



INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL
CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE CIENCIAS MARINAS



**RELACIÓN
DEL SISTEMA CRÁNEOMANDIBULAR
Y LOS HÁBITOS ALIMENTARIOS
EN DOS ESPECIES DE TORTUGAS MARINAS**

TESIS

**QUE PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRÍA EN CIENCIAS
EN
MANEJO DE RECURSOS MARINOS**

PRESENTA

MARTHA ELENA HUERTA CHÁVEZ

LA PAZ, B.C.S., DICIEMBRE DEL 2017



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
SECRETARIA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO
ACTA DE REVISIÓN DE TESIS

En la Ciudad de La Paz, B.C.S., siendo las 12:00 horas del día 28 del mes de Noviembre del 2017 se reunieron los miembros de la Comisión Revisora de Tesis designada por el Colegio de Profesores de Estudios de Posgrado e Investigación de CICIMAR para examinar la tesis titulada:

**"RELACIÓN DEL SISTEMA CRÁNEOMANDIBULAR Y
LOS HÁBITOS ALIMENTARIOS EN DOS ESPECIES DE TORTUGAS MARINAS"**

Presentada por el alumno:

HUERTA

Apellido paterno

CHÁVEZ

materno

MARTHA ELENA

nombre(s)

Con registro:

A	1	6	0	9	8	1
---	---	---	---	---	---	---

Aspirante de:

MAESTRIA EN CIENCIAS EN MANEJO DE RECURSOS MARINOS

Después de intercambiar opiniones los miembros de la Comisión manifestaron **APROBAR LA DEFENSA DE LA TESIS**, en virtud de que satisface los requisitos señalados por las disposiciones reglamentarias vigentes.

LA COMISION REVISORA

Directores de Tesis


DR. VÍCTOR HUGO CRUZ ESCALONA
Director de Tesis

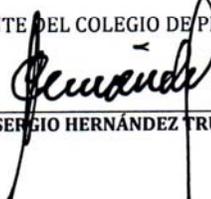

DR. HÉCTOR VILLALOBOS ORTIZ
2º. Director de Tesis


DR. FRANCISCO JAVIER GARCÍA RODRÍGUEZ


M en C. GUSTAVO DE LA CRUZ AGÜERO


DRA. MARÍA MÓNICA LARA UC

PRESIDENTE DEL COLEGIO DE PROFESORES


DR. SERGIO HERNÁNDEZ TRUJILLO



I.P.N.
CICIMAR
DIRECCIÓN



**INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO**

CARTA CESIÓN DE DERECHOS

En la Ciudad de La Paz, B.C.S., el día 08 del mes de Diciembre del año 2017

El (la) que suscribe BIÓL. MARTHA ELENA HUERTA CHÁVEZ Alumno (a) del Programa

MAESTRÍA EN CIENCIAS EN MANEJO DE RECURSOS MARINOS

con número de registro A160981 adscrito al CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE CIENCIAS MARINAS

manifiesta que es autor(a) intelectual del presente trabajo de tesis, bajo la dirección de:

DR. VÍCTOR HUGO CRUZ ESCALONA Y DR. HECTOR VILLALOBOS ORTIZ

y cede los derechos del trabajo titulado:

"RELACIÓN DEL SISTEMA CRÁNEOMANDIBULAR Y

LOS HÁBITOS ALIMENTARIOS EN DOS ESPECIES DE TORTUGAS MARINAS"

al Instituto Politécnico Nacional, para su difusión con fines académicos y de investigación.

Los usuarios de la información no deben reproducir el contenido textual, gráficas o datos del trabajo sin el permiso expreso del autor y/o director del trabajo. Éste, puede ser obtenido escribiendo a la siguiente dirección: ele.huertachavez@yahoo.com.mx - vicreshu@gmail.com - hvillalo@ipn.mx

Si el permiso se otorga, el usuario deberá dar el agradecimiento correspondiente y citar la fuente del mismo.

BIÓL. MARTHA ELENA HUERTA CHÁVEZ

Nombre y firma del alumno

AGRADECIMIENTOS

Esta investigación no habría sido posible sin el apoyo del Instituto Politécnico Nacional a través del Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas (CICIMAR) en su Programa de Maestría en Ciencias en Manejo de Recursos Marinos y del financiamiento otorgado por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología en su Programa de Becas de Posgrado y del Programa Educativo de Becas de la Fundación Telmex- Telcel.

Agradezco a la dirección del CICIMAR-IPN por las facilidades otorgadas mediante su programa de “Apoyos a la Movilidad Nacional e Internacional para el año 2017” y a quienes conformaron la colección de cráneos del Repositorio de Cráneos de Tortugas Marinas del CICIMAR-IPN: el Grupo Tortuguero de las Californias y el CIIDIR-IPN Unidad Sinaloa.

De manera particular extiendo mi gratitud a los doctores Víctor Hugo Cruz Escalona y Héctor Villalobos Ortiz por su invaluable dirección, así como la guía que generosamente me brindó el M. en C. Gustavo de la Cruz Agüero. Agradezco las valiosas aportaciones de la Dra. María Mónica Lara-Uc, del Dr. Francisco Javier García Rodríguez y de la Dra. Andrea Franco. Asimismo, agradezco al Dr. Gustavo Hernández Carmona por el apoyo brindado para la realización de los análisis reológicos, a la Dra. Noemí Aguilar Ramírez por el apoyo en la identificación de algas y a la Dra. Dinorah Herrero Perezrul por las facilidades prestadas para la recolecta de muestras.

Por el apoyo durante las actividades de campo, agradezco a mis compañeros y amigos Alejandro Hernández, Cuauhtémoc Aparicio, Laura Mora, Karla Pedraza, Lorem González, Nicolás Ehemán y Stephanie Rousso.

ÍNDICE GENERAL

1	INTRODUCCIÓN	1
2	ANTECEDENTES	4
3	JUSTIFICACIÓN	8
4	HIPÓTESIS	8
5	OBJETIVOS	9
	5.1 <i>Objetivo general</i>	9
	5.2 <i>Objetivos específicos</i>	9
6	METODOLOGÍA	9
	6.1 <i>Análisis de la forma</i>	9
	6.2 <i>Composición alimentaria</i>	24
7	RESULTADOS	33
	7.1 <i>Análisis de medidas de distancias lineares</i>	35
	7.2 <i>Morfometría geométrica</i>	39
	7.3 <i>Composición alimentaria</i>	42
	7.4 <i>Relación forma vs. alimento</i>	52
8	DISCUSIÓN	55
	8.1 <i>Morfología asociada a la dieta</i>	55
	8.2 <i>La dureza de los alimentos</i>	57
	8.3 <i>Variación morfológica debida a la ontogenia y dimorfismo sexual</i>	58
	8.4 <i>Posibles factores de variación no debidos a la dieta</i>	60
	8.5 <i>Relevancia de los estudios en la mecánica de la alimentación en tortugas marinas</i>	61

9	CONCLUSIONES	61
10	REFERENCIAS	62
11	ANEXOS	77
	11.1 <i>Anexo 1. Autores y localidades de estudio de las publicaciones consultadas para la generación del listado de ítems alimentarios de <i>Caretta caretta</i> y <i>Chelonia mydas</i>.</i>	90
	11.2 <i>Anexo 2. Listado de ítems alimentarios de <i>Caretta caretta</i> registrados en estudios realizados en el Pacífico norte y Pacífico mexicano.</i>	77
	11.3 <i>Anexo 3. Listado de ítems alimentarios de <i>Chelonia mydas</i> registrados en estudios realizados en el Pacífico Norte y Pacífico mexicano.</i>	80
	11.4 <i>Anexo 4. Especímenes del Repositorio de Cráneos de Tortugas Marinas del Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas CICIMAR – IPN (RCTM-CICIMAR-IPN) de las especies <i>Caretta caretta</i> y <i>Chelonia mydas</i> utilizados en el análisis morfométrico.</i>	93
	11.5 <i>Anexo. 4. Medidas de distancia lineal y coordenadas originales de las marcas del cráneo y mandíbula de <i>Caretta caretta</i> y <i>Chelonia mydas</i>.</i>	98

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla I. Número de muestras (<i>n</i>) por vista analizadas mediante morfometría geométrica.....	19
Tabla II. Resultados del modelo de regresión lineal para la estimación de la longitud total del cráneo y mandíbula en <i>Caretta caretta</i> y longitud total del cráneo en <i>Chelonia mydas</i>	35
Tabla III. Resultados del análisis discriminante de las cuatro vistas analizadas del cráneo y mandíbula de las tortugas <i>Caretta caretta</i> y <i>Chelonia mydas</i>	39
Tabla IV. Frecuencia global neta y en porcentaje de los principales ítems alimentarios que componen la dieta de <i>Caretta caretta</i>	43
Tabla V. Frecuencia global neta y en porcentaje de los principales ítems alimentarios registrados en la dieta de <i>Chelonia mydas</i>	44
Tabla VI. Resultados de la prueba de Mantel y PLS con las matrices de forma y dieta.	54
Tabla VII. Frecuencia global por ítem alimentario de <i>Caretta caretta</i>	77
Tabla VIII. Frecuencia global por ítem alimentario de <i>Chelonia mydas</i>	80
Tabla IX. Publicaciones consultadas para la determinación de la composición alimentaria de <i>Caretta caretta</i> y <i>Chelonia mydas</i>	90
Tabla X. Especímenes de <i>Caretta caretta</i> utilizados en el análisis morfométrico.....	93
Tabla XI. Especímenes de <i>Chelonia mydas</i> utilizados en el análisis morfométrico. .	96

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Localidades de recolecta de los especímenes de <i>Caretta caretta</i> y <i>Chelonia mydas</i> depositados en el Repositorio de Cráneos de Tortugas Marinas del Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas (RCTM-CICIMAR).	11
Figura 2. Estructuras que componen el cráneo y mandíbula de <i>Chelonia mydas</i>	12
Figura 3. Medidas de distancia realizadas en la vista dorsal del cráneo.	13
Figura 4. Medidas de distancia en la vista ventral del cráneo.	14
Figura 5. Medidas de distancia en la vista lateral del cráneo.	15
Figura 6. Medidas de distancia en la vista ventral de la mandíbula.....	16
Figura 7. Medidas de distancia en la vista lateral de la mandíbula.....	16
Figura 8. Marcas (azul) y semimarcas (gris) de la vista dorsal del cráneo.	20
Figura 9. Marcas (azul) y semimarcas (gris) en la vista ventral del cráneo.	21
Figura 10. Marcas (azul) y semimarcas (gris) en la vista lateral del cráneo.	22
Figura 11. Marcas (azul) y semimarcas (gris) en la vista lateral de la mandíbula. ...	23
Figura 12. Localidades de estudio de las publicaciones consultadas para la determinación de los principales ítems alimentarios de las especies <i>Caretta caretta</i> y <i>Chelonia mydas</i>	25
Figura 13. Curva de análisis de perfil de textura generalizada obtenida por medio de la máquina de ensayo universal Instron.	28
Figura 14. Localidades de recolecta de especies que conforman la dieta de <i>Caretta caretta</i> y <i>Chelonia mydas</i> necesarios para los análisis de dureza.	29
Figura 15. Generación de curvas de perfil de textura en una muestra de <i>Dictyosphaeria versluysii</i>	31
Figura 16. Modelos de regresión lineal de la longitud del cráneo y longitud curva del caparazón.....	34
Figura 17. Histograma de la longitud curva del caparazón (LCC) de los especímenes de <i>Caretta caretta</i> y <i>Chelonia mydas</i> considerados para el análisis.	34
Figura 18. Resumen de las medidas tomadas en las estructuras del cráneo y mandíbula de <i>Caretta caretta</i> y <i>Chelonia mydas</i>	36

Figura 19. Análisis de regresión lineal.....	37
Figura 20. Cargas de la función discriminante 1 en las estructuras de medición del cráneo y mandíbula de <i>Caretta caretta</i> y <i>Chelonia mydas</i>	38
Figura 21. Análisis de componentes principales de las coordenadas Procrustes del cráneo y mandíbula de <i>Caretta caretta</i> (azul) y <i>Chelonia mydas</i> (verde).....	40
Figura 22. Visualización de la variación morfológica del cráneo y mandíbula de <i>Caretta caretta</i> y <i>Chelonia mydas</i>	41
Figura 23. Principales ítems alimentarios de <i>Caretta caretta</i> ..	43
Figura 24. Principales ítems alimentarios de <i>Chelonia mydas</i> ..	45
Figura 25. Análisis de componentes principales de los ítems alimentarios con mayor importancia en la dieta de <i>Caretta caretta</i> y <i>Chelonia mydas</i>	47
Figura 26. Forma de vida y talla de los grupos que componen la dieta de <i>Caretta caretta</i> y <i>Chelonia mydas</i>	49
Figura 27. Registros de dureza (N) por grupo (A) y por ítem alimentario (B).	50
Figura 28. Índices 1 y 2 para cada uno de los ítems alimentarios de <i>Caretta caretta</i> y <i>Chelonia mydas</i>	51
Figura 29. Resultados de las pruebas de Mantel y PLS.....	53

RESUMEN

El sistema cráneo mandibular (SCM) participa activamente en la adquisición y procesamiento del alimento. En tortugas marinas, su funcionamiento ha sido poco estudiado, sin embargo, en otros vertebrados se conoce la estrecha relación entre la forma del SCM y la dieta. En este sentido, el objetivo del presente estudio fue identificar de qué manera la configuración morfológica del SCM se relaciona con la dieta en dos especies de tortugas marinas. Mediante técnicas de morfometría tradicional y geométrica, se midió la forma de 131 cráneos y mandíbulas de *Caretta caretta* (n = 73) y *Chelonia mydas* (n = 58). La dieta se clasificó a partir de estudios sobre la ecología trófica de las especies, mientras que la relevancia de los ítems alimentarios fue caracterizada considerando su hábitat, talla, dureza y frecuencia de consumo. La asociación entre la morfología y alimentación fue evaluada mediante pruebas de correlación. Los resultados muestran que las zonas con mayor variación son el parietal, postorbital, cuadrado, cuadradojugal, escamoso, vómer, pterigoides, cámara aductora y dentario. La dieta de *C. caretta* se compone de ocho ítems principales, la mayoría asociados a fondos arenosos, presentan tallas de 1 a 43 cm y valores de dureza de 29.4 a 490.3 Newtons (N), en tanto que, la dieta de *C. mydas* está conformada por 31 ítems principales, estos se encuentran asociados en su mayoría a sustratos duros, presentan tallas que van desde los 2 a 200 cm (e.g. *Sargassum*) y valores de dureza de 20.9 a 258.4 N. Aun cuando la dieta y morfología de ambas especies presentan diferencias evidentes, existe una correlación baja entre dichas variables ($r < 0.50$, $p < 0.05$). El área ventral del cráneo es la que mantiene una relación más estrecha con la dieta ($r = 0.5$, $p = 0.01$). La información obtenida con las técnicas analíticas utilizadas sugiere que sólo una parte de la configuración morfológica del SCM se vincula con la ecología alimentaria en estas especies. La exploración de otras fuentes de variación (e. g. filogenia, alometría) podrían representar variables potenciales para la comprensión del funcionamiento del SCM de las tortugas marinas.

ABSTRACT

The craniomandibular system (CMS) actively participates in the acquisition and processing of food. In sea turtles their functioning has been little studied. However, in other vertebrates the close relationship between the form of CMS and diet is known. The objective of the present study was to identify how the morphological configuration of CMS is related to diet in two sea turtle species. The shape of 131 skulls and jaws of *Caretta caretta* (n = 73) and *Chelonia mydas* (n = 58) were measured using traditional and geometric morphometrics tools. The diet was classified based on trophic ecology studies. While the relevance of the food items was characterized considering their habitat, size, hardness and frequency of consumption. The association between morphology and feeding was assessed using correlation tests. The results show that areas with the greatest variation are the parietal, postorbital, quadrate, quadratojugal, squamosal, vomer, pterygoid, adductor chamber and dentary bones. The *C. caretta* diet is composed of eight principal dietary items. Most associated with sandy bottoms. Have sizes from 1 to 43 cm and hardness values from 29.4 to 490.3 Newtons (N). *Chelonia mydas* diet is composed of 31 principal dietary items. These are mostly associated with hard substrates, have sizes ranging from 2 to 200 cm (e.g. *Sargassum*) and hardness values from 20.9 a 258.4 N. Although the diet and morphology of both species show obvious differences, there is a low correlation between these variables ($r < 0.50$, $p < 0.05$). The ventral area of the skull is the one that maintains a closer relationship with the diet ($r = 0.5$, $p = 0.01$). This information suggests that only part of the CMS morphological configuration is linked to feeding ecology in these species. The exploration of other sources of variation (e. g. phylogeny, allometry, behavior) could represent potential variables for understanding the functioning of the sea turtles CMS.

1 INTRODUCCIÓN

Las tortugas son uno de los grupos de reptiles más longevos. Han habitado la tierra desde hace 220 millones de años (Carroll, 2013), periodo durante el cual se han diversificado en sincronía con los cambios en el ambiente (Brinkman *et al.*, 2013). La superfamilia Chelonioidea incluye las especies de tortugas adaptadas para la vida marina, con aletas, caparazón hidrodinámico, glándulas lagrimales y fisiología especializada para nadar (Bustard, 1973; Benson *et al.*, 2011). En la actualidad existen siete especies de tortugas marinas; *Caretta caretta*, *Chelonia mydas*, *Dermochelys coriacea*, *Eretmochelys imbricata*, *Lepidochelys kempii*, *Lepidochelys olivacea* y *Natator depressus* (Rhodin *et al.*, 2017), las cuales han desarrollado un comportamiento y dieta especializados que resulta en un mínimo de competencia directa (Pritchard, 1979).

Las tortugas *Caretta caretta* (tortuga caguama o amarilla) y *Chelonia mydas* (tortuga prieta o verde) son un gran ejemplo de la plasticidad alimentaria del grupo. *Caretta caretta* es una especie omnívora. Habitantes frecuentes del ambiente nerítico-pelágico (Bolten, 2002; McClellan & Read, 2007; McClellan *et al.*, 2010), un rasgo característico de su comportamiento de forrajeo es la transición entre el consumo de presas oceánicas suaves a presas neríticas duras, en su mayoría bénticas (Marshall *et al.*, 2012). Por otra parte, *Chelonia mydas* es la única especie de tortuga marina actual con dieta predominantemente herbívora (Nagaoka *et al.*, 2012; Vélez-Rubio *et al.*, 2016); sin embargo, presenta variaciones alimentarias graduales que van desde la carnivoría hasta la herbivoría. Estas modificaciones dependen en gran medida de la zona de distribución y de los recursos disponibles en el área (Hatase *et al.*, 2006; Nagaoka *et al.*, 2012).

Una estrategia de alimentación presente en ambas especies, aunque con menor frecuencia, es el aprovechamiento de organismos descartados en diferentes pesquerías. Si bien, esta actividad no requiere una gran inversión energética, representa un aumento en el riesgo de muerte debido a la interacción con las embarcaciones (Jones & Seminoff, 2013).

La alimentación, como proceso mecánico, implica el movimiento coordinado del cráneo, mandíbula, complejo mandibular, lengua, faringe, laringe y aparato hiobranquial. Inicia con la captura o aprensión del alimento (ingestión). Una vez en la cavidad oral, el alimento puede o no ser procesado (reducido), para después ser transportado a la faringe (transporte intraoral), posteriormente al esófago y finalmente llegar al estómago (deglución). Una secuencia de alimentación completa implica uno o más ciclos como este (Schwenk, 2000).

El procesamiento del alimento, implica técnicamente la reducción mecánica del material dentro de la cavidad oral (Schwenk, 2000) y su función es generar piezas más pequeñas para facilitar el tránsito hacia el estómago y aumentar la superficie de reacción durante la digestión (Vizcaíno *et al.*, 2016). Existen diferentes formas de procesamiento; sin embargo, en animales desdentados como las tortugas marinas, el procesamiento del alimento se realiza principalmente mediante el cierre, compresión y movimiento palinal (movimiento sobre un plano horizontal) de la mandíbula (Schwenk, 2000), lo que facilita la disgregación de materiales duros, como la piel, músculo y el tejido vegetal (Jones *et al.*, 2012).

El cráneo y la mandíbula son las principales estructuras para el agarre y la reducción de las presas. En conjunto funcionan como un sistema de palanca en el cual, la velocidad y fuerza de mordida guardan una relación entre la longitud de la mandíbula y el punto de anclaje de los músculos que les dan movilidad (Herrel & Aerts, 2003). Es entonces que el incremento en la fuerza de mordida está íntimamente relacionado con el aumento en el tamaño del cuerpo, el volumen y arreglo muscular (Herrel & Aerts, 2003; Marshall *et al.*, 2012, 2014).

Otro factor fundamental en el proceso de alimentación es, por supuesto, el alimento, ya que las fuerzas que serán aplicadas sobre él durante la reducción dependerán de las propiedades físicas (e.g. tamaño, volumen total, rugosidad, suavidad) y mecánicas (e.g. resistencia) del material que se esté procesando (Lucas, 2004; Vizcaíno *et al.*, 2016). Disponer de una amplia fuerza de mordida requiere de estructuras que transfieran esa fuerza de manera eficiente, además de realizar una adecuada disipación de la fuerza de reacción producida por el alimento (Pfaller *et al.*,

2011). La interacción entre el aparato bucal y el alimento comprende entonces una gran carga anatómica y factores como la morfología de los huesos son un importante elemento para la capacidad de mordida y el acceso a los recursos (Herrel *et al.*, 2002; Claude *et al.*, 2004; Marshall *et al.*, 2012, 2014).

Los organismos heterótrofos adquieren los nutrientes necesarios para la sobrevivencia y reproducción mediante el procesamiento de la materia orgánica producida por otros seres vivos (Vizcaíno *et al.*, 2016). La manera de adquirir el alimento y el desempeño en el procesamiento del mismo, pueden limitar el acceso a los recursos alimentarios o conducir a explotar un nicho trófico alternativo (Marshall *et al.*, 2012). El comportamiento alimentario determina entonces la sobrevivencia, el crecimiento y el éxito reproductivo, además de representar un costo de tiempo y energía que muchas veces conlleva el aumento en el riesgo de morir (Kramer, 2001).

Aunque un gran número de estudios proporcionan información sobre el comportamiento de forrajeo de las tortugas marinas, son escasos los estudios cuantitativos que muestren el efecto de las propiedades de los alimentos sobre la modulación de los movimientos de la mandíbula, lengua y aparato hiobranquial. Esta información es relevante para obtener una completa comprensión de las estrategias de alimentación de las tortugas y de su plasticidad, la cual juega un papel clave en el desempeño general del organismo (Wyneken, 2013).

El análisis de la forma es uno de varios enfoques que sirven para entender las causas de variación y transformación morfológica (Zelditch *et al.*, 2012). Las técnicas morfométricas han sido un recurso ampliamente utilizado en el área de la ecología. De manera particular se han implementado en el estudio de la variación morfológica y de su relación con la alimentación en diversos grupos de vertebrados, como son peces (Klingenberg & Ekau, 1996; Dean *et al.*, 2007; Franco-Moreno, 2011; Bohórquez-Herrera *et al.*, 2015), reptiles (Claude *et al.*, 2004; Pierce *et al.*, 2008; Nishizawa *et al.*, 2010; Stayton, 2011; Kaliontzopoulou *et al.*, 2012; Klaczko *et al.*, 2016; Dollion *et al.*, 2017), aves (Bright *et al.*, 2016) y mamíferos (Dumont, 2003; Herrel *et al.*, 2008; Ellis *et al.*, 2009; Franco-Moreno, 2015; Timm-Davis *et al.*, 2015).

Por otra parte, el análisis de las propiedades de los alimentos es un área de la reología, estudio del flujo y deformación de los materiales (Walters, 2001), la cual ha sido ampliamente utilizada en la industria alimentaria. Simular el comportamiento que tiene el alimento al recibir una fuerza de presión es posible mediante el *Análisis de Perfil de Textura*. Esta técnica instrumental, permite medir, entre otros atributos, la dureza de los tejidos, la cual es definida como la fuerza máxima de compresión que puede resistir el alimento antes de su punto de quiebre (Bourne, 2004).

La combinación de técnicas morfométricas y reológicas ofrece una alternativa adecuada en el estudio de la variación morfológica del sistema cráneo mandibular y su relación con la alimentación. El objetivo del presente estudio es evaluar mediante técnicas morfométricas y reológicas, la relación que guarda la morfología del sistema cráneo mandibular con los atributos físicos y biológicos de los principales ítems alimentarios de dos de las siete especies de tortugas marinas actuales. La información generada servirá para comprender la interacción entre el aparato bucal y las propiedades físicas del alimento, aportando así información, hasta ahora desconocida, de la mecánica de alimentación en este grupo de reptiles.

2 ANTECEDENTES

El modo y mecánica en la alimentación de las tortugas marinas ha sido escasamente estudiado debido a la complejidad de sus formas de vida y largas migraciones. Los registros más detallados los encontramos mediante observaciones directas (Bels *et al.*, 1998, 2008) y más recientemente, mediante el uso de dispositivos electrónicos se ha logrado el registro de los movimientos corporales y mandibulares, tanto en condiciones de laboratorio como de vida libre (Okuyama *et al.*, 2010; Marshall *et al.*, 2012, 2014; Narazaki *et al.*, 2013).

En *Caretta caretta* se han descrito al menos dos estrategias para la adquisición del alimento, las cuales dependen del sitio de alimentación. En zonas bentónicas, la tortuga captura a sus presas con el pico. En ocasiones puede ayudarse de las aletas, las cuáles le facilitan la manipulación de la presa y del sustrato (Preen, 1996; Schofield

et al., 2007; Thomson *et al.*, 2011, 2012). Cuando la alimentación se lleva a cabo en la columna de agua, la tortuga realiza una serie de nados. El primero es un nado acelerado en dirección a la presa, el cual reduce al encontrarse entre los cinco o seis metros de distancia. En esta etapa puede o no realizar un cambio de dirección antes de atacar completamente. Sin embargo, una vez cerca, efectúa un reconocimiento químico-visual y decide si llevar a cabo o no la mordida y el consecuente manejo de la presa (Walker, 1959; Manton *et al.*, 1972; Hochscheid *et al.*, 2005; Houghton *et al.*, 2008; Okuyama *et al.*, 2010; Narazaki *et al.*, 2013). En *Chelonia mydas*, el proceso de ingestión de macroalgas y pastos marinos se realiza a través de cortes o del desprendimiento de los materiales directamente desde el sustrato para posteriormente ser tragados (Villegas, 2009). Para ambas especies se describen dos ciclos mandibulares; la ingestión y el transporte. Durante la ingestión se realiza la mordida y fragmentación, mientras que en el transporte se lleva a cabo el desplazamiento del alimento desde la cavidad bucal al esófago por medio de la retracción de la lengua, lo cual genera una succión inercial que ayuda a desplazar la presa hacia la cavidad faríngea (Bels *et al.*, 2008).

La descripción anatómica del cráneo y mandíbula de las especies de la familia Cheloniidae ha sido registrada desde inicios del siglo diecinueve (Kesteven, 1910; Casier, 1968). Se han dedicado extensos trabajos al estudio de la anatomía comparada de estas especies, en los cuáles, además de las descripciones anatómicas, en algunas ocasiones, se especula sobre el funcionamiento de las estructuras que conforman el sistema cráneo-mandibular. Se sugiere, por ejemplo, que las articulaciones de la mandíbula se relacionan con las capacidades de retracción y prolongación, mientras que el vómer y pterigoides son consideradas estructuras receptoras del estrés físico durante la alimentación (Gaffney, 1979). Estas ideas, generadas a partir del estudio minucioso de la anatomía del grupo, han servido de inspiración en diversos estudios relacionados con las funciones anatómicas (Werneburg, 2012). Un ejemplo de ello es el uso de técnicas de disección estándar, tomografía computarizada y micro escáner – CT, las cuáles han permitido la descripción detallada del cráneo y mandíbula, así como de las principales zonas de

origen e inserción de la musculatura en estas estructuras (Wyneken, 2001, 2002, 2013; Arencibia *et al.*, 2006; Werneburg, 2011; Jones *et al.*, 2012).

La medición directa del desempeño alimentario en tortugas se ha enfocado principalmente en el estudio de la fuerza de mordida. Esta es una habilidad que facilita a los organismos el acceso a presas de mayor valor energético, de menor competencia y que permite disminuir el tiempo invertido en el procesamiento del alimento (Pfaller *et al.*, 2011; Marshall *et al.*, 2012). La fuerza de mordida puede ser regulada por el organismo dependiendo del tipo y tamaño de la presa (Guzman, 2008). Presenta una relación directa con el tamaño y peso de la tortuga, así como de la arquitectura de la musculatura (Herrel *et al.*, 2002; Herrel & Aerts, 2003; Marshall *et al.*, 2012). Las mediciones de la fuerza de mordida realizadas en tortugas terrestres y acuáticas evidencian que, especies con dietas carnívoras y durófagas (consumo de presas con cubiertas duras) presentan una mayor fuerza de mordida, en comparación con especies de otros tipos de dieta (Herrel *et al.*, 2002). Además, estudios de la mecánica mandibular infieren que una mayor fuerza de mordida implica la reducción en la velocidad y por lo tanto, una menor capacidad para el consumo de presas ágiles (Herrel & Aerts, 2003).

En especies marinas como *Caretta caretta*, se ha logrado medir la fuerza de mordida mediante transductores electrónicos y se ha registrado una fuerza de entre 330 – 575 N y en algunos organismos hasta los 1766 N (Guzman, 2008; Marshall *et al.*, 2012). El incremento en la fuerza de mordida se relaciona con el tamaño del organismo y se conoce que el mayor despliegue de fuerza se presenta cuando los organismos se encuentran entre los 40 - 60 cm de longitud del caparazón. En esta etapa, la tortuga cuenta con la fuerza suficiente para consumir un amplio espectro de ítems-presas de cubiertas duras. Inicia con presas de tallas pequeñas (*e.g. Callinectes* spp., 30 – 490 N) para gradualmente desarrollar la fuerza necesaria que le permita el consumo de presas más grandes y duras (Guzman, 2008). En *Chelonia mydas*, se estima una fuerza de mordida de 303 N y pese a que la fuerza de mordida de esta especie es mucho menor que la registrada para *Caretta caretta*, es lo suficiente e

inclusive, superior a la necesaria para procesar algas, material vegetal o para comprimir presas con cubiertas duras (Marshall *et al.*, 2014).

La relación fuerza de mordida – talla varía entre especies de tortugas y formas de vida. En *Caretta caretta* se sabe que esta relación es alométrica con el tamaño de la cabeza e isométrica con el tamaño del cuerpo (Marshall *et al.*, 2012). Lo mismo sucede en tortugas acuáticas como *Chelydra serpentina*, *Staurotypus* sp. y *Trachemys scripta* (Herrel *et al.*, 2002). En *Chelonia mydas* por otra parte, se presenta una relación isométrica tanto para el tamaño del cuerpo como para el tamaño de la cabeza (Marshall *et al.*, 2014). Los cambios en la fuerza de mordida, además de estar relacionados con el tamaño del organismo, van acompañados de un aumento en el tamaño de la musculatura del cráneo y de las modificaciones en el arreglo de las fibras musculares. Asimismo, se sabe que el tipo de presas se modifica en conjunto con la capacidad de mordida (Pfaller *et al.*, 2011).

El estudio de la morfología del cráneo y mandíbula de las tortugas y su relación con la alimentación han sido particularmente escasos, sin embargo, se ha logrado evidenciar una relación entre la dieta y la forma de los organismos. En el trabajo de Claude *et al.*, (2004) se encuentra una relación entre la morfología del cráneo y la dieta en especies de tortugas acuáticas y terrestres, sin embargo, la principal fuente de variación morfológica para las especies analizadas en ese estudio resulta ser el tipo de hábitat y en menor medida la filogenia. De manera particular, para tortugas las marinas se ha identificado la existencia de diferencias morfológicas entre cráneos de organismos juveniles (34.7 – 51.2 cm de longitud recta del caparazón o LRC) y adultos (85.5 - 102.5 cm de LRC) de *Chelonia mydas*. Estas diferencias posiblemente están asociadas con las capacidades de succión y visión utilizadas en el proceso de alimentación (Nishizawa *et al.*, 2010).

Los estudios en la alimentación de tortugas coinciden en que el desempeño alimentario se encuentra ligado a la actividad conjunta del cráneo, mandíbula, articulaciones, aparato hiobranquial y lengua, así como, de los músculos mandibulares (Van-Damme & Aerts, 1997; Lemell *et al.*, 2000; Pfaller *et al.*, 2011). Estas interacciones determinan tanto la fuerza de mordida y velocidad, así como la habilidad

en el manejo de las presas. La incorporación de las características estructurales de los alimentos en quelonios únicamente ha sido explorado en especies acuáticas (Pfaller *et al.*, 2011); sin embargo, estudios en otro grupo de vertebrados evidencian que la morfología de las estructuras involucradas en la alimentación juegan un papel fundamental en la resistencia, equilibrio y distribución de las fuerzas aplicadas en el procesamiento del alimento (Huber *et al.*, 2005, 2008) y que ello repercute en el acceso a los recursos, la diversidad trófica y en los cambios ontogénicos en la dieta (Clifton & Motta, 1998; Wiersma, 2001; Verwaijen *et al.*, 2002).

En este trabajo se pretende extender el análisis de la relación morfología - dieta en especies de tortugas marinas y se considera que el uso de técnicas morfométricas y reológicas permitirán una aproximación robusta en el conocimiento de la mecánica de alimentación de este grupo de vertebrados.

3 JUSTIFICACIÓN

El proceso de alimentación es determinante en la supervivencia de los organismos. El sistema cráneo-mandibular es una de las principales estructuras para llevarlo a cabo, y algunos de sus componentes son más activos que otros. Las tortugas marinas cuentan con una amplia variedad de formas y de dietas, pero la relación entre la morfología y la ecología trófica de este grupo de reptiles ha sido poco explorada. Determinar la interacción entre las estructuras de alimentación y las propiedades de los alimentos, permitirá comprender las capacidades anatómicas que influyen en el acceso a los recursos alimentarios.

4 HIPÓTESIS

La dieta será un factor determinante en la morfología del cráneo y mandíbula de las tortugas marinas. La dureza de los tejidos será el atributo más relevante debido a la amplia demanda anatómica que representa en el proceso de alimentación.

5 OBJETIVOS

5.1 *Objetivo general*

Determinar las zonas del cráneo y mandíbula que se relacionan en mayor medida con las propiedades bio-físicas de los ítems alimentarios de *Caretta caretta* y *Chelonia mydas*.

5.2 *Objetivos específicos*

1. Identificar las principales áreas de variación morfológica en el cráneo y mandíbula de *Caretta caretta* y *Chelonia mydas*.
2. Determinar los ítems alimentarios que comprenden la dieta de *Caretta caretta* y *Chelonia mydas* en las principales zonas de distribución del Pacífico Norte y Pacífico mexicano a partir de la frecuencia de consumo.
3. Caracterizar los principales ítems alimentarios a partir de descriptores físicos (talla, dureza de los tejidos) y biológicos (frecuencia, hábitat).
4. Determinar la relación entre el sistema cráneomandibular y las características físicas y biológicas de los ítems alimentarios.

6 METODOLOGÍA

6.1 *Análisis de la forma*

La forma, se define como “todas las características geométricas de un objeto, exceptuando aquellas relacionadas con su tamaño, posición y orientación” (Kendall, 1977). Esta definición, por abstracta que parezca, es posible llevarla a la práctica, por ejemplo, cuando reconocemos objetos (e.g. personas, etc.) en una fotografía. Si bien, una fotografía es mucho más pequeña que el objeto real, el hecho es que aunque el

tamaño y la posición de la imagen sean “incorrectos” no afecta nuestra capacidad para reconocerlos (Klingenberg, 2013) porque la información de la forma se conserva.

Existe una gran variedad de técnicas de análisis de la forma que permiten caracterizar de manera cuantitativa los atributos morfológicos. Una de ellas es la morfometría clásica o tradicional. Esta técnica analiza la forma a partir de variables tales como longitud, ancho, alto o ángulos. Los datos generados son analizados mediante análisis estadísticos, de tal manera que la variación en la forma pueda ser condensada en un espacio multidimensional y traducida a unos pocos parámetros que expliquen tal variación (Bookstein, 1991). Otra técnica ampliamente utilizada es la morfometría geométrica, la cual se define como el análisis estadístico de la variación de la forma y su covariación con otras variables (Bookstein, 1991). La morfometría geométrica, a diferencia del método tradicional, cuantifica la variación en la forma de los objetos por medio de coordenadas cartesianas de los puntos de referencia anatómicos, después de retirar los efectos de variación no propia de la forma (e.g. tamaño, orientación, posición).

En este estudio se utilizaron 131 cráneos y mandíbulas (73 de *Caretta caretta* y 58 de *Chelonia mydas*) del Repositorio de Cráneos de Tortugas Marinas del Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas (RCTM-CICIMAR). Los especímenes provienen de varamientos ocurridos durante noviembre de 2011 a septiembre de 2015. Las recolectas se realizaron en siete localidades (Fig. 1), dos en el Pacífico norte (Laguna Ojo de Liebre y Cabo San Lázaro); tres en el golfo de California (Bahía Navachiste, Isla Macapule e Isla Altamura) y dos en el Pacífico centro sur (Playa Noctiluca y Villa del Mar); la localidad de origen de cinco de los especímenes utilizados es desconocida.



Figura 1. Localidades de recolecta de los especímenes de *Caretta caretta* y *Chelonia mydas* depositados en el Repositorio de Cráneos de Tortugas Marinas del Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas (RCTM-CICIMAR).

6.1.1 Estructuras de medición

Las estructuras de análisis en este estudio corresponden a aquellos huesos que se relacionan directamente con la inserción de los músculos abductores, complejo depresor y los utilizados para la compresión de los alimentos (Wyneken, 2001, 2002; Jones *et al.*, 2012). Para el cráneo, se incluyeron las zonas del premaxilar, prefrontal, frontal, post orbital, parietal, supraoccipital, escamoso, cuadrado, cuadradojugal, jugal, maxilar, palatino, vómer y pterigoides. En el caso de la mandíbula se consideraron el dentario, coronoideo, surangular y prearticular (Fig. 2).

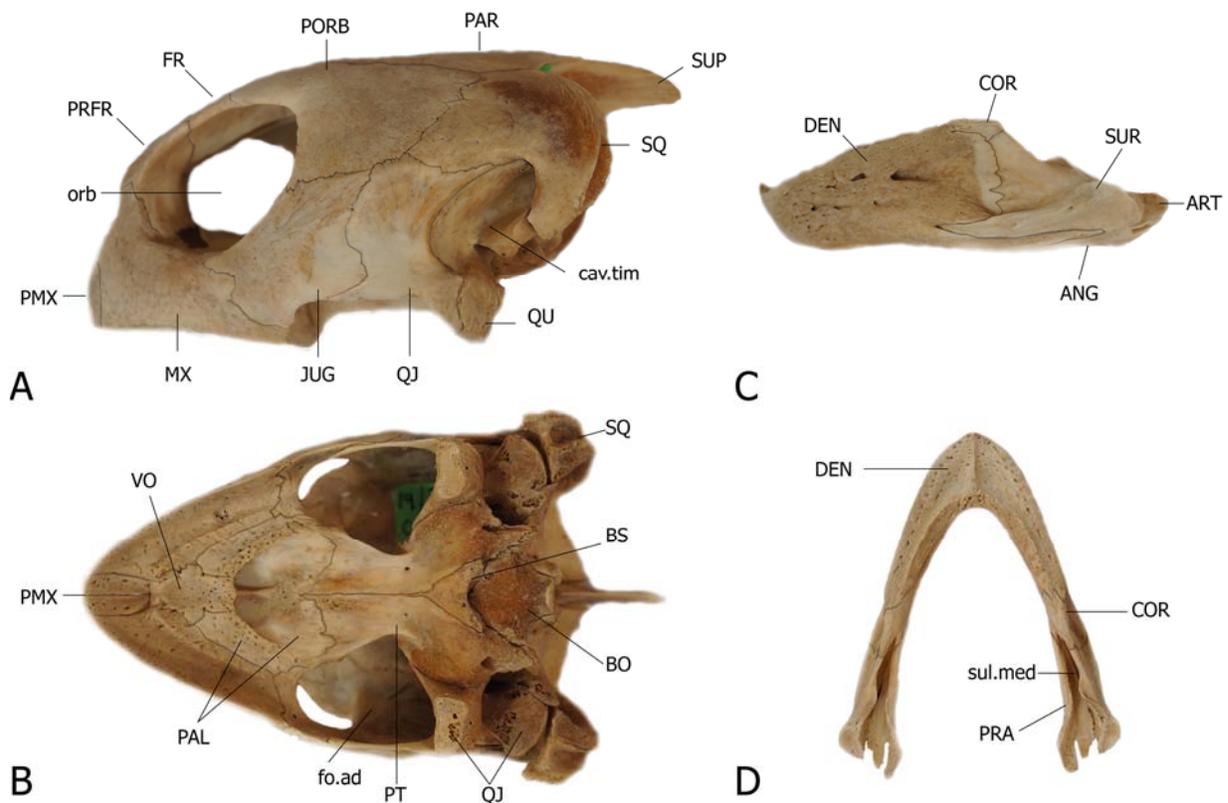


Figura 2. Estructuras que componen el cráneo y mandíbula de *Chelonia mydas*. A) Cráneo vista lateral; B) Cráneo vista dorsal; C) Mandíbula vista lateral; D) Mandíbula vista ventral. ANG: angular; ART: articular; BS: basifenoides; BO: basioccipital; cav.tim.: cavidad timpánica; COR: coronario; DEN: dentario; FR: frontal; fo.ad: fosa aductora; JUG: jugal; orb: orbital; MX: maxilar; PAL: palatino; PAR: parietal; PMX: premaxilar; PRA: prearticular; PORB: postorbital; PRFR: prefrontal; PT: pterigoides; QJ: cuadradojugal; QU: cuadrado; SQ: escamoso; SUP: supraoccipital; sul.med: sulco medio; VO: vómer; SUR: surangular.

6.1.2 Morfometría tradicional

En el caso de la morfometría tradicional, se definieron 37 medidas de distancia. Sobre la vista dorsal del cráneo se realizaron 11 mediciones (Fig. 3), mientras que sobre las vistas ventral y lateral de esta estructura se consideraron 10 y siete mediciones, respectivamente (Figs. 4 y 5). En la vista ventral de la mandíbula se consideraron cuatro mediciones (Fig. 6) y cinco más para la vista lateral de esta misma estructura (Fig. 7). Las mediciones se realizaron con un calibrador digital (Fowler, Modelo # 54-100-024) de 24" (+/- 0.001").

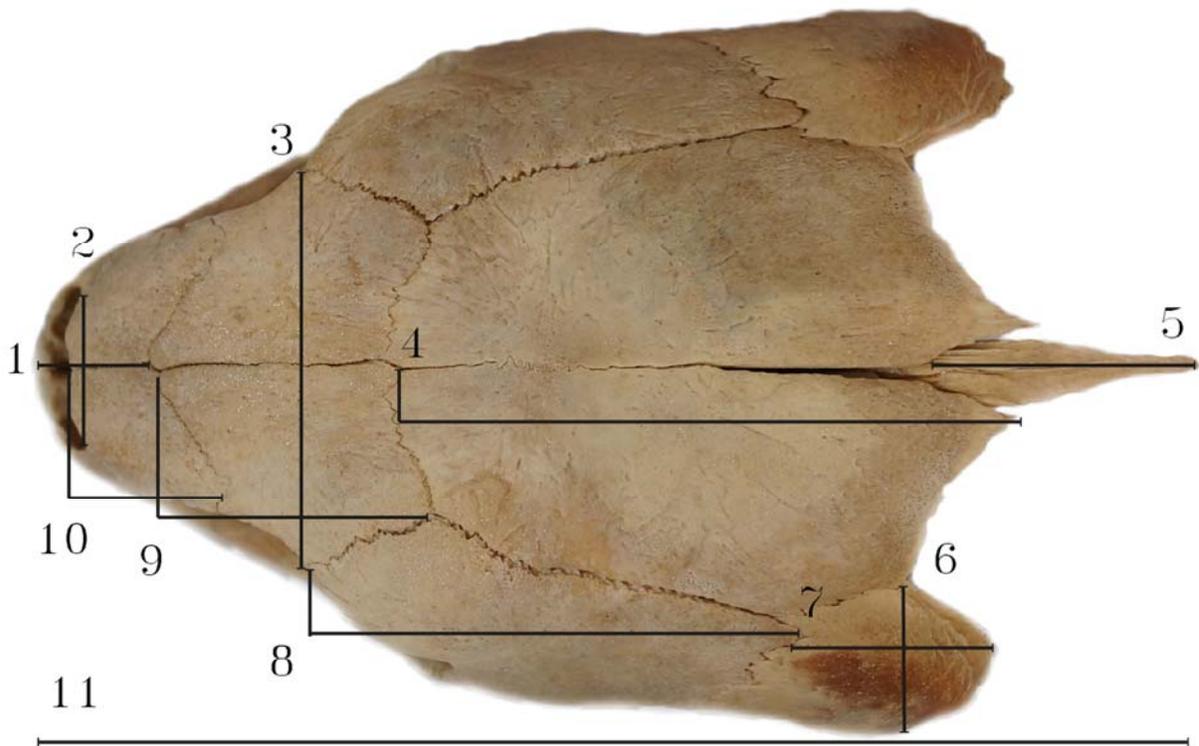


Figura 3. Medidas de distancia realizadas en la vista dorsal del cráneo. 1) Longitud del rostro (extremo más anterior del cráneo hasta el borde posterior frontal); 2) Longitud de las narinas externas; 3) Amplitud del frontal; 4) Longitud del parietal; 5) Longitud del supraoccipital; 6) Amplitud del escamoso; 7) Longitud del escamoso; 8) Longitud del postorbital; 9) Longitud del frontal; 10) Longitud del prefrontal; 11) Longitud total.

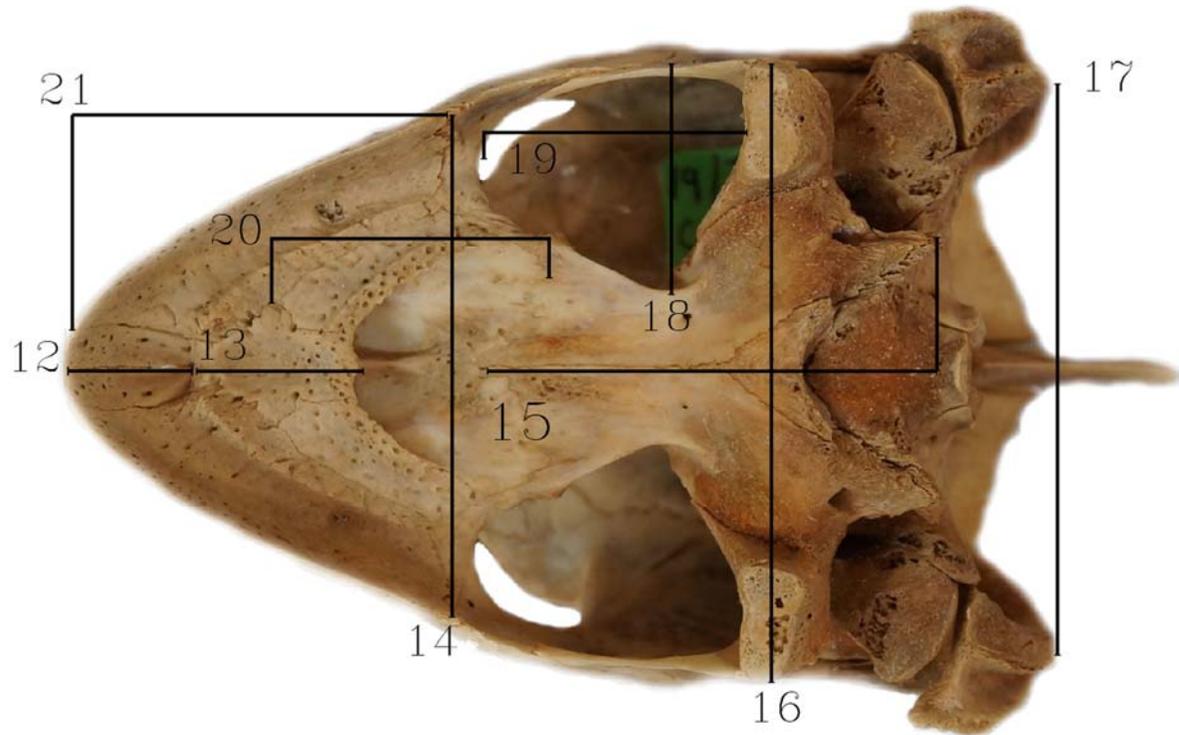


Figura 4. Medidas de distancia en la vista ventral del cráneo. 12) Longitud del premaxilar; 13) Longitud del vómer; 14) Distancia entre maxilares; 15) Longitud del pterigoides; 16) Distancia entre cuadrados; 17) Distancia entre escamosos; 18) Amplitud de la cámara aductora; 19) Longitud de la cámara aductora; 20) Longitud del palatino; 21) Longitud del maxilar.

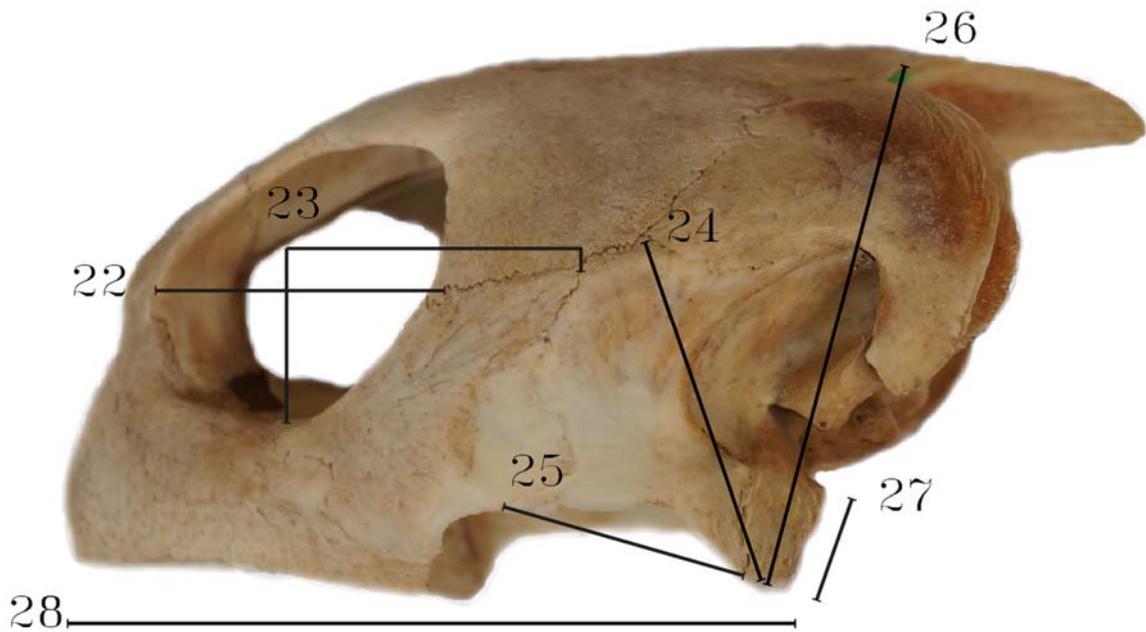


Figura 5. Medidas de distancia en la vista lateral del cráneo. 22) Amplitud del orbital; 23) Longitud del jugal; 24) Longitud del cuadradojugal; 25) Amplitud del cuadradojugal; 26) Distancia desde el extremo posteroinferior del cuadradojugal hasta la unión posterior del parietal en su unión con el escamoso; 27) Altura de la base del cuadradojugal; 28) Distancia desde el premaxilar hasta el cuadrado.

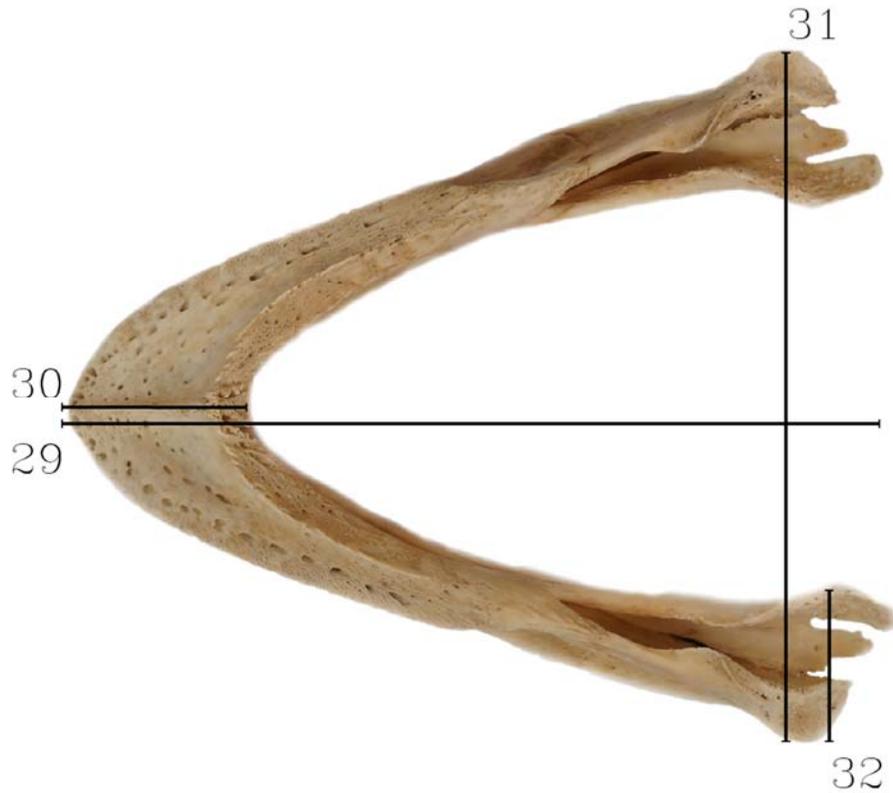


Figura 6. Medidas de distancia en la vista ventral de la mandíbula. 29) Longitud total de la mandíbula; 30) Longitud del dentario en su porción anterior; 31) Distancia entre surangulares; 32) Distancia entre surangular y prearticular.

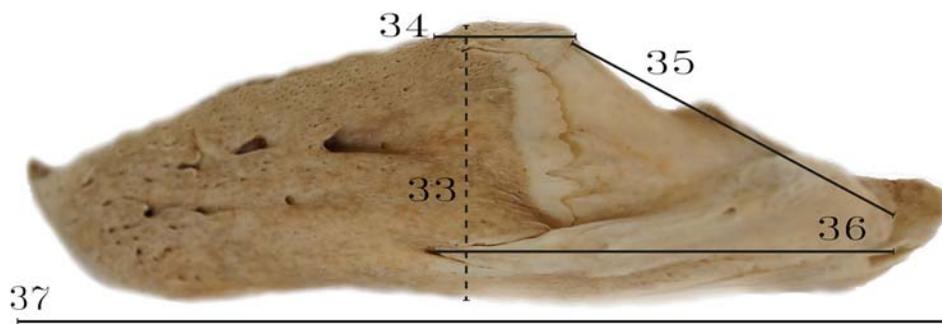


Figura 7. Medidas de distancia en la vista lateral de la mandíbula. 33) Altura de la parte posterior del dentario; 34) Amplitud del coronoideo; 35) Altura del surangular; 36) Longitud del surangular; 37) Longitud total del dentario.

Para estimar el error debido al proceso de medición se seleccionaron cuatro especímenes al azar, a los cuáles se les midió por cuadruplicado las 37 mediciones establecidas. A partir de estos datos, se estimó el error de medición (%ME) mediante la fórmula establecida por Haldane (1955) con la adaptación de Lynch & Hayden (1995):

$$\%ME = 100 \left[\left(1 + \frac{1}{4n} \right) \sigma / x \right]$$

En donde

n = tamaño de la muestra

σ = desviación estándar

x = media de las réplicas por muestra

Posteriormente se eliminó la variación debida al tamaño del objeto por medio de la función de corrección propuesta por Thorpe (1975) y la generalización teórica de Leonart *et al.* (2000), en la cual:

$$Y_i^* = Y_i \left[\frac{X_0}{X_i} \right]^b$$

donde

Y_i^* = valor teórico de Y_i

Y_i = i ésima medición

X_0 = promedio de la longitud total de la estructura de medición

X_i = longitud total del i ésimo espécimen (longitud total del cráneo o mandíbula)

b = pendiente de $\frac{X_0}{X_i}$ regresión lineal simple

Debido a que algunos de los especímenes presentaron estructuras desarticuladas, dañadas o ausentes (e.g. supraoccipital, cuadradojugal), las mediciones faltantes para la estimación del valor X_i fueron calculadas mediante el análisis de regresión. Los modelos fueron generados a partir de las mediciones

observadas más correlacionadas de acuerdo con el coeficiente de correlación de *Spearman* (Zar, 2010). Los análisis de correlación y regresión se realizaron en el lenguaje R (R Core Team, 2017) con las funciones *r.cortest* y *nlsfit* de los paquetes *ltm* (Dimitris, 2006) y *easynls* (Arnhold, 2017) respectivamente.

Finalmente se aplicó el análisis discriminante de las medidas normalizadas para corroborar la independencia morfológica de cada especie y los coeficientes de variación que determinan dicha separación (Hammer & Harper, 2006). El análisis discriminante se realizó en el programa Past v.3 (Hammer *et al.*, 2001).

6.1.3 Morfometría geométrica

En el caso de la técnica de morfometría geométrica, se compiló un banco fotográfico digital de las vistas dorsal, ventral y lateral del cráneo y de la vista lateral de la mandíbula. La disponibilidad de especímenes por vista fue distinta debido a que algunos de los cráneos estaban desarticulados (Tabla I). La toma de fotografías se realizó en condiciones estandarizadas de exposición, distancia focal y orientación de los objetos. La posición de los objetos se homogeneizó a 50 cm de distancia entre la base del objeto y el objetivo de la cámara. Se utilizó una distancia focal de 35 mm en el caso del cráneo y de 50 mm para la mandíbula. Las fotografías fueron tomadas con una cámara digital marca Sony modelo SLT-A37 con una resolución de 350 pixeles/pulgada.

La localización de las marcas anatómicas de referencia se determinó bajo los mismos criterios utilizados en la técnica de morfometría tradicional; se consideraron solo aquellas áreas involucradas en el proceso de alimentación, tomando como referencia para su localización la unión entre suturas. En las zonas en las que no se contara con suturas o estas no fueran evidentes, se trazaron semimarcas.

El número de marcas se definió en función del número de muestras disponible para cada una de las vistas (Zelditch *et al.*, 2012). En la vista dorsal del cráneo se digitalizaron en total 13 marcas anatómicas; 12 marcas y una semimarca, esta última definida en la zona más distal del extremo posterior del escamoso (Fig. 8). En la vista

ventral se seleccionaron 15 marcas, de las cuales tres corresponden a semimarcas que definen la parte media de los extremos laterales izquierdo y derecho de la base del cuadrado y la zona media posterior del basioccipital (Fig. 9). Para la vista lateral del cráneo se consideraron 17 marcas de las cuales cinco fueron semimarcas y que fueron localizadas en el extremo anterosuperior del prefrontal; la zona más distal del extremo posterior e inferior del escamoso (Fig. 10). En la vista lateral de la mandíbula se digitalizaron 10 marcas, cinco de las cuales corresponden a semimarcas que definen la zona media superior e inferior del dentario, zona media superior del coronoideo y del surangular y la zona más posterior del surangular (Fig. 11).

Tabla I. Número de muestras (*n*) por vista analizadas mediante morfometría geométrica.

Estructura	Vista	<i>Caretta caretta</i> (n)	<i>Chelonia mydas</i> (n)
Cráneo	Dorsal	19	51
	Lateral	35	48
	Ventral	45	49
Mandíbula	Lateral	54	53

Se utilizó la paquetería *Thin-plate spline* (Rohlf, 2012) para la digitalización y procesamiento de las marcas. Con el programa *TPSdig* (v2.29) se realizó el escalamiento y digitalización. La unión de las marcas y generación de los archivos con extensión “. NTS” se realizó con el programa *TPSrelw* (v1.65). Los programas *TPSutil* (v1.71) y *MorphoJ* v2.0 (Klingenberg, 2011) se utilizaron para la representación gráfica de la variación y análisis estadísticos.

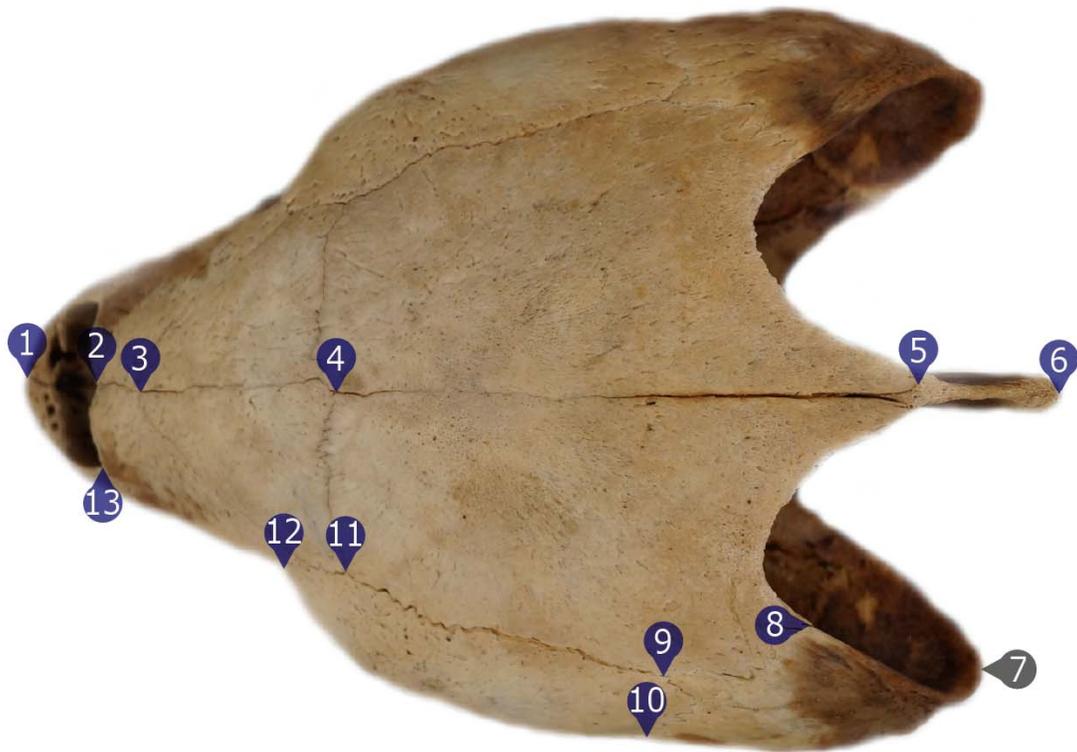


Figura 8. Marcas (azul) y semimarcas (gris) de la vista dorsal del cráneo. 1) Extremo anterior del premaxilar; 2) Extremo anterior del prefrontal a lo largo de la línea media; 3) Extremo anterior del frontal a lo largo de la línea media; 4) Extremo anterior del parietal a lo largo de la línea media; 5) Extremo posterior del parietal a lo largo de la línea media; 6) Extremo posterior del supraoccipital; 7) Extremo posterior del escamoso; 8) Unión posterior del escamoso / parietal; 9) Unión escamoso / parietal / postorbital; 10) Unión posterior del escamoso / postorbital; 11) Unión anterior del postorbital / parietal / prefrontal; 12) Unión del postorbital / prefrontal; 13) Borde lateral de la fosa nasal.

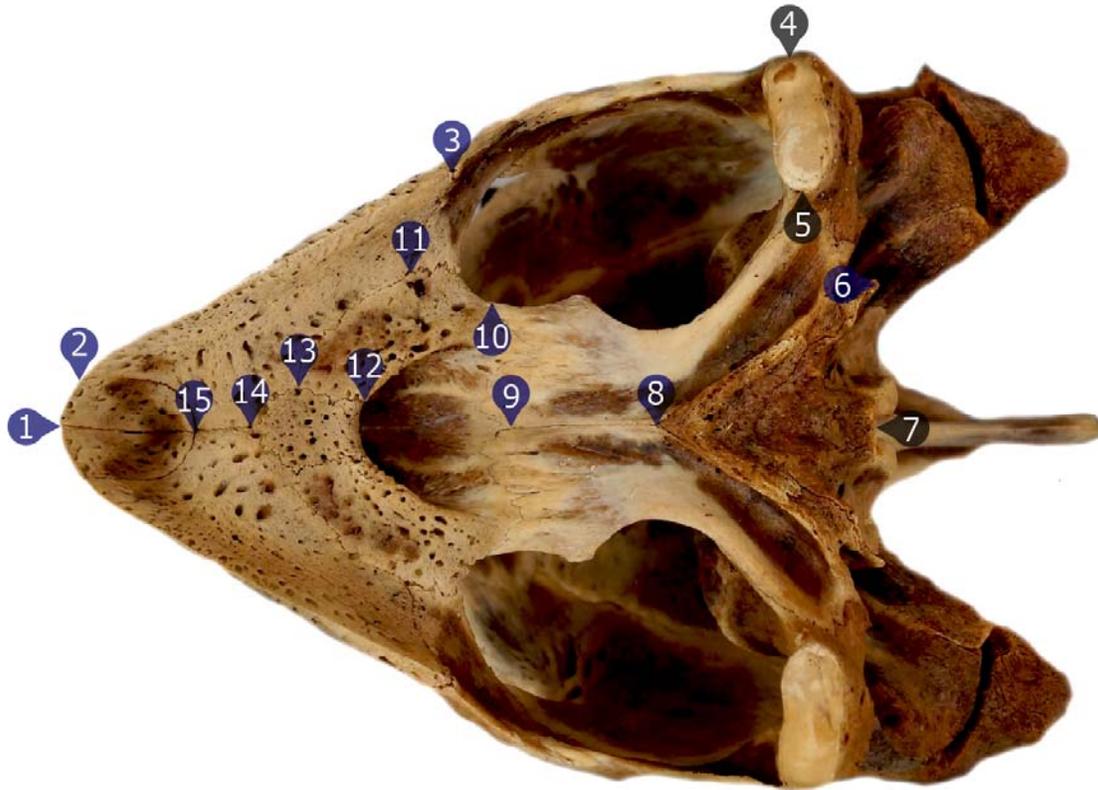


Figura 9. Marcas (azul) y semimarcas (gris) en la vista ventral del cráneo. 1) Extremo anterior del premaxilar; 2) Unión del premaxilar / maxilar; 3) Unión de maxilar / jugal; 4) Extremo lateral derecho de la base del cuadrado; 5) Extremo lateral izquierdo de la base del cuadrado; 6) Extremo lateral posterior del basioccipital; 7) Extremo medio posterior del basioccipital; 8) Extremo medio posterior del pterigoides; 9) Extremo medio anterior del pterigoides; 10) Unión de la proyección lateral del pterigoides / palatino; 11) Unión del palatino / maxilar; 12) Unión posterior del palatino / vómer; 13) Unión anterior del palatino / maxilar / vómer; 14) Unión anterior del vómer / maxilar a lo largo de la línea media; 15) Unión del maxilar / premaxilar a lo largo de la línea media.

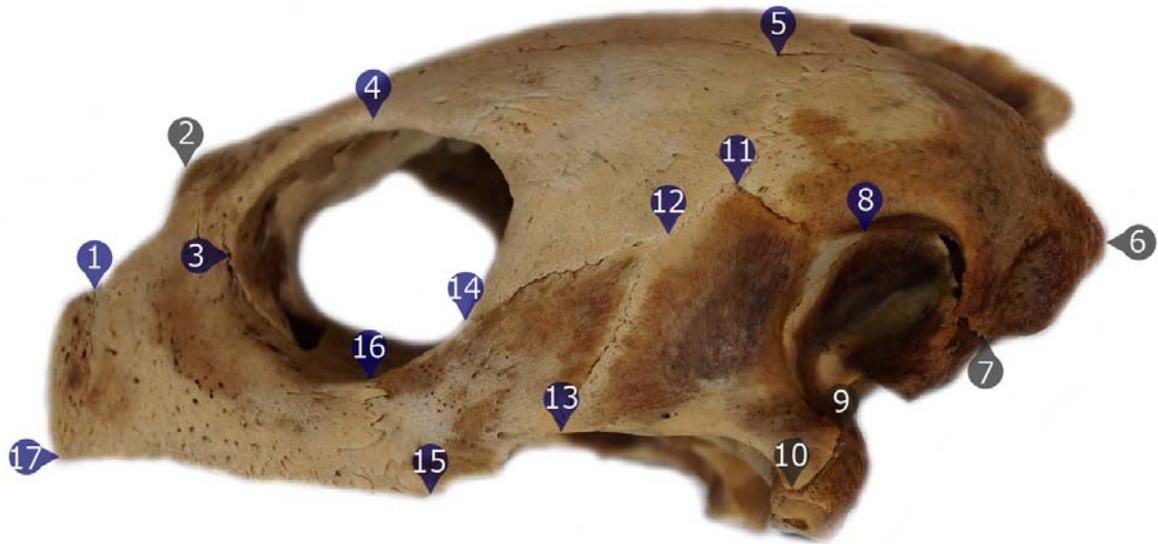


Figura 10. Marcas (azul) y semimarcas (gris) en la vista lateral del cráneo. 1) Extremo superior del premaxilar; 2) Extremo superior del prefrontal; 3) Unión del maxilar / orbital; 4) Unión del prefrontal / postorbital; 5) Unión del escamoso / parietal / postorbital; 6) Extremo posterior del escamoso; 7) Extremo inferior del escamoso; 8) Unión del cuadradojugal / cavidad timpánica / escamoso; 9) Extremo posterior superior del cuadradojugal; 10) Extremo posterior inferior del cuadradojugal; 11) Unión del cuadradojugal / escamoso / postorbital; 12) Unión del cuadradojugal / postorbital / jugal; 13) Unión inferior del cuadradojugal / jugal; 14) Unión superior del jugal / postorbital; 15) Unión superior del jugal / maxilar; 16) Unión inferior del jugal / maxilar; 17) Extremo inferior del premaxilar.

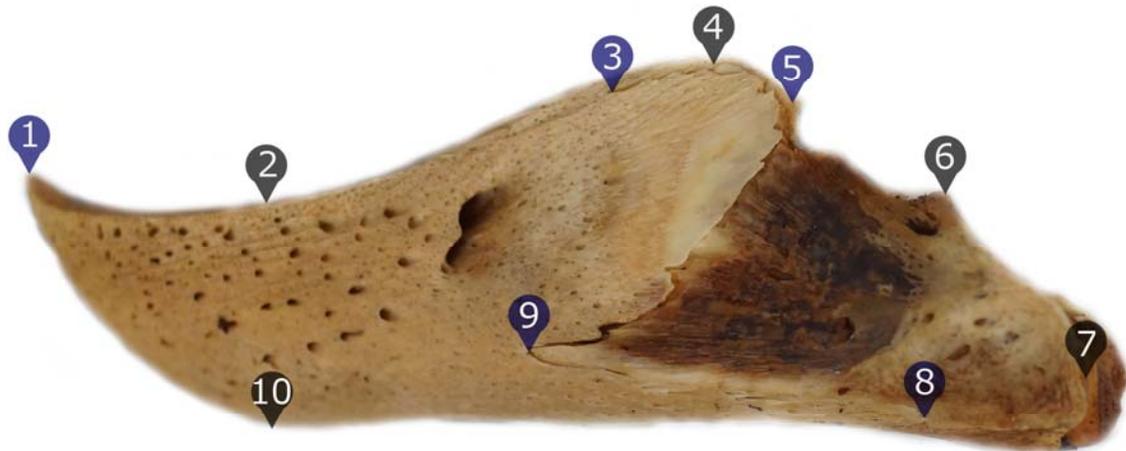


Figura 11. Marcas (azul) y semimarcas (gris) en la vista lateral de la mandíbula. 1) Extremo anterior del dentario; 2) Zona media superior del dentario; 3) Extremo anterior del coronoideo; 4) Zona media superior del coronoideo; 5) Extremo posterior del coronoideo; 6) Zona media del surangular; 7) Extremo posterior del surangular; 8) Extremo posterior del dentario; 9) Extremo anterior del surangular; 10) Zona media inferior del dentario.

Para tener una aproximación de la calidad de las marcas generadas, se verificó la dispersión de las marcas individuales (por espécimen) con respecto a la forma promedio. La exploración de los datos se realizó de manera visual en el programa MorphoJ (v 2.0) en donde se observó el ajuste de las curvas, calculadas y esperadas, de la distribución de la distancia cuadrática de Mahalanobits para cada una de las marcas individuales (Klingenberg & Monteiro, 2005).

Mediante el análisis de Procrustes se eliminó la variación debida al tamaño, localización y orientación del objeto con el fin de hacer comparables las formas de cada una de las configuraciones (conjunto de marcas) analizadas. El análisis de Procrustes o superposición de marcas es un procedimiento estadístico mediante el cual, cada configuración es trasladada, escalada y rotada de manera iterativa hasta que el ajuste del valor de los mínimos cuadrados de todos los objetos se acerque lo más posible al valor de la forma consenso. De esta manera, es posible la comparación

entre formas, puesto que sus diferencias estarán determinadas por la distancia entre configuraciones (Rohlf & Slice, 1990). El procedimiento consiste en i) Seleccionar una configuración inicial, generalmente de manera arbitraria, la cual fungirá como la configuración consenso de prueba; ii) A partir de esta configuración inicial el resto de las configuraciones son superpuestas y promediadas; iii) El promedio de la configuración es entonces utilizado como una nueva configuración de prueba y el proceso se repite hasta que convergen todas las configuraciones (Rohlf, 1993). Dicho análisis fue realizado con los programas *TPSutil* (v1.71) y *MorphoJ* (v 2.0).

Para cuantificar los patrones de variación del cráneo y mandíbula de ambas especies de tortugas se realizó un Análisis de Componentes Principales (ACP) (Zelditch et al., 2012) y las diferencias morfológicas entre especies se corroboraron por medio de un análisis discriminante (AD). Estos análisis fueron realizados con en el programa *MorphoJ* (v2.0).

La descripción visual de la deformación de las configuraciones se realizó mediante las gradillas de deformación con los programas *TPSrelw* (v1.65) y *MorphoJ* (v2.0). Esta técnica permite interpolar entre marcas, tomando en cuenta el desplazamiento dentro de cada configuración y entre ellas (en conjunto) obteniendo así, una reconstrucción visual interpretable de la variación morfológica (Zelditch et al., 2004).

6.2 *Composición alimentaria*

Se construyó una base de datos con los valores de frecuencia por ítem alimentario registrados en publicaciones sobre la ecología trófica de ambas especies. Solo se tomaron en consideración 12 de los 22 estudios consultados (Anexos 1 y 2), ya que en éstos se efectuaron análisis de contenido estomacal o lavados esofágicos y se presentaron datos de frecuencia. Los estudios abarcaron un periodo de muestreo de 1980 al 2017 y un total de 26 localidades distribuidas en el Pacífico Central y Pacífico Mexicano (Anexo 3 y Fig. 12).

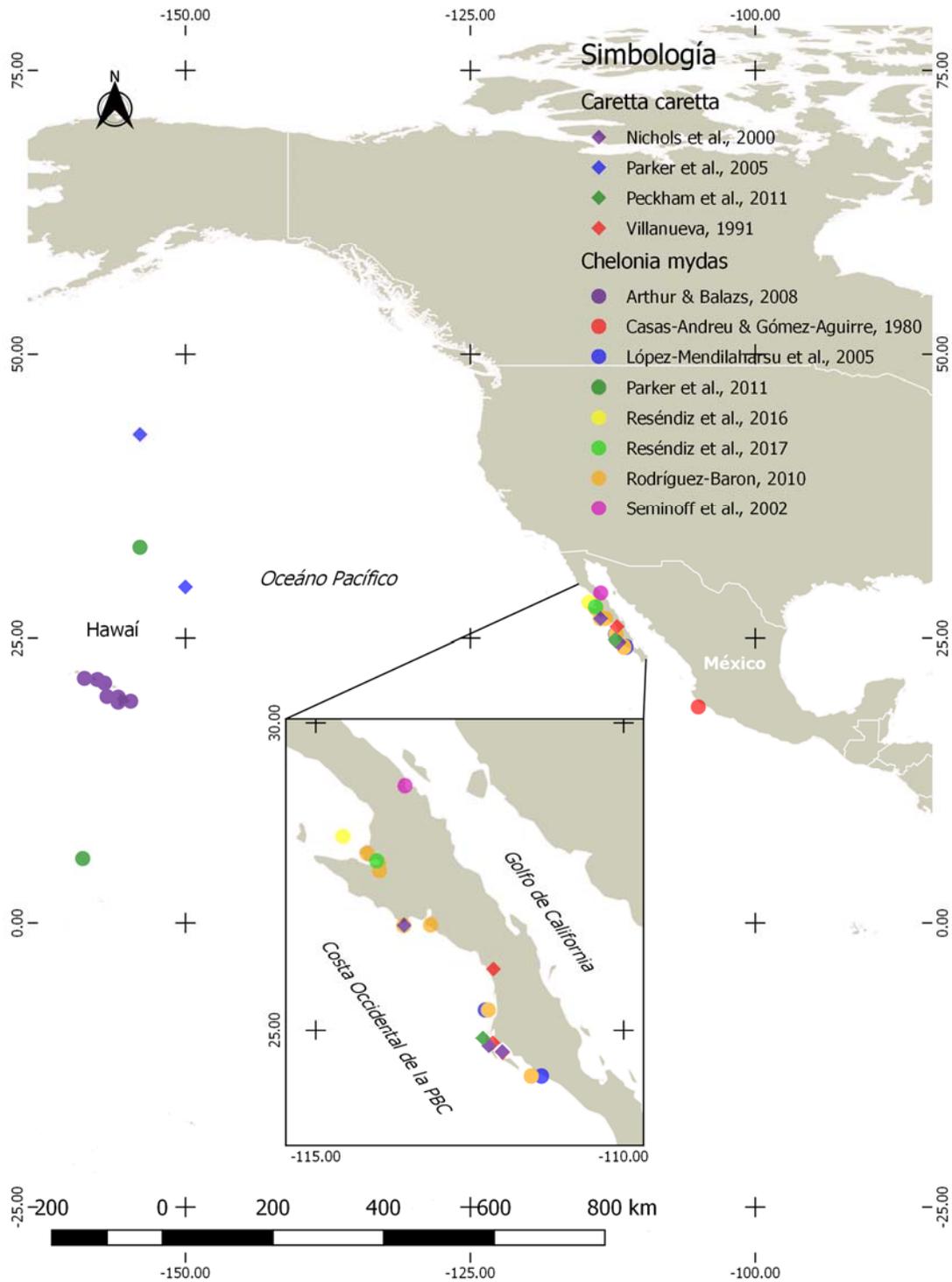


Figura 12. Localidades de estudio de las publicaciones consultadas para la determinación de los principales ítems alimentarios de las especies *Caretta caretta* y *Chelonia mydas*.

La frecuencia global por ítem alimentario (FG) se estimó mediante la suma de la frecuencia registrada para cada ítem (f_o), entre el total de estómagos / lavados analizados en el total de publicaciones consideradas (N). Los ítems alimentarios principales fueron definidos como aquellos grupos con valores de FG por arriba del valor medio de la frecuencia global.

$$FG = \sum \frac{f_o}{N}$$

Una vez establecidos los principales ítems alimentarios, se realizó un análisis de componentes principales (Hammer & Harper, 2006) a manera de exploración de la ordenación de los ítems con respecto a las especies y localidades. Mientras que diferencia entre dietas se determinó por medio del análisis de varianzas de Kruskal – Wallis (Zar, 2010).

6.2.1 Caracterización de los principales ítems alimentarios

Los principales ítems alimentarios fueron caracterizados por su frecuencia global, hábitat, talla máxima y la dureza de los tejidos. La información del hábitat y talla de cada presa se compiló a partir de las publicaciones de Abbott & Hollenberg, 1976; Morris *et al.*, 1980; Hinton, 1987; Guzmán Vizcarra & Evangelina, 1995; López-Martínez *et al.*, 1999; Avila-Ortiz & Pedroche, 2005; Norris, 2010, 2014 y de las páginas electrónicas: *The Encyclopedia of Life*¹ (Parr *et al.*, 2014), *Fishbase*² (Froese & Pauly, 2017), *Marine Species Identification Portal*³ y *Marine Algae of Hawaii*⁴. Además, se consideraron ocho formas de vida de acuerdo con los tipos de presa registrados, estas son: 1) Pleustónica, 2) Asociados a fondos arenosos, 3) Pelágicos; 4) Pelágico –

¹ <http://eol.org/>

² www.fishbase.org/

³ <http://species-identification.org/>

⁴ <http://www.hawaii.edu/>

Epibentónico; 5) Asociado - Pelágico; 6) Vida libre; 7) Asociados a sustratos duros y 8) Epífitas.

Análisis de perfil de textura

El análisis de perfil de textura (APT) es el procedimiento mediante el cual se simula la reducción del alimento. Consiste en la compresión de trozos de alimento por medio de un dispositivo mecánico el cual construye curvas de fuerza-tiempo del proceso de reducción (Friedman *et al.*, 1963; Szczesniak *et al.*, 1963). Los parámetros básicos del APT son: la fracturabilidad (fuerza necesaria para fracturar una muestra de alimento), adhesividad (trabajo necesario para vencer la fuerza de atracción entre la muestra y la superficie de compresión) y parámetros derivados como son la cohesividad (resistencia del material a una segunda compresión), elasticidad (capacidad del material para regresar a su forma original), gomosidad (fuerza necesaria para desintegrar una muestra de alimento semisólido a un estado tal que facilite su ingesta) y masticabilidad (fuerza necesaria para masticar un alimento sólido hasta un estado tal que permita su ingesta). Los parámetros mencionados se ilustran en la curva de análisis de perfil de textura de la Figura 13.

La dureza quizá sea el atributo mecánico más importante en los alimentos ya que corresponde a la fuerza máxima de compresión durante el primer ciclo de masticación (Szczesniak *et al.*, 1963). Debido a que las tortugas realizan una reducción no dental del alimento y por lo tanto no obedece a los patrones generales del proceso de masticación (Schwenk, 2000), únicamente fue considerado el parámetro de dureza para la caracterización mecánica de los ítems alimentarios. El procedimiento realizado en APT se describe a continuación.

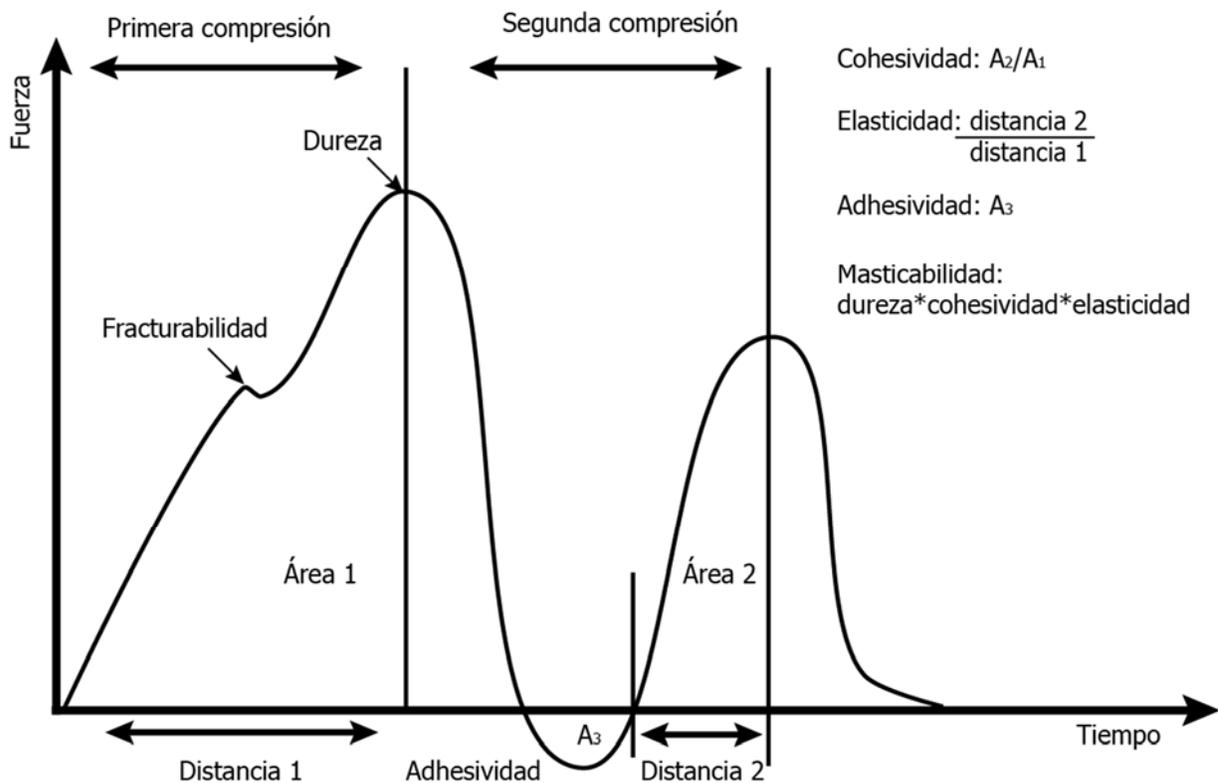


Figura 13. Curva de análisis de perfil de textura generalizada obtenida por medio de la máquina de ensayo universal Instron. Tomado de Bourne, 2004.

Como primer paso para el APT se realizó la recolecta de muestras de especímenes representativos de cada tipo de presa. Esta actividad se realizó mediante buceo libre en las localidades de Puerto San Carlos, El Portugués, Isla Espíritu Santo, El Conchalito, Playa El Tecolote y Conquista Agraria, en Baja California Sur (Fig. 14).

Las muestras recolectadas fueron preservadas en agua de mar a bajas temperaturas para su traslado al laboratorio. Cuando fue necesario un mayor tiempo de almacenaje las muestras fueron refrigeradas o en su caso congeladas. La identificación de especies se realizó por medio de guías de identificación generales y específicas. Para los invertebrados se utilizó a Morris *et al.* (1980), Kerstitch & Bertsch (2007). Para el grupo de los peces se recurrió a la publicación de Allen & Robertson (1998) y la base de datos digital *Fishbase* (Froese & Pauly, 2017).



Figura 14. Localidades de recolecta de especies que conforman la dieta de *Caretta caretta* y *Chelonia mydas* necesarios para los análisis de dureza.

En el caso de macroalgas se consultaron los trabajos de Russell & Balazs (2000), Norris (2010, 2014), los herbarios digitales de la Universidad de Davis⁵ y Universidad de Berkeley⁶ (Miller, 2017), además de la consulta con especialistas del Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas. La identificación de los pastos marinos fue realizada por especialistas de la Universidad Autónoma de Baja California Sur. Cuando no fue posible adquirir muestras de los organismos enlistados como ítems principales, se recolectaron taxa cercanos, aunque no presentaran altos valores de frecuencia global o constituyeran registros de presencia – ausencia.

La información de la dureza fue estimada por medio de un texturómetro marca *TA.XT plus Texture Analyser* de la Planta Piloto de Procesamiento de Algas del Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas (Fig. 15). Las medidas fueron capturadas y procesadas mediante el software *Texture Exponent* 3.2. El equipo fue calibrado a 2 kg con un error de 0.1 g. Para los organismos preservados en congelación, las pruebas de textura se realizaron después de un periodo de descongelación de entre 30 y 40 minutos a temperatura ambiente. El laboratorio en donde se realizaron las mediciones se mantuvo a temperatura controlada, entre los 25 y 26 °C. En el caso de las macroalgas y pastos marinos, se hicieron “paquetes” de 0.5 a 2 cm de altura, los cuales fueron sometidos a las pruebas de compresión. En el caso de los animales, las mediciones se realizaron en el organismo completo, es decir, no se requirió hacer cortes o paquetes. En peces, cefalópodos y crustáceos se tomaron medidas para la parte proximal, central y distal del cuerpo. En crustáceos relativamente grandes como las jaibas del género *Callinectes*, se tomó una medición en la parte central del cuerpo. Para cada tipo de presa se realizaron varias mediciones y se consideraron de tres a cinco réplicas efectivas para la estimación de la dureza promedio por cada ítem.

⁵ <http://macroalgae.org/portal/index.php>

⁶ <http://ucjeps.berkeley.edu/>

Se aplicó un factor de corrección debido a que la sonda del texturómetro presenta una superficie de contacto de 1.2669 cm², las medidas fueron corregidas a una superficie de 1 cm² mediante la siguiente fórmula.

$$F' = f_i/k$$

En donde la F' es la fuerza corregida; f_i es la fuerza obtenida en la medición y k es el área de la sonda (1.2669 cm²).

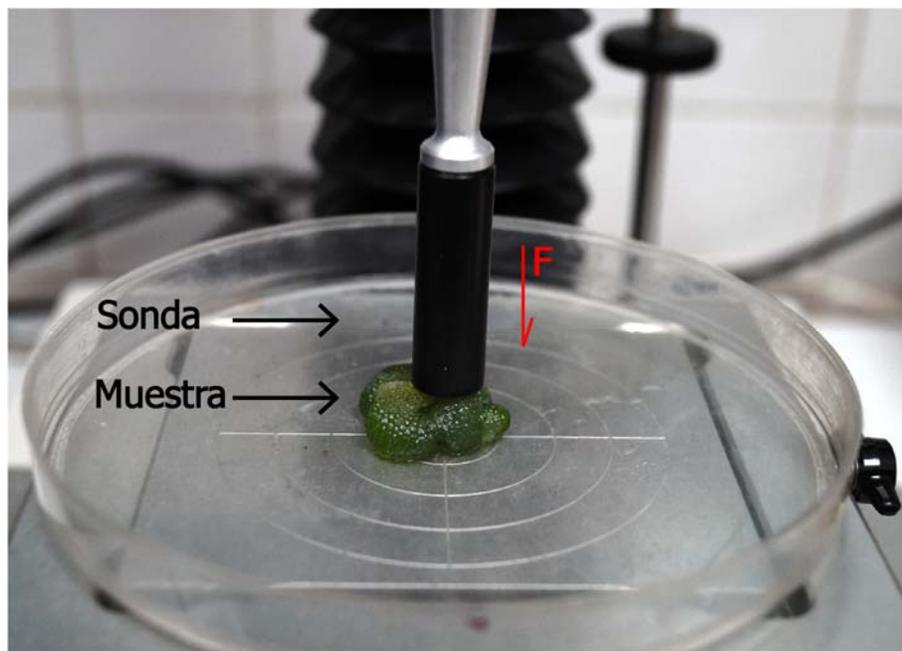


Figura 15. Generación de curvas de perfil de textura en una muestra de *Dictyosphaeria versluysii*. F representa la dirección de la fuerza aplicada.

6.2.2 Relación forma vs. alimento

Para determinar la relación entre la morfología del sistema cráneo-mandibular con los descriptores de la dieta, se realizaron la prueba de Mantel y el análisis de mínimos cuadrados parciales (*PLS* por sus siglas en inglés) por bloques separados. La prueba de Mantel compara dos matrices de similitud o distancia y prueba la significancia de dicha relación (Legendre & Legendre, 2012), mientras que el *PLS* reduce la

dimensionalidad de los datos (de ambos bloques o matrices) a ejes de variación (Zelditch *et al.*, 2012) y calcula los pares de combinaciones lineales que maximizan sucesivamente la covarianza entre los conjuntos de variables (Klingenberg, 2011). En esencia, ambos análisis miden la relación entre matrices, sin embargo, la prueba de Mantel considera las variables x , y de las coordenadas de los Procrustes como variables independientes y no como unidades, mientras que el PLS analiza la covariación entre bloques de datos multivariados (Zelditch *et al.*, 2012).

Para generar las matrices fueron seleccionados al azar 12 especímenes (A08, A19, A53, A68, B06, B08, B12, B15, B31, B34, B38 y B42), de tal manera que las matrices de dieta y la forma presentaran igual número de filas (n). Este procedimiento fue necesario ya que en las matrices la información de la dieta es ingresada por publicación y no por espécimen.

En ambos análisis, las matrices a correlacionar fueron las construidas con la información morfológica del cráneo y mandíbula y de la dieta. Las matrices de forma contienen solo las medidas con mayor peso en las funciones discriminantes, así como las coordenadas de los Procrustes generados en el análisis de morfometría geométrica. Las matrices de dieta fueron generadas a partir de los datos de frecuencia global, talla, dureza y forma de vida. Para unificar los descriptores de dieta, se generaron dos índices: el Índice 1, el cual considera el valor de la frecuencia global multiplicada por el valor de la talla y, el Índice 2, calculado como el producto del Índice 1 por el valor de la dureza. Ambos índices fueron relativizados con respecto a sus totales.

La prueba de Mantel se realizó con la función *mantel* del paquete *vegan* (Oksanen *et al.*, 2017) en el lenguaje *R* (R Core Team, 2017). Se utilizó la distancia euclidiana para el cálculo de la matriz de distancia de las variables morfológicas y el método de Bray-Curtis para las matrices de dieta. Para estimar la correlación entre matrices se implementó el método de correlación de Spearman con 1000 permutaciones (Legendre & Legendre, 2012). El análisis PLS se realizó en el programa *MorphoJ* (v 2.0) utilizando el método de bloques separados con 10000 permutaciones.

7 RESULTADOS

Del total de los especímenes disponibles de *Caretta caretta*, únicamente el 52 % (n = 32) contaba con información referente a la longitud curva del caparazón (LCC) y en *Chelonia mydas*, sólo el 50 % (n = 58). Conocer la longitud del organismo es importante para establecer la etapa aproximada de desarrollo (Seminoff *et al.*, 2008). Por lo anterior, se utilizaron los datos de la longitud total del cráneo y se probaron distintos modelos de ajuste que permitieran estimar los datos de LCC faltantes. El modelo que mejor se ajustó en ambas especies fue el modelo lineal (*Caretta caretta*: $R^2 = 0.70$, *Chelonia mydas*: $R^2 = 0.92$). Los ajustes se ilustran en la Figura 16.

El intervalo de tallas (LCC) estimado para los especímenes de *Caretta caretta* abarca de los 47.3 a los 77.01 cm, con un valor medio de 63.06 cm (± 6.1). El intervalo de tallas de *Chelonia mydas* se encuentra entre los 30 y 88.21 cm, con un promedio de 60.84 cm (± 8.14). Siguiendo a Seminoff *et al.* (2008) y Mansfield & Putman, (2013), los cráneos de ambas especies corresponden a organismos juveniles. De manera particular en *Caretta caretta*, los especímenes corresponden a juveniles estadio III-IV o juveniles “neríticos-oceánicos”, de acuerdo con los intervalos de talla (41 – 82 y 63-100 cm) propuestos para esta especie (Mansfield & Putman, 2013). En los análisis siguientes, los organismos por debajo de los 40 cm y por arriba de los 80 cm de LCC fueron omitidos con la finalidad de evitar sesgos debidos a la dispersión de los datos (Fig. 17). En lo que al sexo solo fue posible en tres organismos de *Chelonia mydas* (dos hembras y un macho).

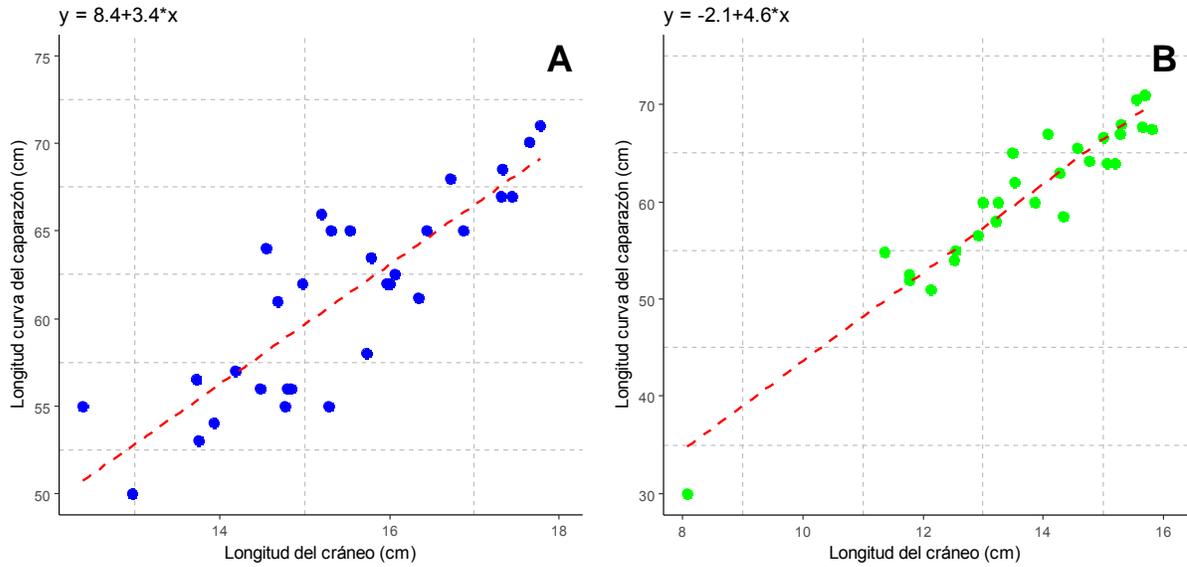


Figura 16. Modelos de regresión lineal de la longitud del cráneo y longitud curva del caparazón. A) Análisis en *Caretta caretta* ($R^2 = 0.70$, $n = 32$). B) Análisis en *Chelonia mydas* ($R^2 = 0.92$, $n = 58$).

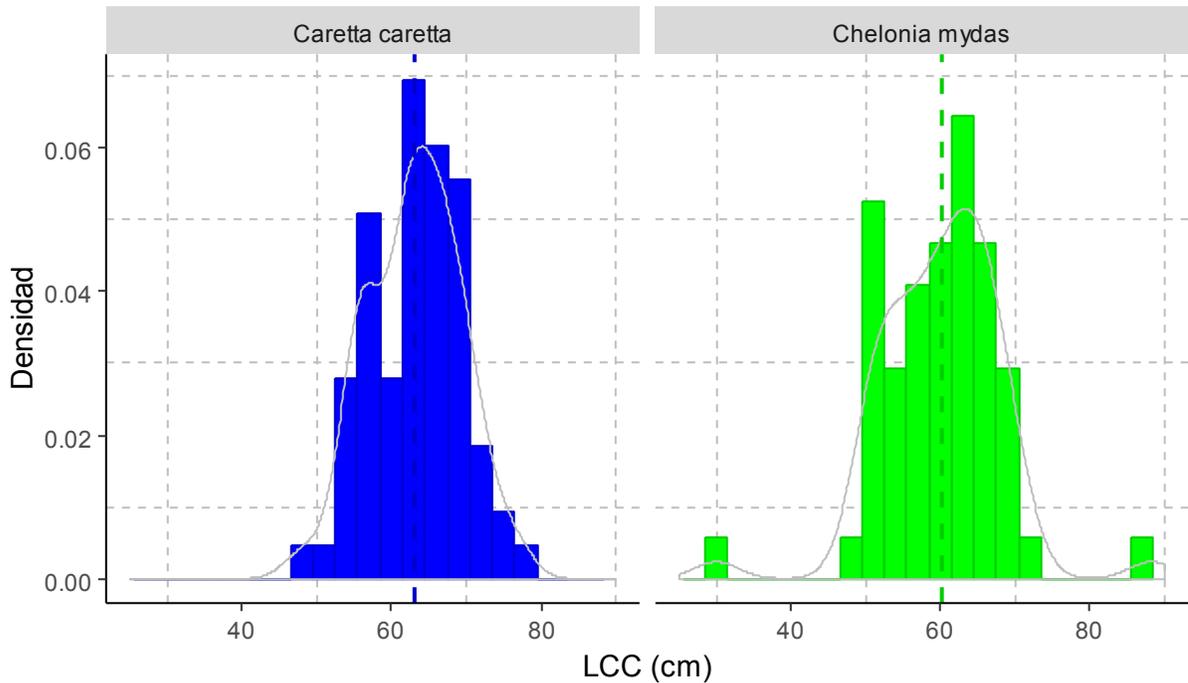


Figura 17. Histograma de la longitud curva del caparazón (LCC) de los especímenes de *Caretta caretta* y *Chelonia mydas*.

7.1 Análisis de medidas de distancias lineares

A partir de la exploración de las medidas lineales, tres especímenes de *Chelonia mydas* (B28, B50 y B56; Anexo 3) fueron excluidos de los análisis posteriores por considerarlos como datos atípicos. El error de medición estimado fue de 1.5 % con una mediana = 1.18 %.

De manera general, los huesos que conforman el cráneo y mandíbula de *Caretta caretta* son de mayor tamaño que los de *Chelonia mydas*, con excepción del supraoccipital (5) y vómer (13). Las mayores diferencias fueron observadas entre la longitud del premaxilar (12), la longitud del dentario en su porción anterior (30) y la distancia entre el surangular y prearticular (32). En la Figura 18 se muestra un resumen de las mediciones realizadas.

Previo a la normalización de los datos, la longitud total del cráneo (11) y la longitud total de la mandíbula (29) fueron estimadas en 35 especímenes (*Caretta caretta* n = 31, *Chelonia mydas* n = 4) que presentaron daño en el dentario o en el supraoccipital. Para realizar el retro-cálculo, se seleccionaron las medidas que presentaran una mayor correlación con las medidas de interés. Para estimar la longitud total del cráneo en *Caretta caretta*, se utilizaron las medidas de la longitud del prefrontal (10). Para la estimación de la longitud total de la mandíbula (29), fue utilizada la longitud del dentario (37). En el caso de *Chelonia mydas* se utilizó la longitud del dentario (37) para la estimación de la longitud del cráneo (11). El modelo lineal presentó el mejor ajuste para ambas especies (Tabla II y Fig. 19).

Tabla II. Resultados del modelo de regresión lineal para la estimación de la longitud total del cráneo y mandíbula en *Caretta caretta* y longitud total del cráneo en *Chelonia mydas*.

Especie	x	y	ρ	R ²	p (b)	AIC
<i>Caretta caretta</i>	Longitud del prefrontal (10)	Longitud del cráneo (11)	0.87	0.7	0.00	312.8
	Longitud del dentario (37)	Longitud de la mandíbula (29)	0.95	0.89	0.00	384.6
<i>Chelonia mydas</i>	Longitud del dentario (37)	Longitud del cráneo (11)	0.92	0.88	0.00	302.4

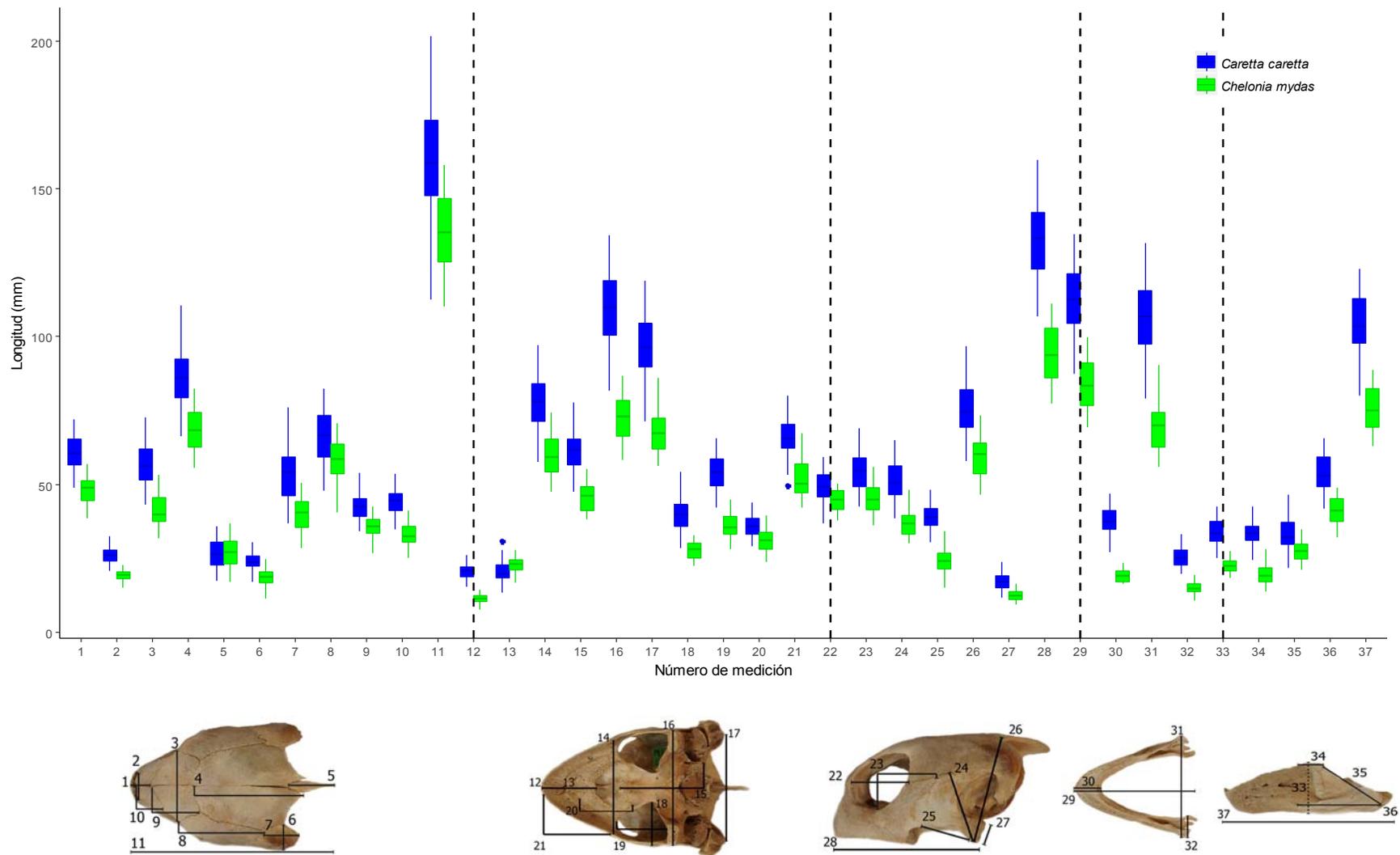


Figura 18. Resumen de las medidas tomadas en las estructuras del cráneo y mandíbula de *Caretta caretta* y *Chelonia mydas*.

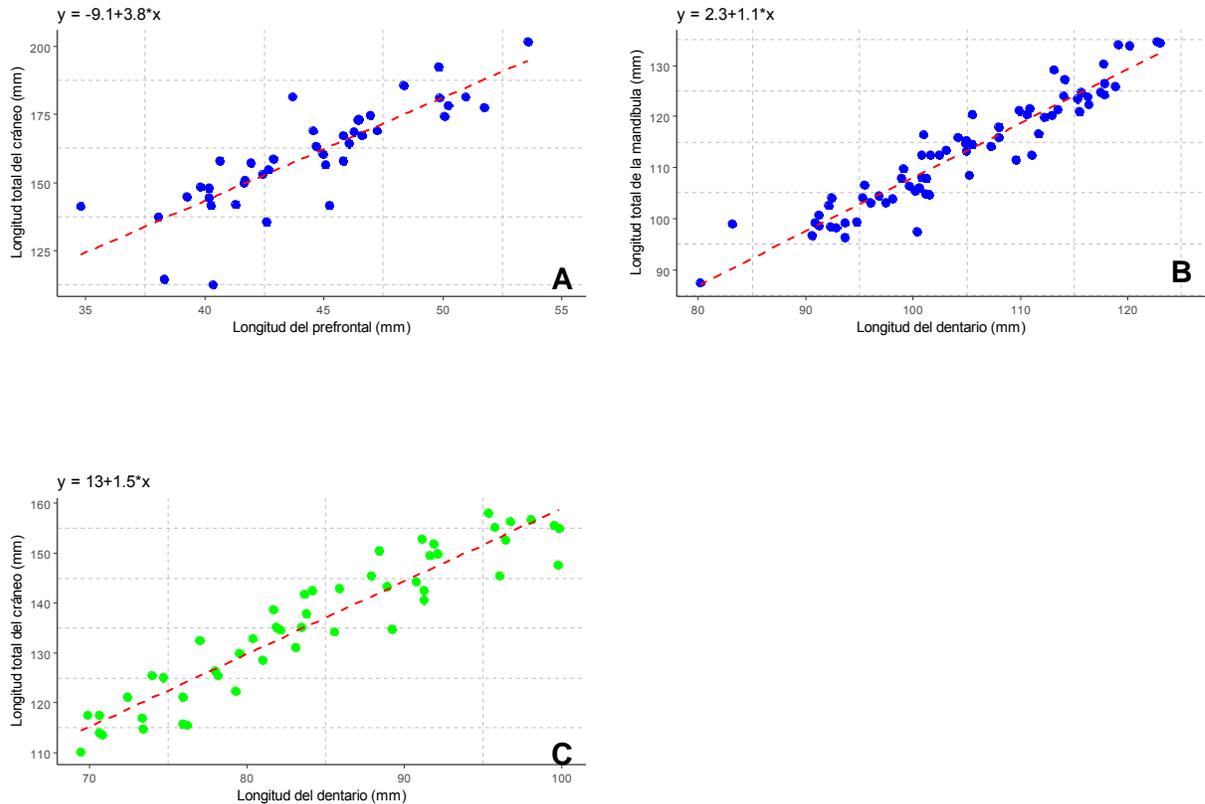


Figura 19. Análisis de regresión lineal. A) Regresión lineal entre el prefrontal y la longitud total del cráneo de *Caretta caretta*; B) Regresión lineal entre la longitud del dentario y la longitud de la mandíbula de *Caretta caretta* y C) Regresión lineal entre la longitud del dentario y la longitud total del cráneo de *Chelonia mydas*.

Una vez removido el efecto de la talla (Thorpe, 1975), se realizó el análisis discriminante. Los resultados describen la separación entre la morfología de ambas especies con un 100 % de asignación correcta (Lambda de Wilk's = 0.0045, $p < 0.05$). Las estructuras que presentan una mayor contribución para la separación de los grupos son la distancia del premaxilar hasta el cuadrado (28); la distancia entre surangulares (31); distancia entre cuadrados (16); longitud de la mandíbula (29); longitud del dentario (37); longitud del cráneo (11); la distancia entre escamosos (17); distancia entre maxilares (14); longitud del dentario en su porción anterior (30) y la longitud del parietal (4) como se muestra en la Fig. 20.

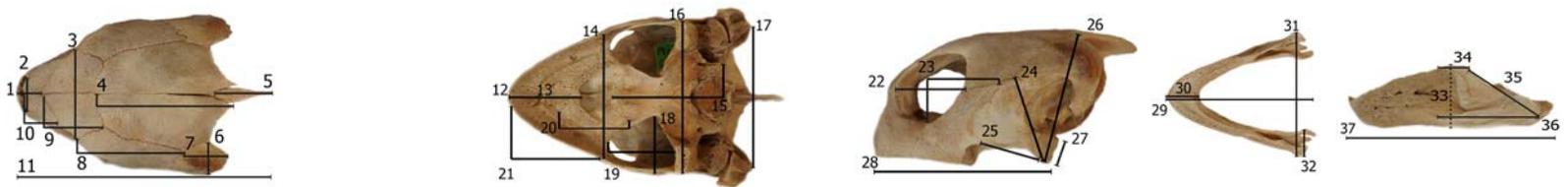
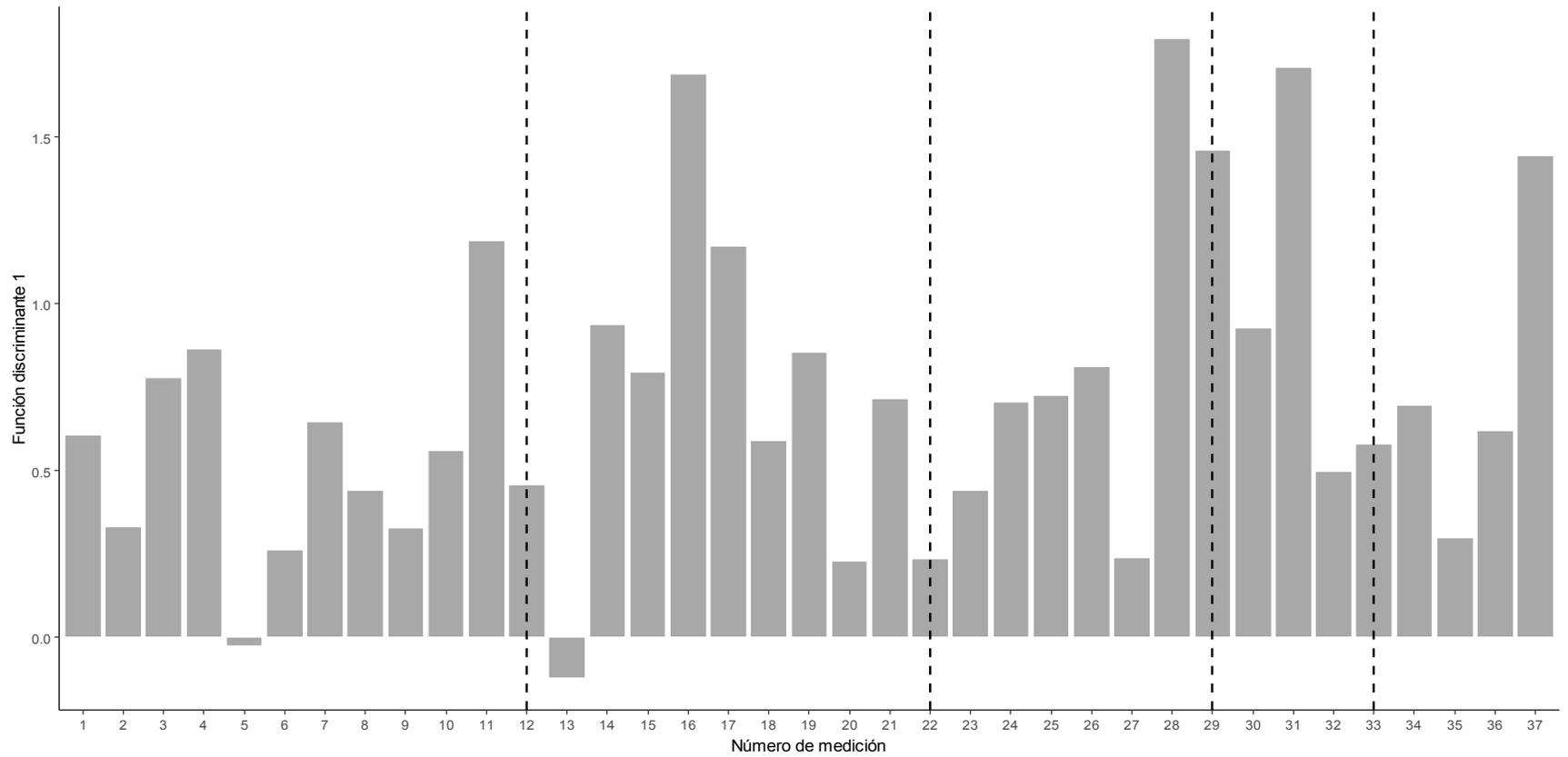


Figura 20. Cargas de la función discriminante 1 en las estructuras de medición del cráneo y mandíbula de *Caretta caretta* y *Chelonia mydas*.

7.2 Morfometría geométrica

El análisis de componentes principales a partir de las coordenadas Procrustes muestra una clara separación entre especies. La varianza explicada en los primeros dos componentes para las vistas dorsal (Fig. 21A), lateral (Fig. 21B), ventral (Fig. 21C) del cráneo y la vista lateral de la mandíbula (Fig. 21D) es del 72.8 %, 72.1 %, 83.3 % y 71.34 %, respectivamente. La diferencia morfológica entre especies es soportada con el análisis discriminante, en el cual se obtuvo el 100 % de asignación correcta en las cuatro vistas analizadas (Tabla III).

Tabla III. Resultados del análisis discriminante de las cuatro vistas analizadas del cráneo y mandíbula de las tortugas *Caretta caretta* y *Chelonia mydas*.

Estructura	Vista	T²	P
Cráneo	dorsal	3026.393	<0.0001
	lateral	7650.029	<0.0001
	ventral	10557.27	<0.0001
Mandíbula	lateral	2872.734	<0.0001

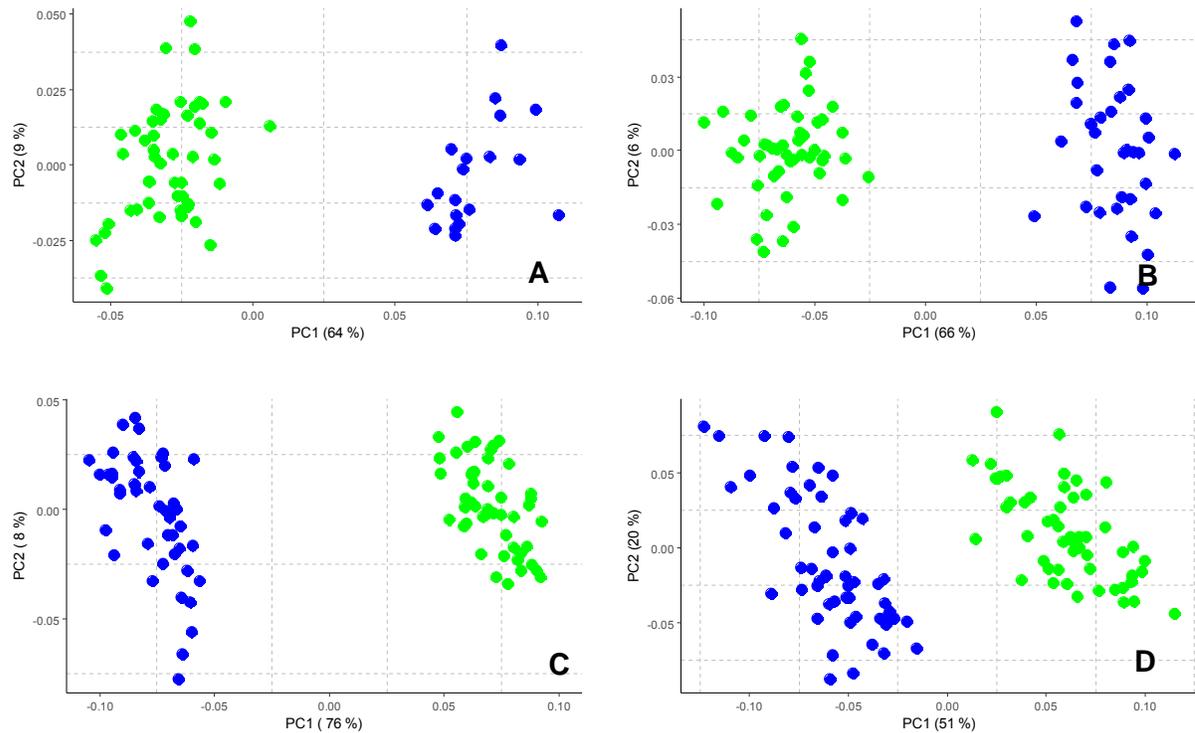


Figura 21. Análisis de componentes principales de las coordenadas Procrustes del cráneo y mandíbula de *Caretta caretta* (azul) y *Chelonia mydas* (verde). A) Vista dorsal del cráneo; B) Vista lateral del cráneo; C) Vista ventral del cráneo; D) Vista lateral de la mandíbula.

La representación visual de los cambios morfológicos entre los cráneos y mandíbulas de ambas especies a través de las gradillas de deformación muestran que en la zona posterior del cráneo es donde se presenta el mayor efecto, particularmente en el parietal, parte posterior del postorbital, escamoso, supraoccipital (marcas 4-11 de la Fig. 22A) y cuadrado (marcas 5-10 de la Fig. 22B y marcas 4 y 5 de la Fig. 22C). También es posible observar diferencias en los orbitales (marcas 3, 4, 14 y 15, Fig. 22B) y en la proyección del basioccipital (marcas 6 y 7, Fig. 22C), además de una clara modificación del vómer en su conexión con el maxilar (marca 14, Fig. 22C). En lo que refiere a la configuración de la mandíbula, la parte anterior y media del dentario presentaron las mayores variaciones (marcas 1, 2 y 10, Fig. 22D), así como el coronoideo (marcas 3, 4 y 5, Fig. 22D).

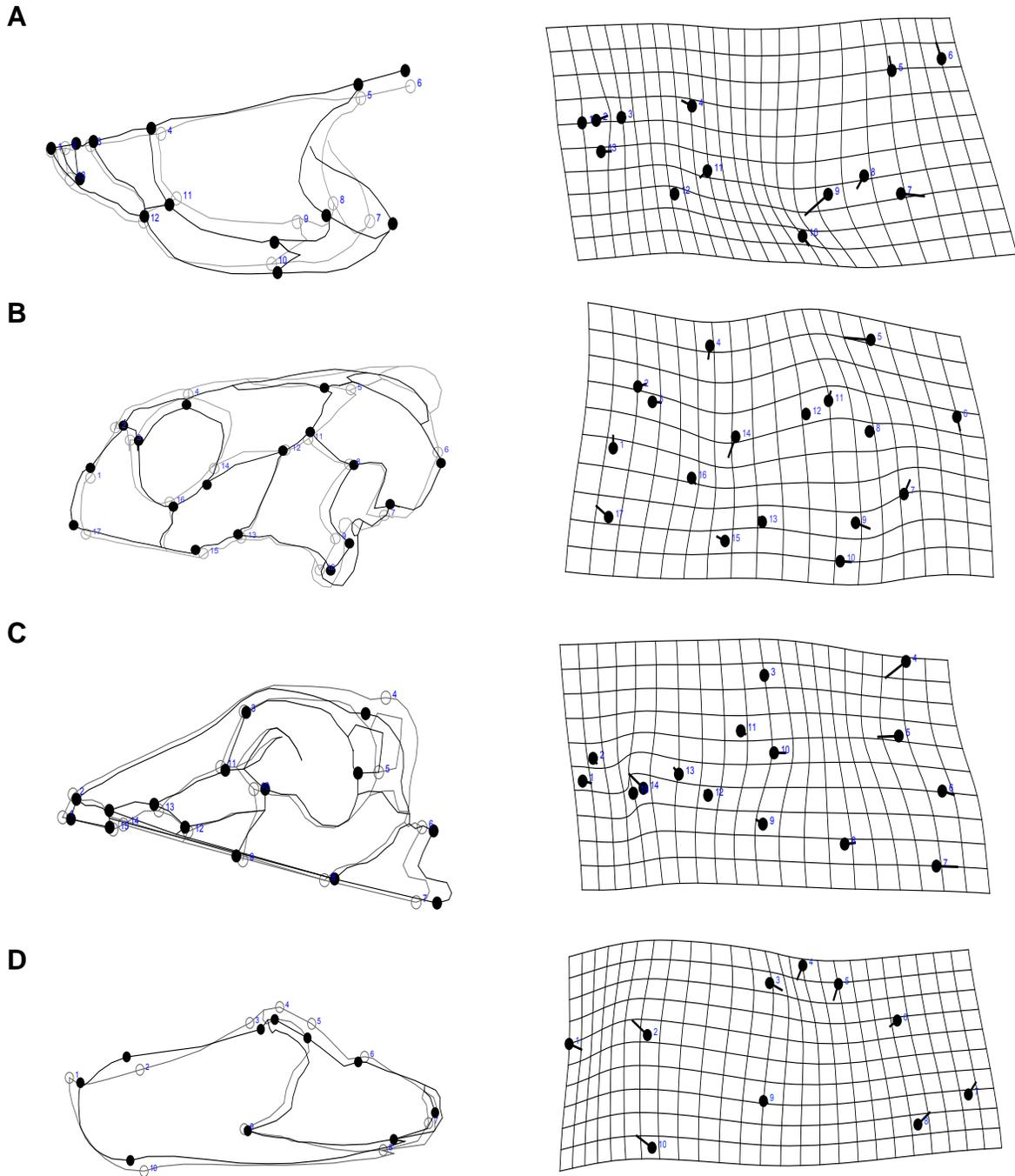


Figura 22. Visualización de la variación morfológica del cráneo y mandíbula de *Caretta caretta* y *Chelonia mydas*. A) Vista dorsal del cráneo, B) Vista lateral del cráneo; C) Vista ventral del cráneo y D) Vista lateral de la mandíbula. Izquierda: en líneas grises la forma consenso, en negro la deformación a partir de la variación. Derecha: gradillas de deformación, los puntos negros representan las marcas, la extensión y dirección de la línea conectada al punto representa la magnitud y dirección de la variación.

7.3 Composición alimentaria

Sobre la base de la revisión de la literatura especializada se encontró que la dieta de *Caretta caretta* está conformada por un total de 29 ítems de 7 grupos alimentarios, como son cnidarios, crustáceos, macroalgas, moluscos, peces, poliquetos, tunicados y salpas (Anexo 1). De los cuales, 10 ítems y cuatro grupos fueron determinados como los principales componentes de la dieta de esta especie. El 45.4 % de los registros estuvo compuesto por crustáceos, el 25.6 % por moluscos, el 23.9 % por teleósteos y solo el 5.2 % de cnidarios. Las especies más frecuentemente consumidas por *Caretta caretta* según los reportes bibliográficos fueron el caracol violeta (*Jantina* sp. = 15.3 %), la langostilla (*Pleuroncodes planipes* = 13.5 %) y cangrejos del género *Planes* (*Planes* spp. = 11.5 %). Los principales ítems y grupos alimentarios se presentan en la Figura 23 y la Tabla IV.

Para el caso de *Chelonia mydas* se reporta que su dieta está conformada de por lo menos 135 ítems de 16 grupos taxonómicos: ascidias, briozoarios, cianobacterias, cnidarios, crustáceos, tenóforos, equinodermos, esponjas, gnatostomúlidos, macroalgas, mangles, moluscos, pastos marinos, peces, poliquetos, además de tunicados y salpas (Anexo 2). Las macroalgas son el grupo de mayor relevancia en la dieta de esta especie, ya que constituyen el 83.1 % de la frecuencia global registrada. Destacan *Hypnea* sp. (9.14 %), *Cladophora* sp. (7.86 %), especies de la familia Gracilariaceae (6.59 %), *Pterocladella* sp. (6.58 %) y *Acanthophora spicifera* (6.13 %) como ítems principales (Tabla V y Fig. 24).

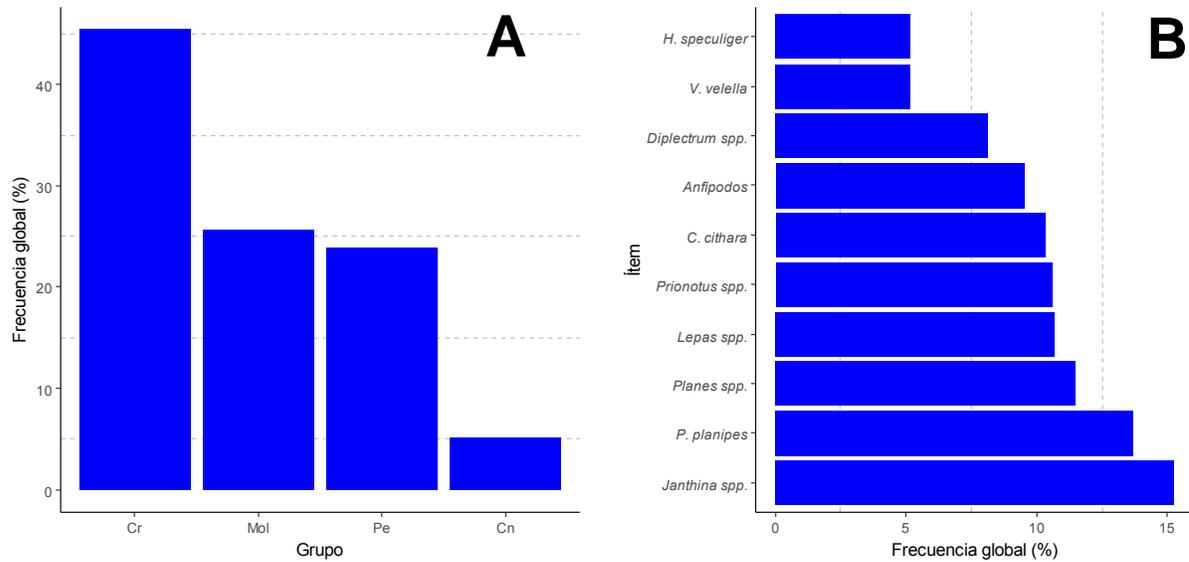


Figura 23. Principales ítems alimentarios de *Caretta caretta*. A) Frecuencia global por grupo. Cr: Crustáceos; Mol: Moluscos; Pe: Peces; Cn: Cnidarios. B) Frecuencia global por ítem alimentario.

Tabla IV. Frecuencia global neta y en porcentaje de los principales ítems alimentarios que componen la dieta de *Caretta caretta*.

Grupo	Especie/agrupación	Frecuencia global	Frecuencia global (%)
Moluscos	<i>Janthina spp.</i> (incluyen <i>J. janthina</i> y <i>J. globosa</i>)	0.23	15.3
Crustáceos	<i>Pleuroncodes planipes</i>	0.21	13.7
Crustáceos	<i>Planes spp.</i>	0.18	11.5
Crustáceos	<i>Lepas spp.</i> (incluyen <i>L. anserifera</i> y <i>L. anatifera anatifera</i>)	0.16	10.7
Peces	<i>Prionotus spp.</i>	0.16	10.6
Moluscos	<i>Carinaria cithara</i>	0.16	10.3
Crustáceos	Anfípodos (Hyperiidea y Gammaridea)	0.15	9.5
Peces	<i>Diplectrum spp.</i>	0.12	8.1
Cnidarios	<i>Verella velella</i>	0.08	5.2
Peces	<i>Hirundichthys speculiger</i> (huevos y otras especies de peces no identificadas)	0.08	5.2

Tabla V. Frecuencia global neta y en porcentaje de los principales ítems alimentarios registrados en la dieta de *Chelonia mydas*.

Grupo	Especie/agrupación	Frecuencia global	Frecuencia global (%)
Macroalgas	<i>Hypnea</i> sp.	0.29	9.14
Macroalgas	<i>Cladophora</i> sp.	0.25	7.86
Macroalgas	Gracilariaceae	0.21	6.59
Macroalgas	<i>Pterocladella</i> sp.	0.21	6.58
Macroalgas	<i>Acanthophora spicifera</i>	0.19	6.13
Macroalgas	<i>Laurencia</i> sp.	0.18	5.62
Moluscos	Gasterópodos	0.13	4.16
Macroalgas	<i>Gracilaria</i> sp.	0.13	4.03
Macroalgas	<i>Polysiphonia</i> sp.	0.13	4.03
Macroalgas	<i>Centroceras clavulatum</i>	0.11	3.51
Macroalgas	<i>Melanamansia glomerata</i>	0.10	3.26
Macroalgas	<i>Dictyosphaeria cavernosa</i>	0.10	3.13
Cianobacterias	<i>Lyngbya majuscula</i>	0.10	3.13
Poliquetos	Poliquetos (incluida familia Sabellidae)	0.09	2.81
Macroalgas	<i>Dictyota</i> sp.	0.09	2.75
Pastos marinos	<i>Zostera marina</i>	0.09	2.74
Macroalgas	<i>Codium</i> sp.	0.08	2.50
Macroalgas	<i>Sargassum</i> spp.	0.07	2.31
Macroalgas	<i>Gracilaria textorii</i>	0.06	1.96
Macroalgas	Ceramiaceae	0.06	1.92
Macroalgas	<i>Gracilaria vermiculophylla</i>	0.06	1.76
Macroalgas	<i>Turbinaria ornata</i>	0.05	1.66
Macroalgas	<i>Chondria</i> spp.	0.05	1.63
Macroalgas	<i>Gracilaria spiginera</i>	0.05	1.57
Macroalgas	<i>Halimeda opuntia</i>	0.05	1.53
Equinodermos	<i>Mesocentrotus franciscanus</i>	0.05	1.50
Cnidarios	Actiniarios	0.04	1.37

Tabla V. Frecuencia global neta y en porcentaje de los principales ítems alimentarios registrados en la dieta de *Chelonia mydas*.

Grupo	Especie/agrupación	Frecuencia global	Frecuencia global (%)
Macroalgas	<i>Codium amplivesiculatum</i>	0.04	1.30
Macroalgas	<i>Laurencia johnstonii</i>	0.04	1.30
Cnidarios	<i>Stomolophus meleagris</i>	0.04	1.11
Macroalgas	<i>Hypnea johnstonii</i>	0.03	1.10

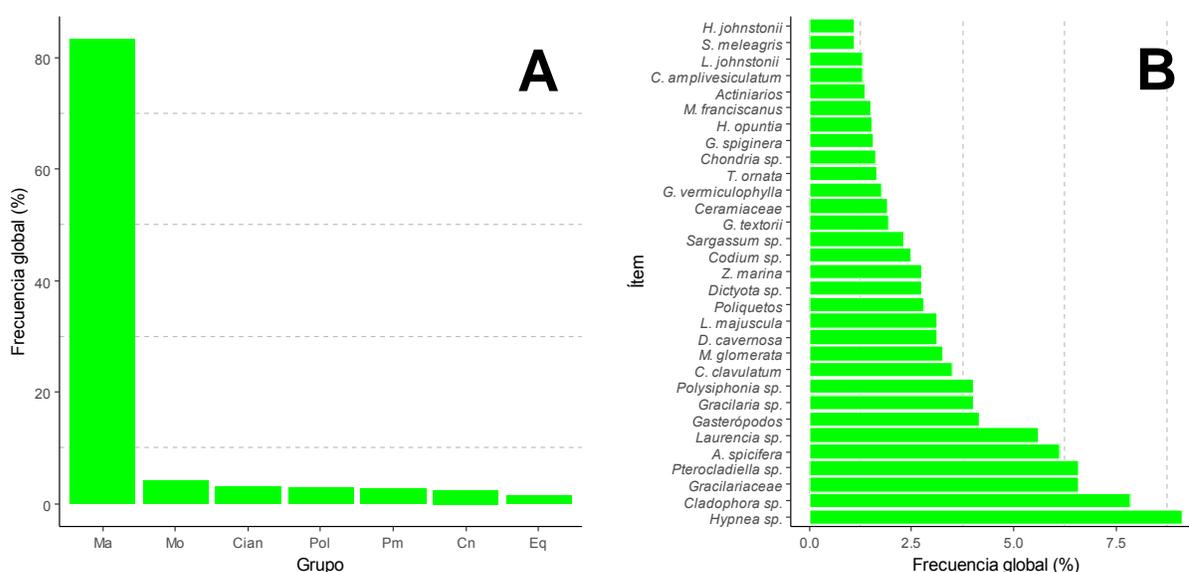


Figura 24. Principales ítems alimentarios de *Chelonia mydas*. Izquierda: Frecuencia global por grupo alimentario en porcentaje. Ma: Macroalgas; Mo: Moluscos; Cian: Cianobacterias; Pm: Pastos marinos; Pol: Poliquetos; Cn: Cnidarios; Eq: Equinodermos. Derecha: Frecuencia global en porcentaje por ítem alimentario.

El análisis de componentes principales de los ítems alimentarios muestra una completa separación entre la dieta de ambas especies de tortugas (Fig. 25). Las presas de mayor efecto en la dieta de *Caretta caretta* son los crustáceos (*Carinaria citara*, *P. planipes* y *Planes* spp.) y los peces (*Diplectrum* sp. e *Hirundichthys speculiger*). En *Chelonia mydas* son las macroalgas, particularmente las del género *Cladophora* e *Hypnea* (Fig. 25A). La distinción entre las dietas, aunque es evidente, se corrobora con el análisis de varianza ($\chi^2 = 12.31, p = 0.00$).

Si la ordenación de los datos es considerada a partir de las localidades de registro, es posible apreciar un traslape de componentes alimentarios entre las dietas de ambas especies de tortugas. Las primeras localidades en separarse naturalmente son Hawái (H) y el Pacífico Central Norte (PCN), las cuales se distinguen por el alto consumo de macroalgas del género *Hypnea* y *Cladophora* en la localidad de Hawái, así como de moluscos (*Janthina* spp., *Carinaria* sp.), crustáceos (*Planes* spp., *Lepas* sp.), anfípodos y peces (*H. speculiger*) en el PCN. Las localidades del Golfo de California (G) y de la Costa Occidental de la Península de Baja California (CO) se mantienen agrupadas. Es preciso destacar que el análisis de agrupación, si bien separa las dietas del PCN y H, el grupo PCN-H (Pacífico Central Norte y Hawái), se caracteriza por presentar dietas más similares a las reportadas para las localidades G y CO, destacando cómo componentes tróficos principales las macroalgas de la familia Gracilariaceae, los crustáceos (*P. planipes*) y los peces (*Diplectrum* sp) (Fig. 25B).

7.3.1 Caracterización de los ítems alimentarios

La dieta de *Caretta caretta* incluye el molusco *Doryteuthis opalescens* y los crustáceos *Squilla mantoidea* y *Callinectes* sp., mientras que la dieta de *Chelonia mydas* incluye las macroalgas *Padina durvillaei*, *Rosenvingea intricata*, *Spyridia filamentosa*, *Ulva lactuca* y el pasto marino *Phyllospadix torreyi*.

Hábitat

La forma de vida de los organismos consumidos por *Chelonia mydas* corresponde principalmente a macroalgas epífitas y asociadas a sustratos duros. Además, incluye especies como *Doryteuthis opalescens* (calamar pequeño), ítem presa común en ambas especies y categorizado como organismo de vida libre, al igual que *Stomolophus meleagris*. En la dieta de *Caretta caretta* predominan los organismos asociados a fondos arenosos, categoría en la cual se registran la mayoría de los crustáceos (e.g. *S. mantoidea*) y peces (e.g. *Diplectrum* spp., *Prionotus* spp.). Se incluye además a organismos pleustónicos, como son *Janthina* spp. y *Velella velella* (Fig. 26A).

Talla

Las macroalgas son el grupo alimentario con tallas relativamente mayores, presentan una longitud promedio de 39.07 cm, alcanzando longitudes máximas de 200 cm (e.g. *Sargassum* sp.). Los pastos marinos presentan una longitud máxima de 150 cm (Fig. 26B). La talla promedio de los organismos que son consumidos por *Chelonia mydas* es de 41.6 cm, aunque se reportan organismos desde los 2 cm, como es el caso de las macroalgas *Centroceras clavulatum* y *Dictyosphaeria cavernosa*.

En el caso de los organismos consumidos por *Caretta caretta* la longitud promedio fue igual a 15.72 cm. Organismos como el pez rubio *Prionotus* spp., puede llegar a medir hasta los 43 cm. En términos generales, los grupos de peces y cnidarios son los de mayor talla registrada en la dieta de esta especie (38.5 cm y 21.5 cm, respectivamente), aunque también es posible encontrar ítems < 1 cm de longitud, como son los anfípodos Gammaridea e Hyperiidea.

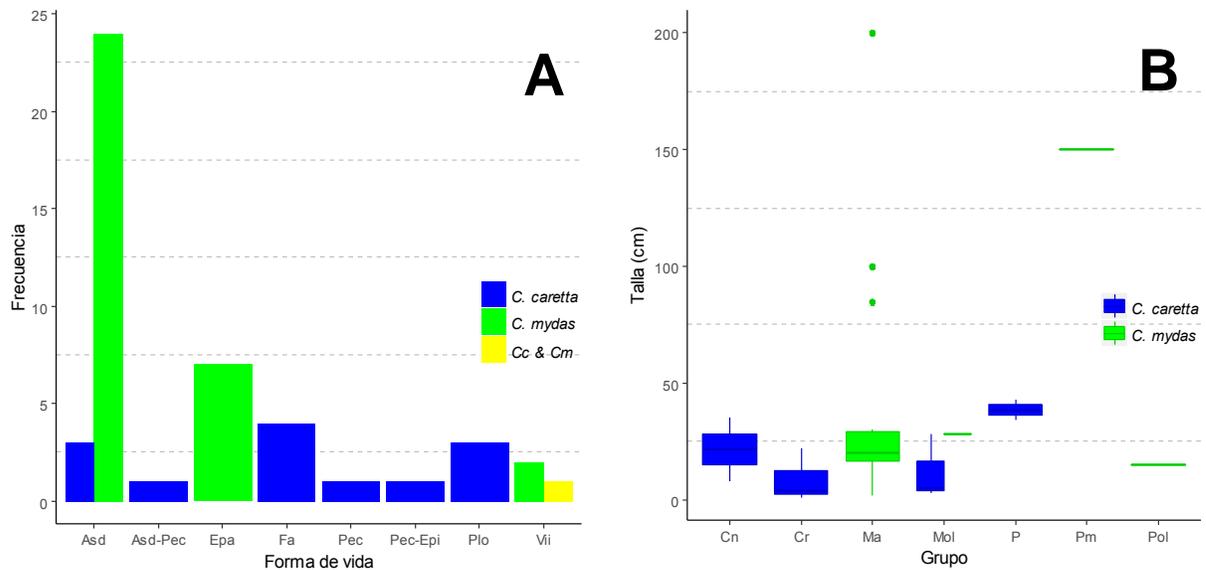


Figura 26. Forma de vida y talla de los grupos que componen la dieta de *Caretta caretta* y *Chelonia mydas*. A) Forma de vida por grupo alimentario. Asd: Asociado a sustratos duros; Asd-Pec: Asociado a sustratos duros y/o Pelágico; Epa: Epífita; Fa: Fondos arenosos; Pec: Pelágico; Pec-Epi: Pelágico – Epibentónico; Plo: Pleustónico y Vii: Vida libre. B) Gráfico de cajas de la talla por grupo alimentario. Cn: Cnidarios; Cr: Crustáceos; Ma: Macroalgas; Mol: Moluscos; P: Peces; Pm: Pastos marinos; Pol: Poliquetos.

Dureza

Los resultados obtenidos en las curvas de perfil de textura muestran que el grupo de los peces es el de mayor dureza. Presentan una dureza promedio de 311.5 N y en algunas ocasiones por arriba de los 490.3 N, como es el caso del pez rubio (*Prionotus* sp.). Le siguen los pastos marinos con 258.4 N y los moluscos con 213.9 N. Es interesante notar que las macroalgas y crustáceos presentan valores de dureza similares: 119.0 N y 113.3 N, respectivamente (Fig. 27). De manera general, los ítems alimentarios de ambas especies de tortugas se encuentran entre los 98 N y los 245.1 N de dureza, son pocos los ítems que sobrepasan este intervalo de dureza (e.g. *Phyllospadix torreyi* y *Prionotus* sp.).

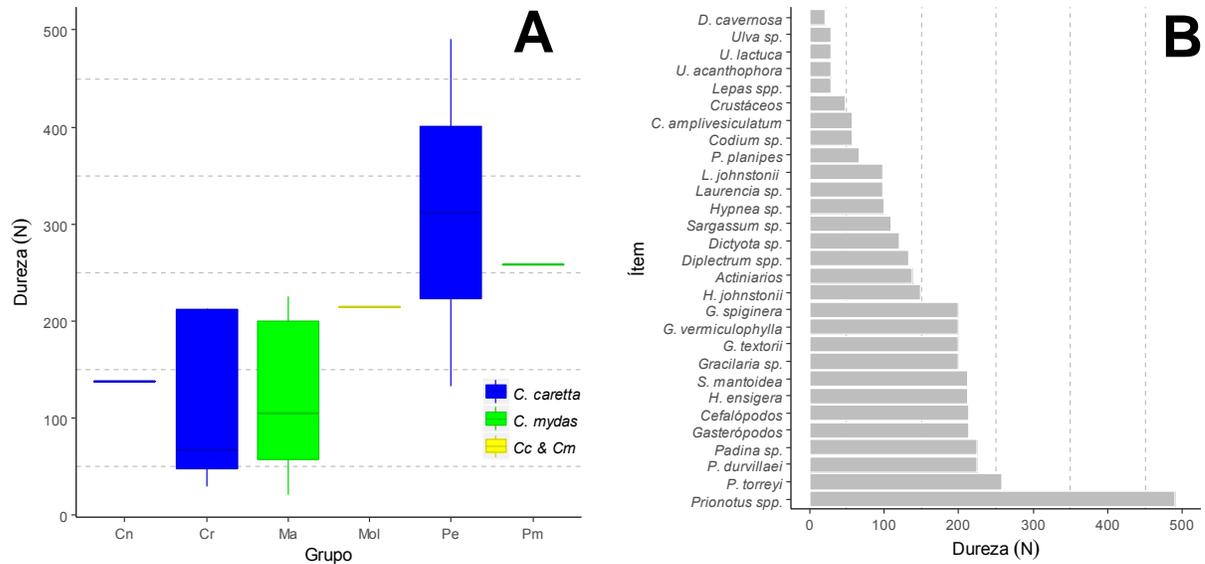


Figura 27. Registros de dureza (N) por grupo (A) y por ítem alimentario (B). Cn: Cnidarios, Cr: Crustáceos; Ma: Macroalgas; Mol: Moluscos; Pe: Peces; Pm: Pastos marinos.

Índices 1 y 2

El índice 1 construido a partir de los valores de la frecuencia global y longitud, además del índice 2 en el cual se incluye el valor de la dureza, representan en cierta medida el nivel de importancia que ocupan el recurso alimentario de acuerdo con la disponibilidad y la facilidad para su consumo. Como se observa en la Figura 28, en ambas especies de tortugas, la mayoría de los ítems pertenecen a organismos de tallas relativamente pequeñas y de dureza baja, con valores del índice de 0 a 0.1, valores cercanos a 1 caracterizan presas que son consumidas en baja frecuencia. Componentes alimentarios como *Prionotus sp.* en *Caretta caretta* y *Z. marina* en *Chelonia mydas* contabilizan los índices más altos, especialmente al incluir la información de la dureza. Otros organismos, como *Lepas sp.* y *Diplectrum sp.* definen su nivel de importancia a partir de la frecuencia de consumo.

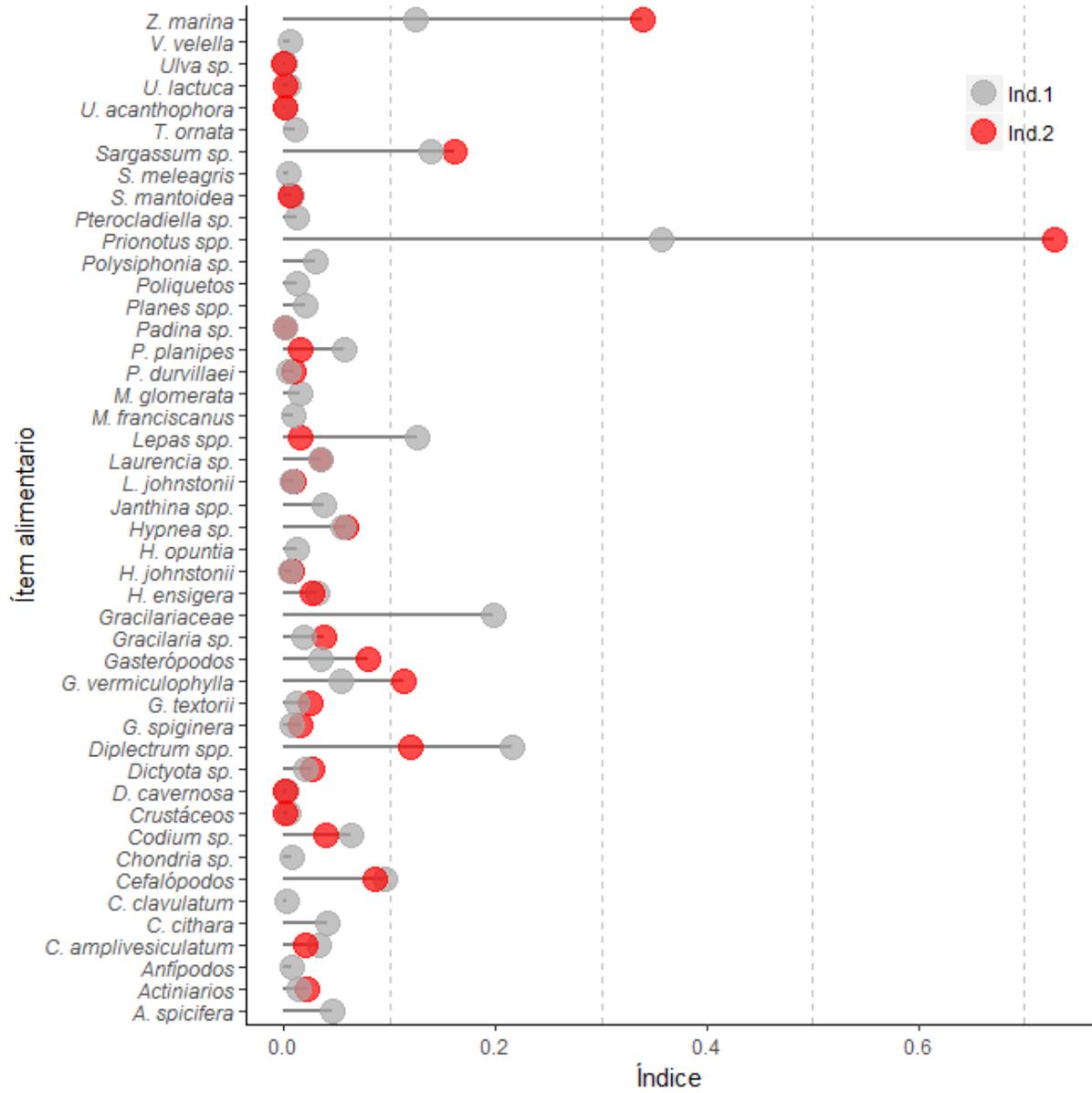


Figura 28. Índices 1 y 2 para cada uno de los ítems alimentarios de *Caretta caretta* y *Chelonia mydas*.

7.4 Relación forma vs. alimento

Las pruebas de Mantel mostraron, de manera general, una correlación entre la morfología y la dieta de ambas especies. Si bien, el grado de relación es baja en todos los casos ($r < 0.5$), el ajuste del modelo es significativo en todas las comparaciones (Tabla VI). La información del índice 2 (producto ponderado de la frecuencia global, talla y dureza) y el descriptor de la dureza de tejidos mostraron las correlaciones más altas ($r = 0.5$, $p = 0.01$ y $r = 0.5$, $p = 0.00$), principalmente con la zona ventral del cráneo. La información de la mandíbula presentó los menores niveles de correlación para esta prueba; sin embargo, al igual que el resto de las variables, la correlación aumenta cuando son incluidos los datos de dureza (Fig. 29A). En esta prueba, ambas técnicas morfométricas presentan el mismo patrón de correlación con la información de la dieta, esto es, con los descriptores de dureza e índice 2, mayor correlación con la morfología.

Mediante el análisis PLS, al igual que con la prueba de Mantel, se registran correlaciones por debajo del 50 %, sin embargo, en esta prueba las correlaciones no muestran significancia estadística ($R^2 < 0.5$, $p > 0.05$). De manera similar a lo observado con la prueba de Mantel, se encontró que las matrices con la información de dureza e índice 2, presentan las asociaciones más altas con ambas técnicas morfométricas. A diferencia de la primera prueba, la frecuencia global con la que aparecen las presas presenta una mayor relevancia, principalmente con la información de la mandíbula. No obstante que hay significancia estadística, la morfología de la zona ventral del cráneo, al igual que en la prueba de Mantel, registra las correlaciones más altas, mismos resultados son obtenidos en la morfología de la vista lateral del cráneo (Fig. 29B).

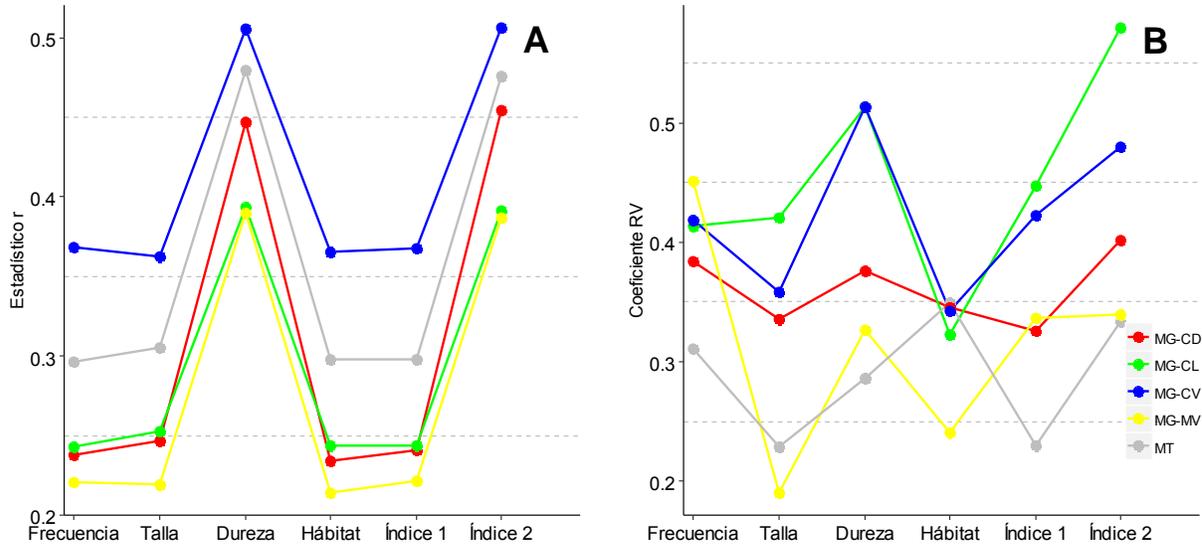


Figura 29. Resultados de las pruebas de Mantel y PLS. A) Estadístico de prueba r y B) Coeficiente RV para los descriptores forma y dieta de las especies *Caretta caretta* y *Chelonia mydas*. MT: variables generadas mediante la técnica de morfometría tradicional; MG: variables generadas mediante la técnica de morfometría geométrica; CD: vista dorsal del cráneo; CL: vista lateral del cráneo; CV: vista ventral del cráneo y MV: vista ventral de la mandíbula.

Tabla VI. Resultados de la prueba de Mantel y PLS con las matrices de forma y dieta. MT: variables generadas mediante la técnica de morfometría tradicional; MG: variables generadas mediante la técnica de morfometría geométrica; CD: vista dorsal del cráneo; CL: vista lateral del cráneo; CV: vista ventral del cráneo; MV: vista ventral de la mandíbula. FG: frecuencia global.

Técnicas		FG	Talla	Dureza	Hábitat	Índice 1	Índice 2
MT	<i>r</i>	0.2961	0.3056	0.4799	0.2979	0.2977	0.476
	<i>p</i>	0.0110*	0.0090*	0.0060*	0.0080*	0.0130*	0.0050*
MG-CD	<i>r</i>	0.2378	0.2464	0.447	0.2341	0.2404	0.4548
	<i>p</i>	0.0300*	0.0210*	0.0170*	0.0320*	0.0320*	0.0040*
MG-CL	<i>r</i>	0.2432	0.2524	0.3936	0.2438	0.2436	0.3911
	<i>p</i>	0.0280*	0.0260*	0.0230*	0.0310*	0.0270*	0.0230*
MG-CV	<i>r</i>	0.368*	0.3624	0.5054	0.3654	0.3677	0.5061
	<i>p</i>	0.0010*	0.0030*	0.0040*	0.0030*	0.0040*	0.0110*
MG-MV	<i>r</i>	0.2208	0.2193	0.3899	0.2143	0.2213	0.3867
	<i>p</i>	0.0480*	0.0480*	0.0150*	0.0460*	0.0380*	0.0200*
MT	<i>RV</i>	0.3106	0.229	0.2865	0.3491	0.2298	0.3332
	<i>p</i>	0.4171	0.5756	0.752	0.0944	0.7946	0.5887
MG-CD	<i>RV</i>	0.3843	0.336	0.3758	0.3451	0.3259	0.4019
	<i>p</i>	0.4225	0.3835	0.7581	0.1855	0.7248	0.6673
MG-CL	<i>RV</i>	0.4138	0.4208	0.5136	0.3224	0.447	0.5791
	<i>p</i>	0.7035	0.3205	0.3422	0.4588	0.4834	0.1651
MG-CV	<i>RV</i>	0.419	0.3585	0.5136	0.3427	0.4226	0.4801
	<i>p</i>	0.2774	0.2969	0.3422	0.2246	0.2612	0.2886
MG-MV	<i>RV</i>	0.4513	0.1907	0.3266	0.2408	0.3367	0.3391
	<i>p</i>	0.0912	0.889	0.6844	0.3169	0.4268	0.6982

8 DISCUSIÓN

8.1 Morfología asociada a la dieta

La configuración morfológica del cráneo y mandíbula de las dos especies de tortugas analizadas, *Chelonia mydas* y *Caretta caretta*, se relaciona en un relativamente bajo porcentaje (50 %) con las características estructurales y biológicas de los componentes alimentarios que conforman su dieta (Tabla VI). Si bien, las pruebas del PLS realizadas no muestra significancia en las correlaciones, es interesante notar que la incorporación de los valores de dureza ya sea de manera independiente o mediante el índice 2, en ambas pruebas, aumenta de manera considerable la correlación con la morfología. Este patrón de variación permite suponer que la dureza de los tejidos de los alimentos es el atributo que mayor efecto tiene en la configuración morfológica del cráneo y mandíbula.

La región posterior del cráneo, orbital, vómer, fosa aductora, dentario y coronoideo resultaron ser las principales zonas de variación morfológica en las especies estudiadas (Fig. 22). De estas, la zona del paladar, en particular el vómer y la apertura de la fosa aductora, son los que mayor relación presentaron con el atributo dureza de los tipos alimentarios consumidos. Lo anterior podría reflejar las áreas de compresión y ciertas atribuciones relacionadas con la fuerza de mordida, en el caso de la fosa aductora.

La zona del paladar tiene una importante participación en el soporte y distribución de las fuerzas de presión. Curtis *et al.* (2011) tras un análisis en tataras, lograron evidenciar como las fuerzas de tensión y compresión ejercidas durante el proceso de alimentación se distribuyen de manera uniforme en el cráneo, algunas regiones son dominadas por la fuerza de tensión y otras por las fuerzas de compresión. La morfología del paladar juega un importante papel en la biomecánica del cráneo, ya que sirven como superficies adicionales para el anclaje (sujeción) de la musculatura, y una transmisión efectiva de la fuerza, lo cual permite un incremento en la fuerza de mordida sin comprometer la estabilidad del cráneo (Lautenschlager *et al.*, 2016).

Superficies planas para la trituración y un palatino reforzado sugieren una mayor fuerza de mordida y de resistencia a las fuerzas de flexión y torsión (Jones *et al.*, 2012). Ambas especies de tortugas presentan paladares secundarios, los cuales se han relacionado con el reforzamiento del paladar y con funciones respiratorias (Schwenk, 2000). Dicho ajuste se obtiene tras la expansión del vómer, el cual, en forma de placa horizontal se incorpora en la superficie de trituración (Wyneken, 2013). Aunque *Caretta caretta* presenta un vómer reducido por la unión de los maxilares en la zona media, el contacto entre el vómer y premaxila se mantiene por la parte interna de la fosa nasal. De tal manera que permanece con un paladar reforzado por una estructura (columna) central, formada por la unión del vómer, huesos nasales y por el conjunto vómer-palatino secundario por debajo del pasaje nasal (Gaffney, 1979; Abramyan & Richman, 2015).

El paladar no solo está involucrado en la transmisión de fuerzas, durante la alimentación, también participa en la aprensión del alimento, trituración y transporte intraoral en conjunto con la lengua (Gaffney, 1979; Matsumoto & Evans, 2017). En tortugas marinas, se describe un procesamiento parcial de las presas a través de la aprensión de estas, entre el paladar y la lengua (Bels *et al.*, 2008). El paladar y otros elementos accesorios, como son los denticulos en *Chelonia mydas* o la ranfoteca, presentan una función análoga a la dentición del paladar, como la observada en otros grupos de tetrápodos (*e.g.* *Balosauridae*; Matsumoto & Evans, 2017).

La región posterior del cráneo comprende la fosa aductora (Fig. 2), esta cavidad detrás de la cámara ótica contiene la masa principal del músculo aductor mandibular externo, interno y pterigoideo. Comprende a los huesos del postorbital, parietal, escamoso, proótico, opistoótico, cuadrado, jugal, cuadradojugal, pterigoides y maxilar. Su función en tortugas marinas no ha sido estudiada a detalle, sin embargo, el tamaño y forma se asocia con el alojamiento y anclaje de la musculatura aductora (Schwenk, 2000; Nishizawa *et al.*, 2010; Werneburg, 2011). El tamaño de los músculos y el arreglo de las fibras musculares son factores que determinan la fuerza de mordida (Herrel & O'reilly, 2006; Nishizawa *et al.*, 2010), la cual se relaciona de manera directa con la

dureza de los alimentos y por lo tanto con la fuerza requerida para procesarlos (Pfaller *et al.*, 2011)

El dentario (mandíbula inferior) en conjunto con las maxilas, vómer y palatino (mandíbula superior) conforman las superficies de trituración en las tortugas (Gaffney, 1979). Mandíbulas robustas, sínfisis larga y fusionada, como en *Caretta caretta*, y el desarrollo de estructuras accesorias, denticulos en *Chelonia mydas*, ha tenido claras atribuciones en el proceso de alimentación (Jones *et al.*, 2012; Matsumoto & Evans, 2017). La teoría evolutiva sobre el rendimiento de la mordida de las tortugas sostiene que el incremento evolutivo en la fuerza de mordida ha sido mediado por el incremento en el tamaño del organismo, el incremento en el tamaño del cuerpo y cambios en el diseño del aparato mandibular (Herrel *et al.*, 2002). Sin embargo, los resultados obtenidos, mostraron una menor relación entre la mandíbula (inferior) y los atributos de la dieta, en general por debajo del resto de las estructuras analizadas (< 40 %).

Existe la posibilidad de que la vista analizada para esta estructura (vista lateral) no refleje directamente esta relación, tal como se observa para la vista lateral del cráneo (Tabla VII). Una mejor aproximación podría obtenerse mediante el análisis ventral de la mandíbula, sin embargo, inicialmente esta vista fue descartada debido a la ausencia de puntos anatómicos evidentes en los cuales pudieran colocarse las marcas de referencia. Gaffney (1979), apunta que la variación en las superficies de trituración (mandíbulas superior e inferior) son comparables en magnitud y forma por lo que, posiblemente la interacción del paladar con el alimento, de igual manera refleje la relación con la mandíbula. Otro tipo de técnicas morfométricas (e.g. análisis en tres dimensiones, elipses de Fourier) pudieran permitir una aproximación más adecuada en el análisis mandibular.

8.2 La dureza de los alimentos

En general, los valores de dureza de los ítems que conforman la dieta en ambas especies están por debajo de los 294.2 N de fuerza, valores de fuerza que resultan suficientes para que ambas especies puedan consumir sin dificultad la mayoría de los

ítems (Marshall *et al.*, 2012, 2014). Son pocos los componentes alimentarios con dureza superior y de acuerdo con los valores de frecuencia, su consumo es limitado (Parker *et al.*, 2005). Aun cuando *Caretta caretta* tiene la capacidad de ejercer una mordida de entre ~330 N a los 575 N con máximas de 1766 N, el consumo de presas con valores superiores es bajo. Existe la posibilidad de que una amplia disponibilidad de ítems de menor tamaño (Fig. 26) y menor dureza (Fig. 27) representen presas de menor inversión energética en su adquisición y procesamiento y por tanto resulten más valiosas en términos de la teoría del forrajeo óptimo, la cual refiere a la relación ganancia – pérdida de energía durante la captura y búsqueda de la presa (MacArthur & Pianka, 1966). Villanueva-Flores (1991), clasifica a *Caretta caretta* como un depredador oportunista que invierte poca energía y tiempo en la búsqueda de alimento, a lo cual podría sumarse también, una baja inversión de energía en el procesamiento del alimento.

Aunque la mayor parte de la dieta de *Caretta caretta* y *Chelonia mydas* está conformada por presas con bajos valores de dureza, se tiene registro de que ambas especies llegan a consumir organismos de mayor dureza, entre ellos peces bentónicos (*Prionotus* spp.), cefalópodos (*Loligo* sp.) y equinodermos como *Mesocentrotus franciscanus*, cuando éstos se encuentran fácilmente disponibles en el medio (Lara-Uc & Riosmena-Rodriguez, 2015; Riosmena-Rodriguez & Lara-Uc, 2015; Reséndiz *et al.*, 2016, 2017).

8.3 Variación morfológica debida a la ontogenia y dimorfismo sexual

La variación en la forma del cráneo debida a la ontogenia ha sido documentada en tortugas marinas en estudios previos (Guzman, 2008; Nishizawa *et al.*, 2010; Pfaller *et al.*, 2010; Marshall *et al.*, 2014). La configuración morfológica de los especímenes analizados corresponde a la de organismos juveniles de acuerdo con la LCC estimada (Seminoff *et al.*, 2002b; Mansfield & Putman, 2013). Sin embargo, también cuentan con ciertos caracteres, solo descritos en organismos adultos, como son: la unión del postorbital y cuadradojugal; la unión del prefrontal y postorbital en el margen de la

órbita (no aplicable en *Chelonia mydas*) y la presencia extendida de pequeñas “oquedades” sobre la superficie dorsal del vómer y dentario (Jones *et al.*, 2012). Lo anterior sugiere una etapa avanzada de desarrollo, independientemente de que la LCC corresponda a la de organismos juveniles, probablemente se trate de individuos en transición a la etapa adulta.

En *Chelonia mydas*, a excepción de un espécimen (Anexo 3: clave en análisis B53), la unión entre el postorbital y cuadradojugal está presente. Sin embargo, la extensión de la sutura es mucho más variable que en *Caretta caretta* lo cual hace suponer la presencia de organismos con diferentes grados de desarrollo. Si bien, esta condición define a organismos juveniles en *Caretta caretta*, cabe la posibilidad de que no aplique en *Chelonia mydas*, ya que, para esta especie, inclusive los organismos más pequeños (< 40 cm LCC) presentan la unión entre estos huesos.

Sean juveniles o especímenes en transición a una etapa adulta, se considera que la configuración morfológica del cráneo y mandíbula representa las capacidades anatómicas de las especies, en particular porque la clase modal en la distribución de tallas se concentra en organismos por arriba de los 60 cm de LCC. Lo cual, al menos para *Caretta caretta* corresponde a un periodo de máximo despliegue en la fuerza de mordida (Marshall *et al.*, 2012). A ello se añade que el tipo de dieta registrado para las zonas de recolecta incluye el consumo de ítems presentes en la dieta de especímenes adultos (Jones & Seminoff, 2013). La certeza de la existencia de modificaciones en etapas posteriores solamente podrá ser obtenida con la incorporación de organismos adultos a este tipo de estudios.

La variación morfológica atribuible al dimorfismo sexual es desconocida en el presente estudio ya que no se contó con la información del sexo en los especímenes analizados. Aunque es importante resaltar que estudios previos, como los realizados por Guzman (2008), Bole (2010), Nishizawa *et al.* (2010), Pfaller *et al.* (2010) y Marshall *et al.* (2014), demuestran que a nivel cráneomandibular, estas dos especies de tortugas no presentan dimorfismo sexual.

8.4 Posibles factores de variación no debidos a la dieta

Los resultados muestran que una parte de la morfología del sistema cráneo-mandibular de *Caretta caretta* y *Chelonia mydas* es explicado por la dieta. El resto de la variación podría deberse a distintos factores relacionados con el hábitat, filogenia o talla, de acuerdo con lo encontrado en otros estudios. Por ejemplo; Claude *et al.* (2004) estudia la variabilidad morfológica del cráneo y mandíbula en especies de tortugas terrestres y acuáticas, en donde encuentra que el hábitat es el principal factor de variación, seguido por la dieta y la filogenia. En el contexto de este estudio, ambas especies comparten un ambiente marino, zonas de alimentación y aunque la forma de vida de sus presas es marcadamente distinta, esta no tiene efecto sobre la morfología, lo que limita al hábitat como posible factor de variación.

En el caso de los factores debidos a la talla, estudios recientes en aves rapaces han demostrado que la morfología de estructuras estrechamente integrativas (modularizadas), como lo son el pico y cráneo, están fuertemente ligadas a los cambios en el tamaño del cuerpo y no a elementos de la dieta. Este grupo de aves presenta una diversificación morfológica directamente relacionada con los cambios en el tamaño del cuerpo (Bright *et al.*, 2016).

El cráneo de los vertebrados se caracteriza por su integración y complejidad (Pfaller *et al.*, 2010). Resguarda importantes órganos como son el cerebro, ojos, oídos, aparato respiratorio (Vizcaíno *et al.*, 2016) y glándulas de sal (Wyneken, 2013). La concentración tanto de la alimentación como de los componentes sensoriales en una porción del cuerpo representa una variedad de demandas anatómicas (Schwenk, 2000), las cuáles pudieran estar englobadas en el resto de la variación no explicada por los factores considerados en este estudio. Tal como Werneburg (2012) lo refiere en su estudio sobre los huesos temporales de las tortugas y sus relaciones filogenéticas: “El cráneo es una estructura compleja que se resiste a explicaciones simples”.

8.5 Relevancia de los estudios en la mecánica de la alimentación en tortugas marinas

El conocimiento de la anatomía esquelética y de la mecánica de alimentación es información relevante desde el punto de vista individual y global. Comprender el funcionamiento del sistema cráneo-mandibular facilita la evaluación y mejora de los tratamientos por lesiones relacionadas con diferentes artes de pesca, en particular las que involucran el uso de anzuelos, además de diversos tratamientos quirúrgicos relacionados con otros tipos de lesiones (Lewison *et al.*, 2013). La importancia del estudio de los mecanismos relacionados con la alimentación radica en el potencial que tiene la morfología en el rendimiento individual, lo cual permite conocer los procesos que afectan la estructura de las poblaciones, comunidades y ecosistemas (Koehl, 1996).

9 CONCLUSIONES

Una parte de la morfología del cráneo y mandíbula de *Caretta caretta* y *Chelonia mydas* se relaciona con por las características de la dieta. La dureza de los alimentos es el principal atributo dietario y se encuentra fuertemente relacionado con la morfología del paladar y fosa aductora. Esta relación posiblemente responda a demandas anatómicas relacionadas en la disipación de fuerzas y el alojamiento de complejos mandibulares. La variación morfológica no explicada por factores dietarios, posiblemente se relacione con otro tipo de factores como la filogenia, alometría o la respuesta combinada a otro tipo de demandas anatómicas. El conocimiento de los factores mecánicos que intervienen en la morfología del cráneo y mandíbula son relevantes para el entendimiento de los procesos individuales y globales que influyen en la estabilidad de las poblaciones de las tortugas marinas.

10 REFERENCIAS

- Abbott, I.A. & G.J. Hollenberg. 1976. Marine algae of California. Stanford University Press, Stanford, California.
- Abramyan, J. & J.M. Richman. 2015. Recent insights into the morphological diversity in the amniote primary and secondary palates. *Developmental dynamics: an official publication of the American Association of Anatomists* 244: 1457–68.
- Allen, G.R. & D.R. Robertson. 1998. Peces del Pacífico oriental tropical. 2nd ed. CONABIO, Agrupación Sierra Madre y CEMEX.
- Arencibia, A., M.A. Rivero, I. De Miguel, S. Contreras, A. Cabrero & J. Orós. 2006. Computed tomographic anatomy of the head of the loggerhead sea turtle (*Caretta caretta*). *Research in Veterinary Science* 81: 165–169.
- Arnhold, E. 2017. Package “easynls.”
- Arthur, K.E. & G.H. Balazs. 2008. A comparison of immature Green Turtles (*Chelonia mydas*) diets among seven sites in the Main Hawaiian Islands. *Pacific Science* 62: 205–217.
- Avila-Ortiz, A. & F.F. Pedroche. 2005. El género *Padina* (Dictyotaceae, Phaeophyceae) en la región tropical del Pacífico mexicano. *Monografías Ficológicas* 2: 171.
- Balazs, G.H. 1979. Growth, food sources and migrations of immature Hawaiian *Chelonia*. *Marine Turtle Newsletter* 1–3.
- Balazs, G.H., U. Keuper-Bennett, P. Benett, M.R. Rice & D.J. Russell. 2002. Evidence for near shore nocturnal foraging by green turtles at Honokowai, Maui, Hawaii Islands. In Proceedings of the Twenty-Second Annual Symposium on Sea Turtle of the Twenty-Second Annual Symposium on Sea Turtle Biology and Conservation, 32–34. NOAA Technical Memorandum NMFS-SEFSC-503, Miami Florida, USA.

- Bels, V., S. Baussart, J. Davenport, M. Shorten, R.M. O’Riordan, S. Renous & J.L. Davenport. 2008. Functional Evolution of Feeding Behavior in Turtles. *In* J. Wyneken, H. M. Godfrey & V. Bels [eds.], *Biology of turtles*, 187–212. CRC Press, United States of America.
- Bels, V.L., J. Davenport & S. Renous. 1998. Food ingestion in the estuarine turtle *Malaclemys terrapin*: comparison with the marine Leatherback turtle *Dermochelys coriacea*. *J. Mar. Biol. Ass. U.K.* 78: 953–972.
- Benson, R.B.J., G. Domokos, P.L. Vdrkonyi & R.R. Reisz. 2011. Shell geometry and habitat determination in extinct and extant turtles. *Paleontological Society* 37: 547–562.
- Bohórquez-Herrera, J., V.H. Cruz-Escalona, D.C. Adams & M.S. Peterson. 2015. Feeding ecomorphology of seven demersal marine fish species in the Mexican Pacific Ocean. *Environmental Biology of Fishes* 98: 1459–1473.
- Bole, C. 2010. Étude ostéo-morphométrique des tortues marines de la super-famille des Chelonioidea. Muséum National d’Histoire Naturelle.
- Bolten, A. 2002. Variation in sea turtle life history patterns. *In* L. L. Peter, J. A. Musick & J. Wyneken [eds.], *The Biology of Sea Turtles*, 243–257. CRC Press.
- Bookstein, F.L. 1991. *Morphometric Tools for Landmark Data : Geometry and Biology*. Cambridge University Press, United Kingdom.
- Bourne, M. 2004. Relation between texture and mastication. *Journal of Texture Studies* 35: 125–143.
- Bright, J.A., J. Marugán-Lobón, S.N. Cobb & E.J. Rayfield. 2016. The shapes of bird beaks are highly controlled by nondietary factors. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 113: 5352–5357.
- Brinkman, D., P.A. Holroyd & J.D. (James D. Gardner. 2013. *Morphology and evolution of turtles*. Springer.

- Bustard, H.R. 1973. Sea turtles : natural history and conservation. Taplinger.
- Carroll, R.L. 2013. Problems of the Ancestry of Turtles. *In* 19–36.
- Casas-Andreu, G. & S. Gómez-Aguirre. 1980. Contribución al conocimiento de los hábitos alimenticios de *Lepidochelys olivacea* y *Chelonia mydas agassizii* (Reptilia, Chloniidae) en el Pacífico Mexicano. *Boletim do Instituto Oceanográfico* 29: 87–89.
- Casier, E. 1968. Le squelette céphalique de *Eochelone brabantica* L. Dollo, du Bruxellien (Lutétien inférieur) de Belgique, et sa comparaison avec celui de *Chelone mydas* Linné. *Bulletin de l'Institut Royal des Sciences Naturelles de Belgique - Bulletin van het Koninklijk Belgisch Instituut voor Natuurwetenschappen* 44: 1–22.
- Claude, J., P.C.H. Pritchard, H. Tong, E. Paradis & J.C. Auffray. 2004. Ecological correlates and evolutionary divergence in the skull of turtles: A geometric morphometric assessment. *Systematic Biology* 53: 933–948.
- Clifton, K.B. & P.J. Motta. 1998. Feeding morphology, diet, and ecomorphological relationships among five Caribbean Labrids (Teleostei, Labridae). *Copeia* 1998: 953.
- Curtis, N., M.E.H. Jones, J. Shi, P. O'Higgins, S.E. Evans & M.J. Fagan. 2011. Functional relationship between skull form and feeding mechanics in sphenodon, and implications for diapsid skull development. *PLoS ONE* 6: .
- Dean, M.N., J.J. Bizzarro & A.P. Summers. 2007. The evolution of cranial design, diet, and feeding mechanisms in batoid fishes. *Integrative and Comparative Biology* 47: 70–81.
- Dimitris, R. 2006. ltm: An R package for latent variable modelling and item response theory analyses. *Journal of Statistical Software* 17: 1–25.
- Dollion, A.Y., G.J. Measey, R. Cornette, L. Carne, K.A. Tolley, J.M. da Silva, R. Boistel, A.C. Fabre & A. Herrel. 2017. Does diet drive the evolution of head shape and bite

- force in chameleons of the genus *Bradypodion*? *Functional Ecology* 31: 671–684.
- Dumont, E.R. 2003. The effects of gape angle and bite point on bite force in bats. *Journal of Experimental Biology* 206: 2117–2123.
- Ellis, J.L., J. Thomason, E. Kebreab, K. Zubair & J. France. 2009. Cranial dimensions and forces of biting in the domestic dog. *Journal of Anatomy* 214: 362–373.
- Felger, R. & M.B. Moser. 1973. Eelgrass (*Zostera marina* L.) in the Gulf of California: Discovery of Its Nutritional Value by the Seri Indians. *American Association for the Advancement of Science* 181: 355–356.
- Franco-Moreno, R.A. 2015. Biomecánica del cráneo en cuatro especies simpátricas de pinnípedos del macífico mexicano. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas - Instituto Politécnico Nacional.
- Franco-Moreno, R.A. 2011. Morfología y desempeño del aparato mandibular de seis especies de peces ictiófagos demersales, asociados a fondos blandos de la plataforma continental de Nayarit-Sinaloa. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas - Instituto Politécnico Nacional.
- Friedman, H.H., J.E. Whitney & A.S. Szczeszniak. 1963. The Texturometer-A new instrument for objective texture measurement. *Journal of Food Science* 28: 390–396.
- Froese, R. & D. Pauly. 2017. Search FishBase. www.fishbase.org, version (06/2017).
- Gaffney, E.S. 1979. Comparative cranial morphology of recent and fossil turtles. *Bulletin of the American Museum of Natural History* 164: 67–376.
- Guzman, A. 2008. Bite performance and feeding kinematics in Loggerhead turtles (*Caretta caretta*) within the context of longline fishery interactions. Texas A&M University.
- Guzmán Vizcarra, E. & Evangelina. 1995. Distribución y abundancia de la fase bentónica de la langostilla *Pleuroncodes planipes* (Stimpson, 1860) en la costa

occidental de Baja California. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas - Instituto Politécnico Nacional.

Haldane, J.B.S. 1955. The measurement of variation. *Evolution* 9: 484.

Hammer, Ø. & D.A.T. Harper. 2006. Paleontological data analysis. Blackwell Pub.

Hammer, Ø., D.A.T. Harper & P.D. Ryan. 2001. PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. 9.

Hatase, H., K. Sato, M. Yamaguchi, K. Takahashi & K. Tsukamoto. 2006. Individual variation in feeding habitat use by adult female green sea turtles (*Chelonia mydas*): are they obligately neritic herbivores? *Oecologia* 149: 52–64.

Herrel, A. & P. Aerts. 2003. Biomechanical studies of food and diet selection. *Nature Encyclopedia of Life Sciences* 1–8.

Herrel, A. & J.C. O'reilly. 2006. Ontogenetic scaling of bite force in lizards and turtles. *Physiological and biochemical zoology : PBZ* 79: 31–42.

Herrel, A., J.C.O. O'Reilly & A.M. Richmond. 2002. Evolution of bite performance in turtles. *Journal of Evolutionary Biology* 15: 1083–1094.

Herrel, A., A. De Smet, L.F. Aguirre & P. Aerts. 2008. Morphological and mechanical determinants of bite force in bats: do muscles matter? *Journal of Experimental Biology* 211: 86–91.

Hilbert, S.C., C.S. Gardner, R. Riosmena-Rodriguez & W.J. Nichols. 2005. Diet composition of east pacific green turtles (*Chelonia mydas*) in Bahía Magdalena, Baja California Sur, México. In M. S. Coyne & R. D. Clark [eds.], Proceedings of the Twenty-first Annual Symposium on Sea Turtle Biology and Conservation, 364–364. NOAA Technical Memorandum NMFS-SEFSC-528.

Hinton, S. 1987. Seashore life of southern California : an introduction to the animal life of California beaches south of Santa Barbara. University of California Press, United States of America.

- Hochscheid, S., F. Maffucci, F. Bentivegna & R.P. Wilson. 2005. Gulps, wheezes, and sniffs: how measurement of beak movement in sea turtles can elucidate their behaviour and ecology. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 316: 45–53.
- Houghton, J.D.R., A. Cedras, A.E. Myers, N. Liebsch, J.D. Metcalfe, J.A. Mortimer & G.C. Hays. 2008. Measuring the state of consciousness in a free-living diving sea turtle. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 356: 115–120.
- Huber, D.R., M.N. Dean & A.P. Summers. 2008. Hard prey, soft jaws and the ontogeny of feeding mechanics in the spotted ratfish *Hydrolagus coliei*. *Journal of The Royal Society Interface* 5: 941–953.
- Huber, D.R., T.G. Eason, R.E. Hueter & P.J. Motta. 2005. Analysis of the bite force and mechanical design of the feeding mechanism of the durophagous horn shark *Heterodontus francisci*. *Journal of Experimental Biology* 208: 3553–3571.
- Jones, M.E.H., I. Werneburg, N. Curtis, R. Penrose, P. O’Higgins, M.J. Fagan & S.E. Evans. 2012. The Head and Neck Anatomy of Sea Turtles (Cryptodira: Chelonioidea) and Skull Shape in Testudines. *PLoS ONE* 7: 352–354.
- Jones, T. & J. Seminoff. 2013. Feeding Biology: Advances from Field-Based Observations, Physiological Studies, and Molecular Techniques. In J. Wyneken, J. L. Kenneth & J. A. Musick [eds.], *The Biology of Sea Turtles*, Volumen III, 211–248. CRC Press.
- Kaliontzopoulou, A., D.C. Adams, A. van der Meijden, A. Perera & M.A. Carretero. 2012. Relationships between head morphology, bite performance and ecology in two species of *Podarcis* wall lizards. *Evolutionary Ecology* 26: 825–845.
- Kendall, D.G. 1977. The diffusion of shape. *Source: Advances in Applied Probability* 9: 428–430.
- Kerstitch, A.N. & H. Bertsch. 2007. *Sea of Cortez marine invertebrates : a guide for the Pacific coast, México to Perú*. 2nd ed. Sea Challengers, Monterey Calif.

- Kesteven, H.L. 1910. The anatomy of the head of the green turtle *Chelone Midas* , Latr. Royal Society of New South Wales, North Sydney.
- Klaczko, J., E. Sherratt & E.Z.F. Setz. 2016. Are Diet Preferences Associated to Skulls Shape Diversification in Xenodontine Snakes? A. R. Evans [ed.],. *PLOS ONE* 11: e0148375.
- Klingenberg, C.P. 2011. MorphoJ: an integrated software package for geometric morphometrics. *Molecular Ecology Resources* 11: 353–357.
- Klingenberg, C.P. 2013. Visualizations in geometric morphometrics: How to read and how to make graphs showing shape changes. *Hystrix* 24: 15–24.
- Klingenberg, C.P. & W. Ekau. 1996. A combined morphometric and phylogenetic analysis of an ecomorphological trend: pelagization in Antarctic fishes (Perciformes: Nototheniidae). *Biological Journal of the Linnean Society* 59: 143–177.
- Klingenberg, C.P. & L.R. Monteiro. 2005. Distances and directions in multidimensional shape spaces: implications for morphometric applications. *Systematic Biology* 54: 678–688.
- Koehl, M.A.R. 1996. When does morphology matter? *Annual Review of Ecology and Systematics* 27: 501–542.
- Kramer, D. 2001. Foraging Behavior. In C. W. Fox, D. A. Roff & D. J. Fairbairn [eds.], *Evolutionary Ecology Concepts and Case Studies*, 232–238. Oxford University Press, New York, USA.
- Lara-Uc, M.M. & R. Riosmena-Rodriguez. 2015. *Chelonia mydas agassizii* (East Pacific green turtle) diet. *Herpetological Review* 46: 617.
- Lautenschlager, S., F. Witzmann & I. Werneburg. 2016. Palate anatomy and morphofunctional aspects of interpterygoid vacuities in temnospondyl cranial evolution. *Science of Nature* 103: .

- Legendre, P. & L. Legendre. 2012. Numerical ecology. Elsevier, Great Britain.
- Lemell, P., C.J. Beisser & J. Weisgram. 2000. Morphology and function of the feeding apparatus of *Pelusios castaneus* (Chelonia; Pleurodira). *Journal of Morphology* 244: 127–135.
- Lewison, R., B. Wallace, J. Alfaro-Shigueto, J. Mangel, S. Maxwell & E. Hazen. 2013. Fisheries Bycatch of Marine Turtles. In M. Jeanette, Wyneken Kenneth J., Lohmann John A. [ed.], The biology of sea turtles, 329–352. CRC Press.
- Lleonart, J., J. Salat & G.J. Torres. 2000. Removing allometric effects of body size in morphological analysis. *Journal of Theoretical Biology* 205: 85–93.
- López-Martínez, J., F. García-Domínguez, E. Alcántara-Razo & E.A. Chávez. 1999. Periodo reproductivo y talla de madurez masiva del camarón de roca *Sicyonia penicillata* (Decapoda: Sicyoniidae) en Bahía Kino, Sonora, México. *Revista de Biología Tropical* 47: 109–117.
- López-Mendilaharsu, M., S.C. Gardner, J.A. Seminoff & R. Riosmena-Rodriguez. 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.
- Lucas, P. (Peter W.). 2004. Dental functional morphology : how teeth work. Cambridge University Press.
- Lynch, J.M. & T.J. Hayden. 1995. Genetic influences on cranial form: variation among ranch and feral American mink *Mustela vison* (Mammalia: Mustelidae). *Biological Journal of the Linnean Society* 55: 293–307.
- MacArthur, R.H. & E.R. Pianka. 1966. On optimal use of a patchy environment. *The American Naturalist* 100: 603–609.
- Mansfield, K.L. & N. Putman. 2013. Oceanic Habits and Habitats. In J. Wyneken, K. J. Lohmann & J. A. Musick [eds.], The Biology of Sea Turtles, Volume III, 189–210. CRC Press.

- Manton, M., A. Karr & D.W. Ehrenfeld. 1972. Chemoreception in the migratory sea turtle, *Chelonia mydas*. *The Biological Bulletin* 143: 184–195.
- Marshall, C.D., A. Guzman, T. Narazaki, K. Sato, E. a. Kane & B.D. Sterba-Boatwright. 2012. The ontogenetic scaling of bite force and head size in loggerhead sea turtles (*Caretta caretta*): implications for durophagy in neritic, benthic habitats. *Journal of Experimental Biology* 215: 4166–4174.
- Marshall, C.D., J. Wang, A. Rocha-Olivares, C. Godinez-Reyes, S. Fisler, T. Narazaki, K. Sato & B.D. Sterba-Boatwright. 2014. Scaling of bite performance with head and carapace morphometrics in green turtles (*Chelonia mydas*). *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 451: 91–97.
- Matsumoto, R. & S.E. Evans. 2017. The palatal dentition of tetrapods and its functional significance. *Journal of Anatomy* 230: 47–65.
- McClellan, C.M., J. Braun-Mcneill, L. Avens, B.P. Wallace & A.J. Read. 2010. Stable isotopes confirm a foraging dichotomy in juvenile loggerhead sea turtles. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 387: 44–51.
- McClellan, C.M. & A.J. Read. 2007. Complexity and variation in loggerhead sea turtle life history. *Biology letters* 3: 592–4.
- Morris, R.H., D.P. Abbott & E.C. Haderlie. 1980. Intertidal invertebrates of California. Stanford University Press.
- Nagaoka, S.M., A.S. Martins, R.G. dos Santos, M.M.P. Tognella, E.C. de Oliveira Filho & J.A. Seminoff. 2012. Diet of juvenile green turtles (*Chelonia mydas*) associating with artisanal fishing traps in a subtropical estuary in Brazil. *Marine Biology* 159: 573–581.
- Narazaki, T., K. Sato, K.J. Abernathy, G.J. Marshall & N. Miyazaki. 2013. Loggerhead Turtles (*Caretta caretta*) use vision to forage on gelatinous prey in mid-water. *PLoS ONE* 8: .
- Nichols, W.J., A. Reséndiz & C. Mayoral-Rossueau. 2000. Biology and Conservation

- of Loggerhead Turtles (*Caretta caretta*) in Baja California, Mexico. *In* H. Kalb & T. Wibbels [eds.], Proceedings of the 19th Annual Symposium on Sea Turtle Biology and Conservation., 169–171. NOAA Technical Memorandum NMFS-SEFSC-443, South Padre Island, Texas, U.S.A.
- Nishizawa, H., M. Asahara, N. Kamezaki & N. Arai. 2010. Differences in the skull morphology between juvenile and adult green turtles: Implications for the ontogenetic diet shift. *Current Herpetology* 29: 97–101.
- Norris, J.N. 2014. Marine algae of the northern Gulf of California II: Rhodophyta. Smithsonian Institution Scholarly Press, Washington D.C.
- Norris, J.N. 2010. of Marine Algae of the Middle Gulf Missouri Plains Northern of California: Village Sites Chlorophyta and Phaeophyceae. Smithsonian Institution Scholarly Press, Washington D.C.
- Oksanen, J., F.G. Blanchet, M. Friendly, R. Kindt, P. Legendre, D. Mcglinn, P.R. Minchin, R.B. O'hara, G.L. Simpson, P. Solymos, M. Henry, H. Stevens, E. Szoecs, H. Wagner & M.J. Oksanen. 2017. vegan: Community Ecology Package.
- Okuyama, J., Y. Kawabata, Y. Naito, N. Arai & M. Kobayashi. 2010. Monitoring beak movements with an acceleration datalogger: A useful technique for assessing the feeding and breathing behaviors of sea turtles. *Endangered Species Research* 10: 39–45.
- Parker, D., G.H. Balazs & D.M. Parker. 2005. Diet of oceanic loggerhead sea turtles (*Caretta caretta*) in the Central North Pacific. 142–152.
- Parker, D.M., P.H. Dutton & G.H. Balazs. 2011. Oceanic diet and distribution of haplotypes for the Green Turtle, *Chelonia mydas*, in the Central North Pacific. *Pacific Science* 65: 419–431.
- Parr, C.S., N. Wilson, P. Leary, K. Schulz, K. Lans, L. Walley, J. Hammock, A. Goddard, J. Rice, M. Studer, J. Holmes & R. Corrigan, Jr. 2014. The Encyclopedia of Life v2: Providing Global Access to Knowledge About Life on Earth. *Biodiversity Data*

Journal 2: e1079.

- Peckham, S.H., D. Maldonado-Diaz, Y. Tremblay, R. Ochoa, J. Polovina, G. Balazs, P.H. Dutton & W.J. Nichols. 2011. Demographic implications of alternative foraging strategies in juvenile loggerhead turtles *Caretta caretta* of the North Pacific Ocean. *Marine Ecology Progress Series* 425: 269–280.
- Pfaller, J.B., P.M. Gignac & G.M. Erickson. 2011. Ontogenetic changes in jaw-muscle architecture facilitate durophagy in the turtle *Sternotherus minor*. *Journal of Experimental Biology* 214: 1655–1667.
- Pfaller, J.B., N.D. Herrera, P.M. Gignac & G.M. Erickson. 2010. Ontogenetic scaling of cranial morphology and bite-force generation in the loggerhead musk turtle. *Journal of Zoology* 280: 280–289.
- Pierce, S.E., K.D. Angielczyk & E.J. Rayfield. 2008. Patterns of morphospace occupation and mechanical performance in extant crocodylian skulls: A combined geometric morphometric and finite element modeling approach. *Journal of Morphology* 269: 840–864.
- Preen, A.R. 1996. Infaunal mining: A novel foraging method of Loggerhead turtles. *Journal of Herpetology* 30: 94.
- Pritchard, P.C.H. 1979. Encyclopedia of turtles. T.F.H.
- R Core Team. 2017. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing.
- Reséndiz, E., A.S. Merino-Zavala, Y. Hernández-Gil, J.A. Vega-Bravo, M.M. Lara-Uc & J.M. López-Calderón. 2017. *Chelonia mydas* (Eastern Pacific Green Sea Turtle). Diet. *Herpetological Review* 48: 172–173.
- Reséndiz, E., R. Riosmena & R. Marcín-Medina. 2016. *Chelonia mydas* (Eastern Pacific Green Sea Turtle). *Natural History Notes* 47: 282–283.
- Rhodin, A.G.J., J.B. Iverson, R. Bour, U. Fritz, A. Georges, H.B. Shaffer & P.P. Van

- Dijk. 2017. Turtles of the World: Annotated checklist and atlas of taxonomy, synonymy, distribution, and conservation status (8th Ed.).
- Riosmena-Rodriguez, R. & M.M. Lara-Uc. 2015. *Caretta caretta* – loggerhead Sea Turtle. *Herpetological Review* 616–617.
- Riosmena-Rodriguez, R., A.L. Talavera-Saenz, G. Hinojosa-Arango, M.M. Lara-Uc & S.C. Gardner. 2011. The foraging ecology of the Green Turtle in the Baja California Peninsula: Health Issues. *Health Management - Different Approaches and Solutions* .477–498.
- 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. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas.
- Rohlf, F.J. 1993. Relative warps analysis and an example of its application to mosquito wings. *Contributions to morphometrics* 131–159.
- Rohlf, F.J. & D. Slice. 1990. Extensions of the Procrustes Method for the optimal superimposition of landmarks. *Systematic Zoology* 39: 40.
- Russell, D.F. & G.H. Balazs. 2009. Dietary shifts by green turtles (*Chelonia mydas*) in the Kane’ohe Bay Region of the Hawaiian Islands: A 28-Year Study. *Pacific Science* 63: 181–192.
- Russell, D.J. & G.H. Balazs. 2000. Identification manual for dietary vegetation of the Hawaiian green turtle *Chelonia mydas* . Honolulu, Hawaii.
- Russell, D.J., G.H. Balazs, R.C. Phillips & A.K.H. Kam. 2003. Discovery of the sea grass *Halophila decipiens* (Hydrocharitaceae) in the diet of the Hawaiian green turtle, *Chelonia mydas*. *Pacific Science* 393–397.
- Schofield, G., K. Katselidis, P. Dimopoulos, J.D. Pantis & G. Hays. 2007. Behaviour analysis of the loggerhead sea turtle *Caretta caretta* from direct in-water observation. *Endangered Species Research* 2: 71–79.

- Schwenk, K. 2000. Form, function, and evolution in tetrapods vertebrates. K. Schwenk [ed.], Academic Press, United States of America.
- Seminoff, J.A., W.J. Nichols & A. Resendiz. 1998. Diet composition of the black sea turtle, *Chelonia mydas agassizii*, in the central Gulf of California. In S. P. Epperly & J. Braun [eds.], Proceedings of the Seventeenth Annual Sea Turtle Symposium, 89–91. U.S. Department of Commerce NOAA Technical Memorandum NMFSSEFC-415.
- Seminoff, J.A., A. Reséndiz-Hidalgo, B. Jiménez de Reséndiz, W.J. Nichols & T. Todd-Jones. 2008. Tortugas marinas. In G. D. Danemann & E. Ezcurra [eds.], Bahía de los Ángeles: recursos naturales y comunidad: línea base 2007, 457–494. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, México.
- Seminoff, J.A., A. Resendiz & W.J. Nichols. 2002a. Diet of east Pacific Green Turtle (*Chelonia mydas*) in the Central Gulf of California, México. *Journal of Herpetology* 36: 447–453.
- Seminoff, J., A. Resendiz & W. Nichols. 2002b. 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.
- Stayton, C.T. 2011. Terrestrial feeding in aquatic turtles: environment-dependent feeding behavior modulation and the evolution of terrestrial feeding in Emydidae. *Journal of Experimental Biology* 214: 4083–4091.
- Szczesniak, A.S., M.A. Brandt & H.H. Friedman. 1963. Development of standard rating scales for mechanical parameters of texture and correlation between the objective and the sensory methods of texture evaluation. *Journal of Food Science* 28: 397–403.
- Thomson, J.A., M.R. Heithaus, D.A. Burkholder, J.J. Vaudo, A.J. Wirsing & L.M. Dill. 2012. Site specialists, diet generalists? Isotopic variation, site fidelity, and foraging by loggerhead turtles in Shark Bay, Western Australia. *Marine Ecology Progress Series* 453: 213–226.

- Thomson, J.A., M.R. Heithaus & L.M. Dill. 2011. Informing the interpretation of dive profiles using animal-borne video: A marine turtle case study. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 410: 12–20.
- Thorpe, R.S. 1975. Quantitative handling of characters useful in snake systematics with particular reference to intraspecific variation in the Ringed Snake *Natrix natrix* (L.). *Biological Journal of the Linnean Society* 7: 27–43.
- Timm-Davis, L.L., T.J. DeWitt & C.D. Marshall. 2015. Divergent skull morphology supports two trophic specializations in otters (lutrinae). *PLoS ONE* 10: 1–18.
- Van-Damme, J. & P. Aerts. 1997. Kinematics and functional morphology of aquatic feeding in Australian snake-necked turtles (Pleurodira; Chelodina). *Journal of Morphology* 233: 113–125.
- Vélez-Rubio, G.M., L. Cardona, M. López-Mendilaharsu, G. Martínez Souza, A. Carranza, D. González-Paredes & J. Tomás. 2016. Ontogenetic dietary changes of green turtles (*Chelonia mydas*) in the temperate southwestern Atlantic. *Marine Biology* 163: 57.
- Verwaijen, D., R. Van Damme & A. Herrel. 2002. Relationships between head size, bite force, prey handling efficiency and diet in two sympatric lacertid lizards. *Functional Ecology* 16: 842–850.
- Villanueva-Flores, D. 1991. La tortuga perica *Caretta caretta* gigas (Deraniyagala, 1939) en la Costa del Pacífico de Baja California Sur, México. Universidad Autónoma de Baja California Sur.
- Villegas, N.F.E. 2009. Principios sobre la fisiología alimenticia de la tortuga verde *Chelonia mydas*. Universidad Autónoma de Baja California Sur.
- Vizcaíno, S.F., S. Bargo, G.H. Cassini & N. Toledo. 2016. Forma y función en paleobiología de vertebrados. Editorial de la Universidad Nacional de La Plata (EduLP), Argentina.
- Walker, J.W. 1959. Closure of the nostrils in the Atlantic loggerhead and other sea

- turtles. *Copeia* 1959: 257–259.
- Walters, K. 2001. *An Introduction to Rheology*. Elsevier Science Publishers.
- Werneburg, I. 2012. Temporal Bone Arrangements in Turtles: An Overview. *Journal of Experimental Zoology Part B: Molecular and Developmental Evolution* 318: 235–249.
- Werneburg, I. 2011. The cranial musculature of turtles. *Palaeontol. Electron.* 14: 15A: 99 pp.
- Wiersma, J.H. 2001. Maximum estimated bite force, skull morphology, and primary prey size in North American carnivores. Laurentian University.
- Wyneken, J. 2001. *The anatomy of sea turtles*. Miami, Florida, USA.
- Wyneken, J. 2002. The external morphology, musculoskeletal system, and neuro anatomy of Sea Turtles. *In* J. W. Lutz Peter L. , John A. Musick [ed.], *The Biology of Sea Turtles*, Volumen 2, 455. CRC Press, EUA.
- Wyneken, J. 2013. The skeleton an in vivo view of structure. *In* J. Wyneken, K. J. Lohmann & J. A. Musick [eds.], *The biology of sea turtles*. Volume III, 79–95. CRC.
- Zar, J.H. 2010. *Biostatistical analysis*. 5th ed. Prentice-Hall/Pearson, Upper Saddle River, N.J.
- Zelditch, M., D. Swiderski, H. Sheets & W. Fink. 2004. *Geometric morphometrics for Biologists: A Primer*. 1st ed. Academic Press, New York, USA.
- Zelditch, M.L., D.L. Swiderski, H.D. Sheets & W.L. Fink. 2012. *Geometric morphometrics for biologists : A primer*. 2nd ed. Academic Press, United States of America.

11 ANEXOS

11.1 Anexo 1. Listado de ítems alimentarios de *Caretta caretta* registrados en estudios realizados en el Pacífico norte y Pacífico mexicano.

Tabla VII. Frecuencia global por ítem alimentario de *Caretta caretta*. 1) Villanueva Flores, 1991 (n = 19); 2) Nichols *et al.*, 2000 (n = 4); 3) Parker *et al.*, 2005 (n = 52); 4) Peckham *et al.*, 2011 (n = 89); 5) Riosmena-Rodriguez & Lara-Uc, 2015 (n = 25). P/A: presencia – ausencia. f_o = Frecuencia de registro por publicación; N = Total de estómagos y lavados esofágicos analizados en las publicaciones consultadas ($N = 164$ para esta especie); $FG =$ Frecuencia global por ítem alimentario ($\sum \frac{f_o}{N}$).

Grupo	Ítem	Frecuencia ponderada ($\frac{f_o}{N}$) por publicación					FG ($\sum \frac{f_o}{N}$)
		1	2	3	4	5 ¹	
Cnidarios	Medusas			0.0428			0.0428
Cnidarios	<i>Veleva veleva</i>			0.0793			0.0793
	Anfípodos						
Crustáceos	(Gammaridea e Hyperiidia)			0.1465			0.1465
Crustáceos	Crustáceos			0.0184			0.0184
Crustáceos	Eufásidos			0.0060			0.0060
Crustáceos	<i>Hemisquilla ensigera</i>				0.0271		0.0271
Crustáceos	Isópodos			0.0120			0.0120
	<i>Lepas</i> spp. (incluyen						
Crustáceos	<i>L. anserifera</i> y <i>L. anatifera anatifera</i>)			0.1646			0.1646
Crustáceos	Misidáceos			0.0120			0.0120
Crustáceos	<i>Planes</i> spp.			0.1769			0.1769

Grupo	Ítem	Frecuencia ponderada ($\frac{f_o}{N}$) por publicación					FG ($\sum \frac{f_o}{N}$)
		1	2	3	4	5 ¹	
Crustáceos	<i>Platymera gaudichaudii</i>				0.0326		0.0326
Crustáceos	<i>Pleuroncodes planipes</i>	0.1098	0.0244		0.0760		0.2101
Crustáceos	<i>Squilla tiburonensis</i>	0.0061					0.0061
Macroalgas	<i>Cystoseira</i> sp.			0.0060			0.0060
Moluscos	<i>Creseis</i> sp.			0.0060			0.0060
Moluscos	<i>Cavolinia globulosa</i>			0.0365			0.0365
Moluscos	Pterópodos			0.0428			0.0428
	Cefalópodos						
Moluscos	(calamares, pulpos, paralarvas y especies no id.)			0.0672			0.0672
Moluscos	<i>Carinaria cithara</i>			0.1585			0.1585
	<i>Janthina</i> spp.						
Moluscos	(incluyen <i>J. janthina</i> y <i>J. prolongata</i>)			0.2346			0.2346
Moluscos	<i>Loligo</i> sp.					P/A	P/A
Moluscos	<i>Octopus hubbsorum</i>					P/A	P/A
Peces	<i>Diplectrum</i> spp.				0.1248		0.1248
Peces	<i>Electrona</i> sp.			0.0060			0.0060
Peces	<i>Hirundichthys speculiger</i> (huevos y otras spp.)			0.0793			0.0793
Peces	Peces			0.0244			0.0244

Grupo	Ítem	Frecuencia ponderada ($\frac{f_o}{N}$) por publicación					FG ($\sum \frac{f_o}{N}$)
		1	2	3	4	5 ¹	
	(familias Clupeidae, Stenorptychidae y otras)						
Peces	<i>Prionotus</i> spp.				0.1628		0.1628
Peces	<i>Synodus</i> spp.				0.0597		0.0597
Poliquetos	Poliquetos (familia Alciopidae)			0.0184			0.0184
Tunicados y Salpas	<i>Pyrosoma</i> spp.			0.0666			0.0666
Tunicados y Salpas	Salpas			0.0428			0.0428

¹Registro en volumen

11.2 Anexo 2. Listado de ítems alimentarios de *Chelonia mydas* registrados en estudios realizados en el Pacífico Norte y Pacífico mexicano.

Tabla VIII. Frecuencia global por ítem alimentario de *Chelonia mydas*. P/A: presencia – ausencia. Estudios consultados: 1) Felger & Moser, 1973; 2) Balazs, 1979; 3) Casas-Andreu & Gómez-Aguirre, 1980 (n = 9); 4) Seminoff *et al.*, 1998 (n = 31); 5) Balazs *et al.*, 2003; 6) Seminoff *et al.*, 2002a (n = 108)¹; 7) Russell *et al.*, 2003; 8) López-Mendilaharsu *et al.*, 2005 (n = 24); 9) Hilbert *et al.*, 2005²; 10) Lara-Uc & Riosmena-Rodriguez, 2015 (n = 17)³; 11) Arthur & Balazs, 2008 (n = 191); 12) Russell & Balazs, 2009⁴; 13) Rodríguez-Barón, 2010 (n = 73); 14) Riosmena-Rodriguez *et al.*, 2011 (n = 5); 15) Parker *et al.*, 2011 (n = 10); 16) Reséndiz *et al.*, 2016 y 17) Reséndiz *et al.*, 2017. Las claves de los grupos: Asc: Ascidiar; Bri: Briozoarios; Cia: Cianobacterias; Cni: Cnidarios; Cru: Crustáceos; Cte: Tenóforos; Equ: Equinodermos; Esp: Esponjas; Gna: Gnatostomúlidos; Inv: Invertebrados; Ma: Macroalgas; Man: Mangles; Mol: Moluscos; Pm: Pastos marinos; Pe: Peces; Pol: Poliquetos y Tun: Tunicados y salpas. f_o = Frecuencia de registro por publicación; N = Total de estómagos y lavados esofágicos analizados en las publicaciones consultadas ($N = 415$ para esta especie); $FG =$ Frecuencia global por ítem alimentario ($\sum \frac{f_o}{N}$).

Grupo	Ítem	Frecuencia ponderada ($\frac{f_o}{N}$) por publicación																	FG ($\sum \frac{f_o}{N}$)	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17		
1	Asc						0.002													0.002
2	Bri			0.002																0.002
3	Bri						P/A													-
4	Cia										0.099	P/A								0.099
5	Cia										0.004									0.004
6	Cia										0.008									0.008
7	Cia												P/A							-
8	Cia										0.002									0.002
9	Cia												P/A							-
10	Cni													0.043						0.043
11	Cni										0.020									0.020
12	Cni						0.006													0.006
13	Cni										0.014					0.010				0.025
14	Cni			0.002																0.002
15	Cni						P/A													-

Grupo	Ítem	Frecuencia ponderada ($\frac{f_o}{N}$) por publicación																	FG ($\sum \frac{f_o}{N}$)
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
16	Cni	<i>Muricea</i> sp.					0.004												0.004
17	Cni	<i>Physalia</i>		P/A															-
18	Cni	<i>Ptilosarcus undulatus</i>					0.017												0.017
19	Cni	<i>Stomolophus meleagris</i>																0.035	0.035
20	Cni	<i>Veella</i>		P/A															-
21	Cru	Anfípodos			0.004														0.004
22	Cru	<i>Callianassa</i> sp.			0.002														0.002
23	Cru	<i>Callinectes</i> sp.			0.004														0.004
24	Cru	Copépodos													0.002				0.002
25	Cru	<i>Corycaeus</i> spp			0.002														0.002
26	Cru	Crustáceos (no id.)									0.018								0.018
27	Cru	Decápodos													0.004				0.004
28	Cru	Estomatópodos			0.002														0.002
29	Cru	<i>Labidocera</i> sp.			0.002														0.002
30	Cru	<i>Lepas</i> spp. (incluidas <i>L. anatifera</i> anatifera y <i>L. anserifera</i>)													0.014				0.014
31	Cru	<i>Natantia</i> sp.					0.006												0.006
32	Cru	<i>Oxycephalus</i> , <i>Lycaea</i> , <i>Vibilia</i>													0.012				0.012
33	Cru	<i>Pleuroncodes planipes</i>								0.002									0.002
34	Cru	<i>Sapphirina</i> sp			0.002														0.002
35	Cru	<i>Squilla</i> sp.			0.002														0.002
36	Cte	Ctenophora													0.002				0.002
37	Equ	<i>Clypeaster testudinarus</i>					P/A												-
38	Equ	<i>Mesocentrotus franciscanus</i>															0.048		0.048
39	Esp	<i>Acanus erithacus</i>					0.002												0.002
40	Esp	<i>Craniella</i> sp.												0.004					0.004
41	Esp	<i>Haliclona</i> sp.					0.004												0.004
42	Esp	<i>Halisarca</i> sp.					P/A												-
43	Esp	<i>Hymeniacion rugosa</i>					0.002												0.002

Grupo	Ítem	Frecuencia ponderada ($\frac{f_o}{N}$) por publicación																	FG ($\sum \frac{f_o}{N}$)	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17		
44	Esp	<i>Hymeniacion sinapium</i>					P/A													-
45	Esp	Poríferos						0.004			0.008									0.012
46	Esp	<i>Suberites aurantiacus</i>												0.004						0.004
47	Gna	Gnatostomúlidos														0.002				0.002
48	Inv	Invertebrados							P/A											-
49	Ma	<i>Acanthophora spicifera</i>									0.194	P/A								0.194
50	Ma	<i>Acetabularia caliculus</i>												0.002						0.002
51	Ma	<i>Achrochaetium</i> sp.											P/A							-
52	Ma	<i>Actinotrichia fragilis</i>											P/A							-
53	Ma	<i>Ahnfeltia plicata</i>			0.002															0.002
54	Ma	<i>Ahnfeltiopsis concinna</i>											P/A							-
55	Ma	<i>Alsidium cymatophilum</i>											P/A							-
56	Ma	<i>Asparagopsis taxiformis</i>											P/A							-
57	Ma	<i>Avrainvillea amadelpa</i>											P/A							-
58	Ma	<i>Boodlea composita</i>											P/A							-
59	Ma	<i>Bornetella sphaerica</i>											P/A							-
60	Ma	<i>Bryopsis pennata</i>											P/A							-
61	Ma	<i>Bryopsis</i> sp.										0.002	P/A							0.002
62	Ma	<i>Caulerpa</i>		P/A																-
63	Ma	<i>Caulerpa racemosa</i>											P/A							-
64	Ma	<i>Caulerpa sertularioides</i>											P/A							-
65	Ma	<i>Centroceras clavulatum</i>										0.111	P/A							0.111
66	Ma	Ceramiaceae										0.061								0.061
67	Ma	<i>Ceramium affine</i>												0.008						0.008
68	Ma	<i>Ceramium</i> sp.											P/A							-
69	Ma	<i>Chaetomorpha antennina</i>						0.021												0.021
70	Ma	<i>Chaetomorpha californica</i>												0.014						0.014
71	Ma	<i>Chaetomorpha</i> sp.			0.002															0.002

Grupo	Ítem	Frecuencia ponderada ($\frac{f_o}{N}$) por publicación																	FG ($\sum \frac{f_o}{N}$)
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
72	Ma	<i>Champia parvula</i>											P/A						-
73	Ma	<i>Chondracanthus canaliculatus</i>						0.002											0.002
74	Ma	<i>Chondria nidifica</i>												P/A					-
75	Ma	<i>Chondria sp.</i>				0.039					0.012	P/A							0.052
76	Ma	<i>Chondria tenuissima</i>										P/A							-
77	Ma	<i>Chondrococcus hornemanni</i>										P/A							-
78	Ma	<i>Chondrus sp.</i>		0.002		P/A													0.002
79	Ma	<i>Cladophora fascicularis</i>										P/A							-
80	Ma	<i>Cladophora microcladioides</i>									-		0.023						0.023
81	Ma	<i>Cladophora sericea</i>										P/A							-
82	Ma	<i>Cladophora sp.</i>									0.249	P/A							0.249
83	Ma	<i>Cladophoropsis membranacea</i>										P/A							-
84	Ma	<i>Cladophoropsis sp.</i>										P/A							-
85	Ma	<i>Codium amplivesiculatum</i>						0.012						0.029					0.041
86	Ma	<i>Codium arabicum</i>										P/A							-
87	Ma	<i>Codium edule</i>										P/A							-
88	Ma	<i>Codium phasmaticum</i>										P/A							-
89	Ma	<i>Codium reediae</i>										P/A							-
90	Ma	<i>Codium simulans</i>							0.008										0.008
91	Ma	<i>Codium sp.</i>	P/A			0.027				P/A	0.052	P/A							0.079
92	Ma	<i>Colpomenia tuberculata</i>												0.006					0.006
93	Ma	<i>Dasya sp.</i>										P/A							-
94	Ma	<i>Delesseria sp.</i>												0.006					0.006
95	Ma	<i>Dictyopteris plagiogramma</i>										P/A							-
96	Ma	<i>Dictyopteris sp.</i>										P/A							-
97	Ma	<i>Dictyosphaeria cavernosa</i>									0.099	P/A							0.099
98	Ma	<i>Dictyosphaeria versluisii</i>										P/A							-
99	Ma	<i>Dictyota acutiloba</i>										P/A							-

Grupo	Ítem	Frecuencia ponderada ($\frac{f_o}{N}$) por publicación																	FG ($\sum \frac{f_o}{N}$)		
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17			
100	Ma	<i>Dictyota coriacea</i>												0.002							0.002
101	Ma	<i>Dictyota crenulata</i>											P/A								-
102	Ma	<i>Dictyota divaricata</i>											P/A								-
103	Ma	<i>Dictyota flabellata</i>						0.002													0.002
104	Ma	<i>Dictyota friabilis</i>											P/A								-
105	Ma	<i>Dictyota sp.</i>											0.087	P/A							0.087
106	Ma	<i>Ectocarpus sp.</i>											P/A								-
107	Ma	<i>Endarachne binghamiae</i>											P/A								-
108	Ma	<i>Eucheuma denticulatum</i>											P/A								-
109	Ma	<i>Eucheuma uncinatum</i>						0.002													0.002
110	Ma	<i>Galaxaura fasciculata</i>											P/A								-
111	Ma	<i>Galaxaura sp.</i>											P/A								-
112	Ma	<i>Gelidiella acerosa</i>											P/A								-
113	Ma	<i>Gelidiella sp.</i>												0.018							0.018
114	Ma	<i>Gelidiopsis variabilis</i>											P/A								-
115	Ma	<i>Gelidium crinale</i>											P/A								-
116	Ma	<i>Gelidium johnstonii</i>						0.008													0.008
117	Ma	<i>Gelidium pusillum</i>											P/A								-
118	Ma	<i>Gelidium robustum</i>											0.006	P/A							0.006
119	Ma	<i>Gelidium sp.</i>			0.002			0.008					0.002	P/A							0.012
120	Ma	<i>Gigartina sp.</i>						0.012													0.012
121	Ma	<i>Gracilaria bursa-pastoris</i>											P/A								-
122	Ma	<i>Gracilaria coronopifolia</i>											P/A								-
123	Ma	<i>Gracilaria crispata</i>															P/A				-
124	Ma	<i>Gracilaria salicornia</i>											P/A								-
125	Ma	<i>Gracilaria sp.</i>											0.127	P/A							0.127
126	Ma	<i>Gracilaria spiginera</i>						0.050													0.050
127	Ma	<i>Gracilaria textorii</i>											0.006						0.056		0.062

Grupo	Ítem	Frecuencia ponderada ($\frac{f_o}{N}$) por publicación																	FG ($\sum \frac{f_o}{N}$)	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17		
128	Ma	<i>Gracilaria tikvahiae</i>											P/A							-
129	Ma	<i>Gracilaria vermiculophylla</i>												0.056						0.056
130	Ma	<i>Gracilaria, Gracilariopsis e Hypnea</i>							0.019	P/A										0.019
131	Ma	Gracilariaceae						0.209												0.209
132	Ma	<i>Gracilariopsis andersonii</i>													P/A					-
133	Ma	<i>Grateloupia</i> sp.											P/A							-
134	Ma	<i>Griffithsia</i> sp.											P/A							-
135	Ma	<i>Halimeda discoidea</i>											P/A							-
136	Ma	<i>Halimeda opuntia</i>										0.049								0.049
137	Ma	<i>Halimeda</i> sp.			0.002									P/A						0.002
138	Ma	<i>Halymenia formosa</i>												P/A						-
139	Ma	<i>Halymenia refugiensis</i>							0.006											0.006
140	Ma	<i>Halymenia</i> sp.												0.002						0.002
141	Ma	<i>Helminthocladia</i>			0.002															0.002
142	Ma	<i>Hinckesia indica</i>											P/A							-
143	Ma	<i>Hypnea johnstonii</i>												0.035						0.035
144	Ma	<i>Hypnea musciformis</i>												P/A						-
145	Ma	<i>Hypnea nidifica</i>												P/A						-
146	Ma	<i>Hypnea pannosa</i>												P/A						-
147	Ma	<i>Hypnea</i> sp.			0.002							0.287	P/A							0.289
148	Ma	<i>Hypnea spinella</i>												P/A						-
149	Ma	<i>Ishige sinicola</i>							0.004											0.004
150	Ma	<i>Jania capillacea</i>												P/A						-
151	Ma	<i>Jania crassa</i>													0.002					0.002
152	Ma	<i>Kappaphycus alvarezii</i>													P/A					-
153	Ma	<i>Kappaphycus striatus</i>													P/A					-
154	Ma	<i>Laurencia cartilaginea</i>													P/A					-
155	Ma	<i>Laurencia johnstonii</i>							0.041											0.041

Grupo	Ítem	Frecuencia ponderada ($\frac{f_o}{N}$) por publicación																	FG ($\sum \frac{f_o}{N}$)	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17		
156	Ma	<i>Laurencia nidifica</i>											P/A							-
157	Ma	<i>Laurencia obtusa</i>											P/A							-
158	Ma	<i>Laurencia pacifica</i>																		-
159	Ma	<i>Laurencia pennata</i>											P/A							-
160	Ma	<i>Laurencia sp.</i>									0.178	P/A								0.178
161	Ma	<i>Leveillea jungermannioides</i>											P/A							-
162	Ma	<i>Liagora sp.</i>											P/A							-
163	Ma	<i>Lithophyllum spp.</i>						0.025												0.025
164	Ma	<i>Lobophora variegata</i>										0.014	P/A							0.014
165	Ma	<i>Martensia fragilis</i>											P/A							-
166	Ma	<i>Mazzaella flaccida</i>							0.002											0.002
167	Ma	<i>Melanamansia glomerata</i>										0.103	P/A							0.103
168	Ma	<i>Melanamansia sp.</i>					P/A													-
169	Ma	<i>Microdictyon setchellianum</i>											P/A							-
170	Ma	<i>Microdictyon sp.</i>											P/A							-
171	Ma	<i>Microdictyon umbilicatum</i>											P/A							-
172	Ma	<i>Neogarddhiella baileyi</i>													P/A					-
173	Ma	<i>Padina durvillaei</i>						0.014												0.014
174	Ma	<i>Padina japonica</i>											P/A							-
175	Ma	<i>Padina sp.</i>										0.002								0.002
176	Ma	<i>Padina thivii</i>											P/A							-
177	Ma	<i>Polysiphonia howeii</i>											P/A							-
178	Ma	<i>Polysiphonia pacifica</i>													0.023					0.023
179	Ma	<i>Polysiphonia sp.</i>										0.127	P/A							0.127
180	Ma	<i>Polysiphonia sparsa</i>											P/A							-
181	Ma	<i>Prophyra perforata</i>									P/A									-
182	Ma	<i>Pterocladia bulbosa</i>											P/A							-
183	Ma	<i>Pterocladia capillacea</i>		P/A			P/A		0.008				P/A							0.008

Grupo	Ítem	Frecuencia ponderada ($\frac{f_o}{N}$) por publicación																	FG ($\sum \frac{f_o}{N}$)	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17		
184	Ma	<i>Pterocladia</i> sp.										0.208								0.208
185	Ma	<i>Rhizoclonium grande</i>										0.002	P/A							0.002
186	Ma	<i>Rhizoclonium riparium</i>												0.002					0.002	
187	Ma	<i>Rhodymenia anastomosans</i>											P/A						-	
188	Ma	Rodofitas														0.002			0.002	
189	Ma	<i>Rosenvingea orientalis</i>											P/A						-	
190	Ma	<i>Sarcodiotheca gaudichaudii</i>														P/A			-	
191	Ma	<i>Sargassum echinocarpum</i>											P/A						-	
192	Ma	<i>Sargassum horridum</i>							0.002										0.002	
193	Ma	<i>Sargassum obtusifolium</i>											P/A						-	
194	Ma	<i>Sargassum polyphyllum</i>											P/A						-	
195	Ma	<i>Sargassum</i> sp.						0.025				0.049	P/A						0.073	
196	Ma	<i>Schizymenia epiphytica</i>							0.002										0.002	
197	Ma	<i>Siphonocladus tropicus</i>											P/A						-	
198	Ma	<i>Sphacelaria furcigera</i>											P/A						-	
199	Ma	<i>Sphacelaria</i> sp.											P/A						-	
200	Ma	<i>Sphacelaria tribuloides</i>											P/A						-	
201	Ma	<i>Sporochnus bolleanus</i>						0.004											0.004	
202	Ma	<i>Spyridia filamentosa</i>											P/A	0.006					0.006	
203	Ma	<i>Struvea anastomosans</i>											P/A						-	
204	Ma	<i>Tolypiocladia calodictyon</i>											P/A						-	
205	Ma	<i>Trichogloea subnuda</i>											P/A						-	
206	Ma	<i>Turbinaria ornata</i>										0.051	P/A			0.002			0.053	
207	Ma	<i>Ulva acanthophora</i>						0.006											0.006	
208	Ma	<i>Ulva clathrata</i>											P/A						-	
209	Ma	<i>Ulva fasciata</i>											P/A						-	
210	Ma	<i>Ulva lactuca</i>			0.006							P/A			0.014				0.021	
211	Ma	<i>Ulva reticulata</i>											P/A						-	

Grupo	Ítem	Frecuencia ponderada ($\frac{f_o}{N}$) por publicación																	FG ($\sum \frac{f_o}{N}$)	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17		
212	Ma	<i>Ulva rigida</i>											P/A							-
213	Ma	<i>Ulva</i> sp.										0.001	P/A							0.001
214	Ma	<i>Valonia aegagropila</i>											P/A							-
215	Ma	<i>Zonaria hawaiiensis</i>											P/A							-
216	Man	<i>Avicennia germinans</i>							0.004											0.004
217	Man	<i>Rhizophora mangle</i>												0.008						0.008
218	Mol	<i>Aplysia vaccaria</i>						0.004												0.004
219	Mol	<i>Carinaria</i> sp.														0.012				0.012
220	Mol	<i>Cavolinia</i> spp. (incluidas <i>C. globulosa</i> y <i>C. tridentate</i>)														0.006				0.006
221	Mol	Cefalópodos (calamares y otros)														0.002				0.002
222	Mol	<i>Columbella fuscata</i>						P/A												-
223	Mol	<i>Dentalium neohexagonum</i>						0.002												0.002
224	Mol	<i>Dosidicus gigas</i>						0.006												0.006
225	Mol	Gasterópodos			0.004			0.002				0.125								0.132
226	Mol	<i>Janthina</i> sp.		P/A												0.006				0.006
227	Mol	<i>Loligo</i> sp.										P/A								-
228	Mol	Moluscos (familia Turridae y otras)					P/A	P/A												-
229	Mol	<i>Mytella guyanensis</i>						P/A												-
230	Mol	<i>Octopus hubbsorum</i>										P/A								-
231	Mol	<i>Olivella dama</i>						P/A												-
232	Mol	<i>Ommastrephes bartramii</i>														0.002				0.002
233	Mol	Pelecípodos			0.004															0.004
234	Mol	<i>Stylocheilus</i> sp.											0.002							0.002
235	Mol	<i>Trypsica trypsica</i>						P/A												-
236	Mol	<i>Zonaria</i> sp.											0.006							0.006
237	Pm	<i>Halophila decipiens</i>							P/A			0.012	P/A							0.012
238	Pm	<i>Halophila hawaiiiana</i>										0.010	P/A							0.010
239	Pm	<i>Phyllospadix torreyi</i>							0.025											0.025

Grupo	Ítem	Frecuencia ponderada ($\frac{f_o}{N}$) por publicación																	FG ($\sum \frac{f_o}{N}$)
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
240	Pm	<i>Ruppia maritima</i>												0.027					0.027
241	Pm	<i>Zostera marina</i>	P/A						0.008	P/A				0.079					0.087
242	Pe	<i>Hilsa</i>			0.002														0.002
243	Pe	<i>Hirundichthys speculiger</i>														0.006			0.006
244	Pe	<i>Lactoria diaphana</i>														0.002			0.002
245	Pe	Peces (familia Clupeidae, Lambrismidae y otras)			0.002						P/A								0.002
246	Pe	<i>Scomber japonicus</i>														0.002			0.002
247	Pol	Poliquetos (incluida la familia Sabellidae)			0.002			0.087											0.089
248	Tun	<i>Pyrosoma atlanticum</i>														0.017			0.017
249	Tun	<i>Pyrosoma</i> sp.			0.004														0.004
250	Tun	<i>Salpa</i> sp.			0.002											0.008			0.010

¹ Incluye registros de contenidos fecales.

² Registro en peso.

³ Registro en volumen.

⁴ Registro de frecuencia estimado a partir de muestras de 50 ml de contenido estomacal.

11.3 Anexo 3. Autores y localidades de estudio de las publicaciones consultadas para la generación del listado de ítems alimentarios de *Caretta caretta* y *Chelonia mydas*.

Tabla IX. Publicaciones consultadas para la determinación de la composición alimentaria de *Caretta caretta* y *Chelonia mydas*.

Especie	Publicación	Localidad	Coordenadas	
<i>Chelonia mydas</i>	Casas-Andreu & Gómez-Aguirre, 1980	Frente a playas La Manzanilla y Playa de Oro, Colima, México	19.00° N, -105.00° W	
	Seminoff <i>et al.</i> , 2002	Bahía de Los Ángeles, BCS, México	28.96° N, -113.55° W	
	López-Mendilaharsu <i>et al.</i> , 2005	Bahía Magdalena y aguas costeras adyacentes, BCS, México	24.25°N, -111.33°W;	
			25.33° N, -112.25° W	
	Arthur & Balazs, 2008	Ka‘ne‘ohe Bay , Hawái	21.51° N, -158.85° W	
			Kailua Bay, Hawái	21.41° N, -157.73° W
			Pa‘la‘au, Hawái	21.10° N, -157.11° W
			La‘na‘i, Hawái	19.91° N, -156.90° W
			Ki‘holo Bay, Hawái	19.86° N, -155.91° W
			Kaloko-Honoko‘hau, Parque Histórico Natural, Hawái	19.41° N, -155.91° W
			Kapoho, Hawái	19.5° N, -154.81° W
	Rodríguez-Barón, 2010	Bahía Magdalena, BCS, México	24.25° N, -111.5° W;	
			25.33° N, -112.20° W	
	Laguna San Ignacio, BCS, México	26.71° N, -113.13° W;		

Tabla IX. Publicaciones consultadas para la determinación de la composición alimentaria de *Caretta caretta* y *Chelonia mydas*.

Especie	Publicación	Localidad	Coordenadas
			27.70° N, -113.98° W*
		Punta Abre Ojos, BCS, México	26.70° N, -113.57° W
		Laguna Ojo de Liebre, BCS, México	27.58° N, -113.96° W; 27.86° N, -114.16° W
	Parker <i>et al.</i> , 2011	Pacífico norte y Hawái	5.60° N, -159.00° E; 33.00° N, -154.00° W
	Reséndiz <i>et al.</i> , 2016	Laguna Ojo de Liebre, BCS, México	28.14° N, -114.55° W
	Reséndiz <i>et al.</i> , 2017	Muelle inglés en Laguna Ojo de Liebre, BCS, México	27.74° N, -114.01° W
<i>Caretta caretta</i>	Villanueva Flores, 1991	Las Barrancas, Costa occidental de BCS, México	26.00° N, -112.11° W
		Bahía Magdalena, BCS, México	24.62° N, -111.96° W*
		Puerto San Carlos, BCS, México	24.78° N, -112.12° W*
	Nichols <i>et al.</i> , 2000	Bahía Magdalena, BCS, México	24.63° N, -111.97° W*
		Punta Abre Ojos, BCS, México	26.71° N, -113.56° W*
		Bahía Santa María, BCS, México	24.73° N, -112.19° W*
	Parker <i>et al.</i> , 2005	Centro del Pacífico Norte	29.5.00° N, -150.00° E
		Centro del Pacífico Norte	43.00° N, -154.00° W

Tabla IX. Publicaciones consultadas para la determinación de la composición alimentaria de *Caretta caretta* y *Chelonia mydas*.

Especie	Publicación	Localidad	Coordenadas
	Peckham <i>et al.</i> , 2011	Playa San Lázaro, BCS, México	24.86° N, -112.28° W*

* Localización aproximada

11.4 Anexo 4. Especímenes del Repositorio de Cráneos de Tortugas Marinas del Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas CICIMAR – IPN (RCTM-CICIMAR-IPN) de las especies *Caretta caretta* y *Chelonia mydas* utilizados en el análisis morfométrico.

Tabla X. Especímenes de *Caretta caretta* utilizados en el análisis morfométrico. Clave_CUR: Clave curatorial; LCC: longitud curva del caparazón (cm); ACC: ancho curvo del caparazón (cm).

	Clave_CUR	día	mes	año	Localidad	Estado	Sexo	Etiqueta	LAT	LON	LCC	ACC	Clave en análisis
1	RCTM-001	3	11	2011	-	-	-	03-Nov-11-CC-04	-	-	-	-	A15
2	RCTM-002	25	12	2011	Cabo San Lázaro	BCS	-	25DIC11CC04	-	-	-	-	A35
3	RCTM-003	24	2	2012	-	-	-	ICC	-	-	-	-	A67
4	RCTM-004	2	3	2012	Cabo San Lázaro	BCS	-	02MAR12CC01	-	-	-	-	A08
5	RCTM-005	2	3	2012	Cabo San Lázaro	BCS	-	02MAR12CC03	-	-	-	-	A09
6	RCTM-006	6	3	2012	Cabo San Lázaro	BCS	-	06MAR12CC02	-	-	-	-	A10
7	RCTM-007	9	3	2012	Cabo San Lázaro	BCS	-	09MAR12CC02	-	-	-	-	A24
8	RCTM-008	25	3	2012	Cabo San Lázaro	BCS	-	25MAR12CC01	25°58'672"	112°13'170"	70.2/70.1	67	A38
9	RCTM-009	28	3	2012	Cabo San Lázaro	BCS	-	28MAR12CC01	25°07'972"	112°10'158"	-	-	A47
10	RCTM-010	29	3	2012	Cabo San Lázaro	BCS	-	29ABR12CC01	25°06'551"	112°10'575"	68/67	64	A48
11	RCTM-011	21	4	2012	Cabo San Lázaro	BCS	-	21ABR12CC01	25°09'895"	112°09'610"	66/65	63	A27
12	RCTM-012	21	4	2012	Cabo San Lázaro	BCS	-	21ABR12CC05	25°	112°	57/56	55.5	A28
13	RCTM-013	21	4	2012	Cabo San Lázaro	BCS	-	21ABR12CC06	25°55'265"	112°14'473"	58/57	55	A29
14	RCTM-014	23	4	2012	Cabo San Lázaro	BCS	-	23ABR12CC01	24°49'717"	112°16'814"	63/61.2	60	A31
15	RCTM-015	23	4	2012	Cabo San Lázaro	BCS	-	23ABR12CC02	-	-	-	-	A32
16	RCTM-016	23	4	2012	Cabo San Lázaro	BCS	-	23ABR12CC04	-	-	-	-	A33
17	RCTM-017	30	4	2012	Cabo San Lázaro	BCS	-	30ABR12CC01	25°07'407"	112°10'326"	71	72	A54
18	RCTM-018	6	5	2012	Cabo San Lázaro	BCS	-	06MAY122CC	24°58'559"	112°13'200"	-	-	A21
19	RCTM-019	6	5	2012	Cabo San Lázaro	BCS	-	06MAY12CC01	24°59'629"	112°12'803"	-	70	A22
20	RCTM-020	6	5	2012	Cabo San Lázaro	BCS	-	CCID56MAYO2012	24°50'583"	112°16'393"	63/62.5	60	A65
21	RCTM-021	8	5	2012	Cabo San Lázaro	BCS	-	08MAY12CC01	24°04'115"	112°11'311"	67/66	64	A23
22	RCTM-022	11	5	2012	Cabo San Lázaro	BCS	-	11MAY12CC01	24°55'694"	112°14'303"	-	-	A26
23	RCTM-023	13	5	2012	Cabo San Lázaro	BCS	-	CC8 (13MAYCC8L61-62 A59.5)	24°49.80'0.27"	112°12'044"	61-62	59.5	A64
24	RCTM-024	1	6	2012	Cabo San Lázaro	BCS	-	01JUN12CC01	25°07'932"	112°10'167"	-	-	A01
25	RCTM-025	4	6	2012	Cabo San Lázaro	BCS	-	04JUN12CC01	25°09'548"	112°09'706"	55/-	53	A20
26	RCTM-026	11	6	2012	Cabo San Lázaro	BCS	-	11JUN12CC01	25°09'312"	112°09'772"	66/65	59	A25

	Clave_CUR	día	mes	año	Localidad	Estado	Sexo	Etiqueta	LAT	LON	LCC	ACC	Clave en análisis
27	RCTM-027	25	6	2012	-	-	-	25JUN12CC	-	-	-	-	A36
28	RCTM-028	25	6	2012	Cabo San Lázaro	BCS	-	25JUN12CC02	-	-	66/67	64	A37
29	RCTM-029	28	6	2012	Cabo San Lázaro	BCS	-	28JUN12CC01	24°53'04.9"	112°15'24.7"	56/55	54	A45
30	RCTM-030	28	6	2012	Cabo San Lázaro	BCS	-	28JUN12CC02	-	-	-	-	A39
31	RCTM-031	28	6	2012	Cabo San Lázaro	BCS	-	28JUN12CC03	-	-	-	-	A40
32	RCTM-032	28	6	2012	Cabo San Lázaro	BCS	-	28JUN12CC04	-	-	-	-	A41
33	RCTM-033	28	6	2012	Cabo San Lázaro	BCS	-	28JUN12CC05	-	-	-	-	A42
34	RCTM-034	28	6	2012	Cabo San Lázaro	BCS	-	28JUN12CC06	-	-	-	-	A43
35	RCTM-035	28	6	2012	Cabo San Lázaro	BCS	-	28JUN12CC07	-	-	-	-	A44
36	RCTM-036	28	6	2012	Cabo San Lázaro	BCS	-	28JUN12CC8	-	-	-	-	A46
37	RCTM-037	29	6	2012	Cabo San Lázaro	BCS	-	29JUN12CC01	25°02'201.1"	112°11'53.2"	66/65	62	A49
38	RCTM-038	29	6	2012	Cabo San Lázaro	BCS	-	29JUN12CC02	25°01'28.1"	112°12'09.6"	56/55	51	A50
39	RCTM-039	29	6	2012	Cabo San Lázaro	BCS	-	29JUN12CC03	25°01'18.9"	112°12'12.5"	55/54	53	A51
40	RCTM-040	29	6	2012	Cabo San Lázaro	BCS	-	29JUN12CC04	24°57'34.3"	112°13'35.3"	63/62	60	A52
41	RCTM-041	29	6	2012	Cabo San Lázaro	BCS	-	29JUN12CC6	24°52'41.0"	112°15'34.0"	57/56	55	A53
42	RCTM-042	30	6	2012	Cabo San Lázaro	BCS	-	30JUN12CC01	24°50'12.0"	112°16'36.0"	62/61	60	A55
43	RCTM-043	30	6	2012	Cabo San Lázaro	BCS	-	30JUN12CC02	24°50'56.6"	112°16'15.0"	54/53	52	A56
44	RCTM-044	30	6	2012	Cabo San Lázaro	BCS	-	30JUN12CC03	24°59'03.7"	112°13'01.1"	57/56.5	54	A57
45	RCTM-045	30	6	2012	Cabo San Lázaro	BCS	-	30JUN12CC04	25°07'01.6"	112°10'25.7"	77/76	73	A58
46	RCTM-046	30	6	2012	Cabo San Lázaro	BCS	-	30JUN12CC4	-	-	-	-	A61
47	RCTM-047	30	6	2012	Cabo San Lázaro	BCS	-	30JUN12CC05	-	-	-	-	A59
48	RCTM-048	30	6	2012	Cabo San Lázaro	BCS	-	30JUN12CC06	-	-	-	-	A60
49	RCTM-049	2	7	2012	Cabo San Lázaro	BCS	-	02JUL12CC01	24°56'52.3"	112°13'50.9"	63/62	58	A02
50	RCTM-050	2	7	2012	Cabo San Lázaro	BCS	-	02JUL12CC02	25°10'43.7"	112°12'04.2"	65.5/64	59	A03
51	RCTM-051	2	7	2012	Cabo San Lázaro	BCS	-	02JUL12CC03	25°03'10.2"	112°11'35.9"	69.5/68	65.6	A04
52	RCTM-052	2	7	2012	Cabo San Lázaro	BCS	-	02JUL12CC04	25°05'09.0"	112°11'00.2"	57/56.5	51.5	A05
53	RCTM-053	2	7	2012	Cabo San Lázaro	BCS	-	02JUL12CC05	-	-	-	-	A06
54	RCTM-054	2	7	2012	Cabo San Lázaro	BCS	-	02JUL12CC05	-	-	-	-	A07
55	RCTM-055	3	7	2012	Cabo San Lázaro	BCS	-	03JUL12CC01	25°04'33.3"	112°11'11.2"	68/67	61	A11
56	RCTM-056	3	7	2012	Cabo San Lázaro	BCS	-	03JUL12CC02	25°03'00.7"	112°11'39.3"	51/50	48	A12
57	RCTM-057	3	7	2012	Cabo San Lázaro	BCS	-	03JUL12CC03	25°02'05.7"	112°11'57.4"	64/62	60	A13
58	RCTM-058	3	7	2012	Cabo San Lázaro	BCS	-	03JUL12CC04	24°55'28.0"	112°14'24.8"	65/63.5	61	A14
59	RCTM-059	4	7	2012	Cabo San Lázaro	BCS	-	04JUL12CC1	24°54'26.3"	112°14'49.4"	66/65	64	A19
60	RCTM-060	4	7	2012	Cabo San Lázaro	BCS	-	04JUL12CC02	25°01'10.9"	112°12'15.4"	58/56	54	A16

	Clave_CUR	día	mes	año	Localidad	Estado	Sexo	Etiqueta	LAT	LON	LCC	ACC	Clave en análisis
61	RCTM-061	4	7	2012	Cabo San Lázaro	BCS	-	04JUL12CC03	25°01'51.4"	112°12'02.3"	70.5/68.5	66.5	A17
62	RCTM-062	4	7	2012	Cabo San Lázaro	BCS	-	04JUL12CC04	25°04'55.7"	112°11'04.2"	59/58	58	A18
63	RCTM-063	21	7	2012	Cabo San Lázaro	BCS	-	21JUL12CC	-	-	-	-	A30
64	RCTM-064	23	11	-	-	-	-	23-Nov-CCIL77/76-A73	-	-	77/76	73	A34
65	RCTM-065	-	-	-	Cabo San Lázaro	BCS	-	CC01	-	-	-	-	A62
66	RCTM-066	-	-	-	Cabo San Lázaro	BCS	-	CC22	-	-	-	-	A63
67	RCTM-067	-	-	-	Cabo San Lázaro	BCS	-	CCL70-71.5A66	-	-	-	-	A66
68	RCTM-068	-	-	-	Cabo San Lázaro	BCS	-	L74-75CC	-	-	-	-	A68
69	RCTM-069	-	-	-	Cabo San Lázaro	BCS	-	LO-20	-	-	-	-	A69
70	RCTM-070	-	-	-	Cabo San Lázaro	BCS	-	SIN NOMBRE-01CC	-	-	-	-	A70
71	RCTM-071	-	-	-	Cabo San Lázaro	BCS	-	SIN NOMBRE-04CC	-	-	-	-	A71
72	RCTM-072	-	-	-	Cabo San Lázaro	BCS	-	SINNOMBRE-05CC	-	-	-	-	A72
73	RCTM-073	-	-	-	-	-	-	SIN ETIQUETA	-	-	-	-	A73

Tabla XI. Especímenes de *Chelonia mydas* utilizados en el análisis morfométrico. Clave_CUR: Clave curatorial; LCC: longitud curva del caparazón (cm); ACC: ancho curvo del caparazón (cm); LRC: largo recto del caparazón (cm); ARC: ancho recto del caparazón (cm).

	Clave_CUR	día	mes	año	Localidad	Estado	Sexo	Etiqueta	LAT	LON	LCC	ACC	LRC	ARC	Clave análisis
1	RCTM-074	21	1	2012	Laguna- Ojo de Liebre	BCS	-	LOL21JAN13CM01	-	-	-	-	-	-	B30
2	RCTM-075	9	7	2012	Cabo San Lázaro	BCS	-	09JUL12CM01	25°06'27.9"	112°10'37.8"	62	60	-	-	B04
3	RCTM-076	12	7	2012	Cabo San Lázaro	BCS	-	12JUL12CM02	25°59'05.2"	112°13'00.9"	67	60.5	-	-	B05
4	RCTM-077	13	7	2012	Cabo San Lázaro	BCS	-	13JUL12CM01	25°00'12.4"	112°12'36.5"	71	67	-	-	B06
5	RCTM-078	14	7	2012	Cabo San Lázaro	BCS	-	14JUL12CM1	25°05'56.4"	112°10'46.1"	58	55	-	-	B07
6	RCTM-079	15	7	2012	Cabo San Lázaro	BCS	-	15JUL12CM05	25°07'36.4"	112°10'16.3"	67	67	-	-	B08
7	RCTM-080	15	7	2012	Cabo San Lázaro	BCS	-	15JUL12CM06	25°08'05.1"	112°10'07.3"	54	-	-	-	B09
8	RCTM-081	15	7	2012	Cabo San Lázaro	BCS	-	15JUL12CM7	25°08'26.3"	112°10'01.4"	60	58	-	-	B10
9	RCTM-082	16	7	2012	Cabo San Lázaro	BCS	-	16JUL12CM01	25°07'07.7"	112°10'24.0"	56.5	-	-	-	B11
10	RCTM-083	16	7	2012	Cabo San Lázaro	BCS	-	16JUL12CM03	25°04'45.6"	112°11'06.7"	70.5	-	-	-	B12
11	RCTM-084	18	7	2012	Cabo San Lázaro	BCS	-	18JUL12CM01	25°09'07.0"	112°09'49-1"	69/68	67.5	-	-	B13
12	RCTM-085	18	7	2012	Cabo San Lázaro	BCS	-	18JUL12CM04	25°00'47.9"	112°12'22.4"	50/49	47	-	-	B14
13	RCTM-086	19	7	2012	Cabo San Lázaro	BCS	-	19JUL12CM02	24°51'41.3"	112°15'57.1"	65/64	62	-	-	B15
14	RCTM-087	19	7	2012	Cabo San Lázaro	BCS	-	19JUL12CM03	24°52'10.6"	112°15'46.0"	53/52	51	-	-	B16
15	RCTM-088	19	7	2012	Cabo San Lázaro	BCS	-	19JUL12CM5	24°55'11.4"	112°14'30.6"	52.5	49	-	-	B17
16	RCTM-089	20	7	2012	Cabo San Lázaro	BCS	-	20JUL12CM02	24°57'54.8"	112°13'26.8"	63	60	-	-	B18
17	RCTM-090	20	7	2012	Cabo San Lázaro	BCS	-	20JUL12CM03	24°51'55.6"	112°13'49.4"	51	50	-	-	B19
18	RCTM-091	20	7	2012	Cabo San Lázaro	BCS	-	20JUL12CM04	24°54'08.7"	112°14'56.6"	65	64	-	-	B20
19	RCTM-092	28	7	2012	Cabo San Lázaro	BCS	-	28JUN12CM01	25°05'81.4'	112°10'83"	55/-	53	-	-	B22
20	RCTM-093	31	8	2012	Cabo San Lázaro	BCS	-	31AG012CM01	24°57'17.7"	112°13'41.2"	60	56	-	-	B23
21	RCTM-094	21	1	2013	Laguna- Ojo de Liebre	BCS	-	LOL21JAN13CM02	-	-	-	-	-	-	B31
22	RCTM-095	21	1	2013	Laguna- Ojo de Liebre	BCS	-	LOL21JAN13CM03	-	-	-	-	-	-	B32
23	RCTM-096	21	1	2013	Laguna- Ojo de Liebre	BCS	-	LOL21JAN13CM04	-	-	-	-	-	-	B33
24	RCTM-097	22	1	2013	Laguna- Ojo de Liebre	BCS	-	LOL22JAN13CM01	-	-	-	-	-	-	B34
25	RCTM-098	22	1	2013	Laguna- Ojo de Liebre	BCS	-	LOL22JAN13CM02	-	-	-	-	-	-	B35
26	RCTM-099	22	1	2013	Laguna- Ojo de Liebre	BCS	-	LOL22JAN13CM03	-	-	-	-	-	-	B36
27	RCTM-100	22	1	2013	Laguna- Ojo de Liebre	BCS	-	LOL22JAN13CM04	-	-	-	-	-	-	B37
28	RCTM-101	22	1	2013	Laguna- Ojo de Liebre	BCS	-	LOL22JAN13CM08	-	-	-	-	-	-	B38
29	RCTM-102	22	1	2013	Laguna- Ojo de Liebre	BCS	-	LOL22JAN13CM09	-	-	-	-	-	-	B39
30	RCTM-103	22	1	2013	Laguna- Ojo de Liebre	BCS	-	LOL22JAN13CM10	-	-	-	-	-	-	B40
31	RCTM-104	22	1	2013	Laguna- Ojo de Liebre	BCS	-	LOL22JAN13CM11	-	-	-	-	-	-	B41

Clave_CUR	día	mes	año	Localidad	Estado	Sexo	Etiqueta	LAT	LON	LCC	ACC	LRC	ARC	Clave análisis	
32	RCTM-105	22	1	2013	Laguna- Ojo de Liebre	BCS	-	LOL22JAN13CM12	-	-	-	-	-	-	B42
33	RCTM-106	22	1	2013	Laguna- Ojo de Liebre	BCS	-	LOL22JAN13CM13	-	-	-	-	-	-	B43
34	RCTM-107	22	1	2013	Laguna- Ojo de Liebre	BCS	-	LOL22JAN13CM14	-	-	-	-	-	-	B44
35	RCTM-108	22	1	2013	Laguna- Ojo de Liebre	BCS	-	LOL22JAN13CM15	-	-	-	-	-	-	B45
36	RCTM-109	22	1	2013	Laguna- Ojo de Liebre	BCS	-	LOL22JAN13CM17	-	-	-	-	-	-	B46
37	RCTM-110	22	1	2013	Laguna- Ojo de Liebre	BCS	-	LOL22JAN13CM18	-	-	-	-	-	-	B47
38	RCTM-111	22	1	2013	Laguna- Ojo de Liebre	BCS	-	LOL22JAN13CM19	-	-	-	-	-	-	B48
39	RCTM-112	22	1	2013	Laguna- Ojo de Liebre	BCS	-	LOL22JAN13CM20	-	-	-	-	-	-	B49
40	RCTM-113	23	1	2013	Laguna- Ojo de Liebre	BCS	-	LOL23JAN13CM03	-	-	-	-	-	-	B50
41	RCTM-114	23	1	2013	Laguna- Ojo de Liebre	BCS	-	LOL23JAN13CM05	-	-	-	-	-	-	B51
42	RCTM-115	23	1	2013	Laguna- Ojo de Liebre	BCS	-	LOL23JAN13CM06	-	-	-	-	-	-	B52
43	RCTM-116	23	1	2013	Laguna Ojo de Liebre	BCS	-	LOL23JAN13CM07	-	-	-	-	-	-	B53
44	RCTM-117	23	1	2013	Laguna- Ojo de Liebre	BCS	-	LOL23JAN13CM11	-	-	-	-	-	-	B54
45	RCTM-118	18	3	2013	Playa Noctiluca	Nayarit	M	-	-	-	69	65.5	65.5	51	B02
46	RCTM-119	21	4	2013	Villa del mar	Jalisco	-	-	20°12'05.1	105°32'45.2	60	59	-	-	B01
47	RCTM-120	21	4	2013	Villa del mar	Jalisco	-	-	20° 08' 18.4	105° 32' 51.4	58.5	57	-	-	B03
48	RCTM-121	22	7	2013	Cabo San Lázaro	BCS	-	22JUL12CM02	-	-	-	-	-	-	B21
49	RCTM-122	13	8	2014	Isla Altamura	Sinaloa	-	ALTAMURA-Cm-140813-03	25°04'35.7"	108°17'12.7"	70.1	70	66.6	47.6	B24
50	RCTM-123	13	8	2014	Isla Altamura	Sinaloa	-	ALTAMURA-Cm-140813-04	25° 00' 57.2"	108° 13' 30.9"	71	73.5	67.7	52.2	B25
51	RCTM-124	13	8	2014	Isla Altamura	Sinaloa	-	ALTAMURA-Cm-140813-06	24°56'19.2"	108°13'30.9"	61.5	62.2	58.5	45.8	B26
52	RCTM-125	14	8	2014	Isla Macapule	Sinaloa	-	MAC-CM-140814-03	25° 21' 21.7"	108° 41' 48.2"	68	67	64.2	52.4	B55
53	RCTM-126	23	9	2014	Isla Macapule	Sinaloa	H	SIN CLAVE (tortuga #2)	-	-	68.6	65	64	48.4	B58
54	RCTM-127	15	10	2014	Isla Altamura	Sinaloa	-	ALTAMURA-Cm-141015-02	-	-	-	-	-	-	B27
55	RCTM-128	23	6	2015	Isla Macapule	Sinaloa	-	MA-CM-150623-13	25° 18' 57.3"	108° 34' 13.2"	31.5	31	30	24.8	B56
56	RCTM-129	18	9	2015	Bahía Navachiste	Sinaloa	H	-VA-Cm-150918	-	-	73.9	66.8	67.5	49.5	B57
57	RCTM-130	-	-	-	Cabo San Lázaro	BCS	-	<i>C. mydas</i>	-	-	-	-	-	-	B28
58	RCTM-131	-	-	-	Cabo San Lázaro	BCS	-	CM-21	-	-	-	-	-	-	B29

11.5 Anexo. 4. Medidas de distancia lineal y coordenadas originales de las marcas del cráneo y mandíbula de Caretta caretta y Chelonia mydas

Las medidas originales y coordenadas de las marcas se encuentran disponibles en el repositorio de datos de Mendeley al cual se puede acceder por medio de la siguiente liga: <https://data.mendeley.com/datasets/pxkmc8bfys/draft?a=e0294cda-4b45-469f-93e6-162231a2158d>