles, *Chelonia mydas*, in subtropical Moreton Bay, south-east Queensland. *Australian Journal of Zoology*. 47: 181 – 191.
- **Campbell T.W.** (1996). *Sea Turtle Rehabilitation*. En: Mader R.D. (editor) *Reptile Medicine and Surgery*. USA: W.B. Saunders company.
- **Cayman Turtle Farm.** (2015) *History* [En Línea]. Disponible en: <http://www.turtle.ky/history> [Consultado el: 1 de febrero del 2015].
- **Centro Mexicano de la Tortuga** (Actualización: 10 de marzo de 2011). *Áreas de trabajo* [En Línea]. Disponible en: <http://www.centromexicanodelatortuga.org/areas-de-trabajo/> [Consultado el: 11 de febrero del 2015]
- **Chacón et al.** (2008) *Manual sobre técnicas de manejo y conservación de las tortugas marinas en playas de anidación de Centroamérica (Propuesta Base)*. Costa Rica: Secretaria Pro Tempore de la Convención Interamericana para la Protección y Conservación de las Tortugas Marinas (CIT).
- **Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas** (2011) *Ficha de identificación núm 2. Chelonia mydas*. México: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales
- **Comisión Natural de Acuicultura y Pesca** (Actualización: 29 de octubre de 2009). *Convención Interamericana para la Protección y Conservación de las Tortugas Marinas CIT* [En Línea]. Disponible en: [http://www.conapesca.sagarpa.gob.mx/wb/cona/cona\\_convencion\\_interamericana\\_para\\_la\\_proteccion](http://www.conapesca.sagarpa.gob.mx/wb/cona/cona_convencion_interamericana_para_la_proteccion) [Consultado el: 13 de agosto del 2015].

- **Comisión Natural de Áreas Naturales Protegidas** (2008). *CPCTM XCACEL*. [En Línea]. Disponible en: <http://procer.conanp.gob.mx/tortugas/sitio/xcachel.php> [Consultado el: 2 de febrero del 2015].
- **Convención Interamericana para la Protección y Conservación de las Tortugas Marinas**. (2015). *Acerca de CIT* [En Línea]. Disponible en: <http://www.iacseaturtle.org/acerca.htm> [Consultado el: 2 de febrero del 2015].
- **Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres**. (2014) *Apéndices*. [En línea] Disponible en: <http://www.cites.org/esp/app/appendices.php>. [Consultado el: 12 de enero del 2015].
- **D’Cruze N.** (2012) *Granja de tortugas de gran caimán. Un caso para el cambio*. USA: WSPA.
- **Davenport J., Antipas S., Blake E.** (1989) Observations of gut function in young green turtles *Chelonia mydas*. *Herpetological. Journal*. 336-342.
- **Davenport, J., Scott C.R.** (1993) Individuality of growth, appetite, metabolic rate and assimilation of nutrients in young green turtles (*Chelonia mydas* L.) *Herpetology*. 3:26–31.
- **Donoghue S.** (2006) *Nutrition*. En: Mader D.R. (Editor). *Reptile Medicine and Surgery* Second Edition. USA: Elsevier Inc.
- **Ejemplar de Tortuga Blanca *Chelonia mydas*** [Fotografía]. Recuperado de: <http://cdn.c.photoshelter.com/img-get/I00002mEjc21maIg/s/900/900/Chelonia-mydas-Green-Sea-turtle-4.jpg>
- **Flora, Fauna y Cultura de México, A.C.** (2015a) *Antecedentes* [En Línea]. Disponible en: <http://florafauyacultura.org/tortugas-marinas-antecedentes.php> [Consultado el: 2 de febrero del 2015].
- **Flora, Fauna y Cultura de México, A.C.** (2015b) *Actividades* [En Línea]. Disponible en: <http://florafauyacultura.org/actividades.php> [Consultado el: 2 de febrero del 2015].

- **Frazier J.** (1999) *Generalidades de la Historia de Vida de las Tortugas Marinas* En: Eckert K.L., Abreu G.B.A. (Eds.) *Conservación de Tortugas Marinas en la Región del Gran Caribe: Un Diálogo para el Manejo Regional Efectivo*. República Dominicana: WIDECAS, UICN/CSE Grupo Especialista en Tortugas Marinas (MTSG), WWF, Programa Ambiental del Caribe del PNUMA
- **Godínez-Domínguez et al** (1993) Crecimiento de neonatos de *Chelonia agassizii* (Testudines: Cheloniidae) en cautiverio. *Rev. Biol. Trop.*, 41(2):253-26
- **Gutiérrez W.F., Zaldívar J., Contreras C. (2009)** Coeficientes de digestibilidad aparente de harina de pescado peruana y maíz amarillo duro para *Colossoma macropomum* (*Actinopterygii, Characidae*). *Revista Peruana de Biología*. 15(2): 111-115.
- **Hadjichristophorou M., Grove D.J.** (1983). A study of appetite, digestion and growth in juvenile green turtle (*Chelonia mydas* L.) fed on artificial diets. *Aquaculture* 30:191–201.
- **Huerta et al.** (2006) *Manual de Técnicas de Protección de Tortugas Marinas*. México: Kutzari, Asociación para el Estudio y Conservación de las Tortugas Marinas, A.C.
- **Instituto Nacional de Ecología** (1999) *Programa Nacional de Protección y Conservación de Tortugas Marinas*. Programa Ambiental de México México: INE-SEMARNAP.
- **Intituto Nacional de Estadística y Geografía** (2012) *Perspectiva estadística Quintana Roo*. México: INEGI
- **Kanghae et al** (2014) Is artificial feed suitable for juvenile green turtles (*Chelonia mydas*)?. *Aquaculture*. 428–429: 97–103
- **Limpus C.J., Couper P.J., Read M.A.** (1994) The Green turtle, *Chelonia mydas*, in Queensland: population structure in a warm temperature feeding area. *Memoirs of the Queensland Museum*: 35, 139
- **Limpus C.J., Walter D.G.** (1980) The growth of immature green turtles (*Chelonia mydas*) under natural conditions. *Herpetologica*. 36(2):162-165

- **Magalhães S.M., Santos B.A., da Silva B.N, de Moura E.B.C.** (2012) Anatomy of the digestive tube of sea turtles (Reptilia: Testudines). *ZOOLOGIA* 29(1): 70–76
- **Mann *et al*** (1999) *Diet Dependent Growth in Green Sea Turtle Hatchlings*. En: Kalb H.J., Wibbels T, Eds. *Proceedings of the XIX Annual Symposium on Sea Turtle Conservation and Biology*. South Padre Island: NOAA Technical Memorandum NMFS-SEFSC
- **Márquez M.R.** (1990) *Sea turtles of the world. An annotated and illustrated catalogue of sea turtle species known to date*. Rome: FAO Fisheries Synopsis No. 125, Vol. 11.
- **Márquez M.R.** (1991) *Informe de viaje a la Isla Gran Cayman, Antillas Occidentales*. Cuba: FAO/Programa De Cooperacion Tecnica, Roma Ministerio De La Industria Pesquera
- **Márquez M.R.** (2002) *Las tortugas marinas y nuestro tiempo*. México: Fondo de Cultura Económica.
- **Millefanti M., Avanzi M.** (2004) *El Gran Libro De Las Tortugas: Acuaticas Y Terrestres*. España: De Vecchi
- **Miller J.D.** (1997) *Reproduction In Sea Turtles* En: Musick J.A., Lutz P.L. (Eds.) *The Biology of Sea Turtles*. USA: US CRC Marine Science Series.
- **Mrosovsky N., Yntema C.L.** (1980) Temperature dependence of sexual differentiation in sea turtles: implications for conservation practices. *Biological Conservation*. 18:271-280
- **Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010**, Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo. Diario Oficial de la Federación (jueves 30 de diciembre del 2010).
- **Ochoa O.L., García V.U., Flores V.O., Correa C.M., Canseco M.L.** (2009) *Chelonia mydas (tortuga verde). Distribución potencial*. México: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.

- **Pelegrín E., Álvarez S., Galindo J., Regueira E.** (2006) Evaluación de la harina de calamar en dietas para juveniles de Tortuga Carey (*Eretmochelys imbricata*). *Comunicación Científica*. 189-197
- **Pelegrín E., Fraga I.** (2000) *Breeding of the hawksbill turtle (Eretmochelys imbricata) with artificial food*. En: Mosier A, Foley A, Brost B, Eds. *Proceedings of the XX Annual Symposium on Sea Turtle Biology and Conservation*. Orlando: NOAA Technical Memorandum NMFS-SEFSC
- **Pelegrín, E., Álvarez S., Fraga I., Galindo J.** (2003) Requerimientos de proteína en subjuveniles de Tortuga Carey (*Eretmochelys imbricata*) *CIVA*: 978 – 985.
- **Pritchard P.C.T.** (1997) *Evolution, phylogeny, and current status*. En: Musick J.A., Lutz P.L. (Eds.) *The Biology of Sea Turtles*. USA: US CRC Marine Science Series
- **Programa De Conservación De Especies En Riesgo.** (2011) Programa de acción para la conservación de la especie: tortuga verde / negra, *Chelonia mydas*. México: Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas.
- **Reyes P.V.** (2010) *Respuesta productiva y morfométrica en tortugas orejas rojas (Trachemys scripta elegans) al modificar la calidad de la proteína en la dieta*. Tesis de Licenciatura. México: FMVZ, UNAM
- **Schubauer J.P., Parmenter R.R.** (1981) Comparative growth rates of wild immature *Chelonia mydas* and *Caretta caretta* in Florida. *Journal of Herpetology*. 15(4):444-447
- **Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación** (2001). *Sustentabilidad y Pesca Responsable en México evaluación y Manejo 1999-2000*. México: SAGARPA-INP.
- **Secretaría de Relaciones Exteriores.** (1992). Decreto Promulgatorio de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora silvestre (CITES), 6 de marzo de 1992. México: D.O.F.
- **SEMARNAT** (2008) *Campamentos tortugueros*. México: Dirección General de Estadística e Información Ambiental con base en información de la Dirección General de Vida Silvestre.

- **Seminoff, J.A.** (2004). *Chelonia mydas*. *The IUCN Red List of Threatened Species*. [En línea] Disponible en: <http://www.iucnredlist.org/details/summary/4615/0>. [Consultado el: 12 de enero del 2015].
- **Shimada M.A.** (2009) *Consumo voluntario de alimentos*. En: Shimada M.A (Ed) *Nutrición Animal*. México: Trillas
- **Siccardi A.J.** (2006) *Digestibilidad Aparente de Energía, Proteína y Materia Seca de Ingredientes Utilizados en Alimentos Balanceados para el Camarón Blanco del Pacífico Litopenaeus vannamei*. En: (Editores) L. Elizabeth Cruz Suárez, Denis Ricque Marie, Mireya Tapia Salazar, Martha G. Nieto López, David A. Villarreal Cavazos, Ana C. Puello Cruz y Armando García Ortega. *Avances en Nutrición Acuícola VIII. VIII Simposium Internacional de Nutrición Acuícola*. UANL: Nuevo León, México.
- **Solomon S.E., Baird T.** (1979) Aspects of the biology of *Chelonia Mydas*. *Oceanography and Marine Biology. Ann Rev.* 17: 347-361
- **Teixeira E. et al.** (2010) Coeficientes de digestibilidad aparente de alimentos energéticos para juvenis de surubim. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 39(6): 1180-1185
- **Van Dam R.P.** (2000) Medición del Crecimiento en Tortugas Marinas. En: Eckert, K., Bjorndal K., Abreu-Grobois F. y Donnelly M. (Eds.). *Técnicas de investigación y manejo para la conservación de tortugas marinas*. México: Grupo especialista en tortugas marinas UICN/CSE.
- **Velez-Zuazo X. et al** (2014) Fast Growing, Healthy and Resident Green Turtles (*Chelonia mydas*) at Two Neritic Sites in the Central and Northern Coast of Peru: Implications for Conservation. *PLoS ONE* 9(11): e113068.
- **Villela F.L., Canseco M.L.** (2004) Nuevas especies y cambios taxonómicos para la herpetofauna de México. *Acta Zoológica Mexicana (n.s.)* 20(2):115-144
- **Wijnstekers. W.** (1995). *La Evolución de la CITES: Guía de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres*. España.

- **Wood J.R., Wood F.E.** (1977a) Quantitative requirements of the hatchling green sea turtle *Chelonia mydas* for valine, leucine, isoleucine and phenylalanine. *The Journal of Nutrition*. 1502-1506.
- **Wood J.R., Wood F.E.** (1977b) Quantitative requirements of the hatchling green sea turtle for lysine, tryptophan, and methionine. *The Journal of Nutrition*. 171-175.
- **Wood J.R., Wood F.E.** (1981) Growth and digestibility for the green turtle (*Chelonia mydas*) fed diets containing varying protein levels, *Elsevier Scientific Publ.* 194: 269-273.
- **Wyneken J.** (2004) *La Anatomía de las tortugas marinas*. USA: Department of Commerce NOAA Technical Memorandum NMFS-SEFSC
- **Wyneken J., Mader D.R., Weber III E.S., Merigo C.** (2006) *Medical Care of Sea turtles*. En: Mader D.R. (Editor). *Reptile Medicine and Surgery* Second Edition. USA: Elsevier Inc.
- **Zhou F. et al** (2013) The dietary protein requirement of a new Japanese strain of juvenile Chinese soft shell turtle, *Pelodiscus sinensis*. *Aquaculture*. 412–413: 74–80.