



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES IZTACALA

**CONTRIBUCIÓN AL ESTUDIO MORFOLÓGICO DENTAL
DE *MOBULA JAPANICA* Y *MOBULA THURSTONI*
(MYLIOBATOIDEI: MOBULIDAE)**

T E S I S
Que para obtener el grado de
B i o l o g o
P r e s e n t a
Jackelyn Chavez Cuenca

**DIRECTORA DE TESIS:
DRA. MÓNICA GONZÁLEZ**



LOS REYES IZTACALA EDO. DE MÉX., MARZO DEL 2009



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

A MIS PADRES

ROSA Y ARTURO

A MI HERMANILLO

ALEXIS

A LA MEJOR ABUE QUE PUDE HABER TENIDO

PACHITA

AGRADECIMIENTOS

Han habido personas que merecen las gracias porque sin su valiosa aportación no hubiera sido posible la culminación de este trabajo y también hay quienes las merecen por haber plasmado su huella en mi camino.

A mis padres, Rosa y Arturo, les agradezco su apoyo, su guía y su confianza en la realización de mis sueños. Soy afortunada por contar siempre con su amor, comprensión y ejemplo. Esta tesis es suya.

A mi hermanillo Alexis, con muchísimo cariño, gracias por todos y cada uno de los momentos que hemos pasado hasta ahora.

A todos y cada uno de los integrantes de mi familia, tíos, tías, primos y primas. Ustedes han enriquecido mi vida con su cariño y su alegría. Gracias por recordarme que hay personas valiosas en el mundo y gracias por estar en el mío.

A mi directora de tesis la Dra. Mónica González Isais y al M. en C. Héctor M. Montes Domínguez, por el apoyo tan grande y la amistad que me brindaron. Ustedes han hecho posible que hoy termine este gran trabajo. Gracias por creer en mí.

A mis sinodales, Dra. Bertha Segura Alegría, M. en C. Alba F. Márquez Espinosa y M. en C. Leticia A. Espinosa Ávila, por sus conocimientos y valiosas aportaciones. Mil gracias.

Y claro a ese grupo de amigos entrañables, amigos de muchas fiestas y de momentos increíbles, de cerveza mezclada con chile, limón y muchísimas risas, a ti Bere, Geles, Cesar, Val, Erick, Lalo, Victor, el Abuelo, Lacho, Milton, Yacin, Memo, Liz, Ligia, Chistian, Oskar, Cesar Topo, Rafa, Alin, Canec, Daniel, Yair, Raquel, y todos aquellos que han dejado huella en mi vida. Ustedes han sido fuente de muchísimas alegrías. Gracias por todo.

“POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU”

ÍNDICE

RESUMEN.....	6
INTRODUCCIÓN.....	7
FAMILIA MOBULADAE.....	10
ANTECEDENTES.....	12
<i>MOBULA JAPONICA</i> (MÜLLER Y HENLE, 1841).....	14
<i>MOBULA THURSTONI</i> (LLOYD, 1908).....	15
OBJETIVOS.....	17
OBJETIVO GENERAL.....	17
OBJETIVOS PARTICULARES.....	17
MATERIAL Y MÉTODOS.....	18
MANDÍBULAS.....	20
PLACAS DENTALES.....	20
DIENTES.....	21
RESULTADOS.....	22
MANDÍBULAS.....	22
<i>MOBULA JAPONICA</i> (MÜLLER Y HENLE, 1841).....	22
<i>MOBULA THURSTONI</i> (LLOYD, 1908).....	24
PLACAS DENTALES.....	26
<i>MOBULA JAPONICA</i> (MÜLLER Y HENLE, 1841).....	26
<i>MOBULA THURSTONI</i> (LLOYD, 1908).....	28
DIENTES.....	30
<i>MOBULA JAPONICA</i> (MÜLLER Y HENLE, 1841).....	30
MACHOS.....	30
MORFOTIPO 1.....	30
MORFOTIPO 2.....	33
MORFOTIPO 3.....	35
HEMBRAS.....	37
MORFOTIPO 1.....	37

MORFOTIPO 2.....	39
MORFOTIPO 3.....	40
MORFOTIPO 4.....	42
<i>MOBULA THURSTONI</i> (LLOYD, 1908).....	44
MACHOS.....	44
MORFOTIPO 1.....	44
MORFOTIPO 2.....	47
MORFOTIPO 3.....	49
MORFOTIPO 4.....	51
HEMBRAS.....	53
MORFOTIPO 1.....	53
MORFOTIPO 2.....	55
MORFOTIPO 3.....	57
MORFOTIPO 4.....	58
DISCUSIÓN.....	59
MANDÍBULAS.....	59
PLACAS DENTALES.....	59
DIENTES.....	61
<i>MOBULA JAPONICA</i> (MÜLLER Y HENLE, 1841).....	61
<i>MOBULA THURSTONI</i> (LLOYD, 1908).....	62
CONCLUSIONES.....	67
APÉNDICE 1.....	68
MEDIDAS MORFOMÉTRICAS.....	68
APÉNDICE 2.....	69
LARGO.....	69
ANCHO.....	70
NÚMERO DE DIENTES.....	71
NÚMERO DE HILERAS DENTALES.....	72
LITERATURA CITADA.....	73

RESUMEN

Los trabajos realizados sobre morfología dental en batoideos se han encaminado al dimorfismo sexual, relacionándolo con los hábitos alimenticios y con el comportamiento que presentan dichos organismos durante el periodo reproductivo. En este estudio se describe detalladamente la estructura mandibular, la placa dentaria y los dientes de *Mobula japonica* y *Mobula thurstoni* en sus cinco diferentes vistas. Para la realización de este trabajo se colectaron 10 ejemplares de *Mobula thurstoni* y 16 de *Mobula japonica*. La mandíbula está formada por dos estructuras, un cartílago superior llamado palatoc cuadrado y uno inferior conocido como cartílago de Meckel. El cartílago palatoc cuadrado de *Mobula japonica* es robusto y el borde superior central es convexo; *Mobula thurstoni* presentó el cartílago palatoc cuadrado delgado y su borde superior fue cóncavo. El cartílago de Meckel exhibió un par de procesos esféricos en el borde superior del proceso condilar. La placa dental del cartílago palatoc cuadrado y del cartílago de Meckel en *Mobula japonica* presentó un patrón elipsoide; mientras que, *Mobula thurstoni* presentó un patrón rectangular. Las hileras dentales de *Mobula japonica* se distribuyen formando un ángulo de 45° ; mientras que, *Mobula thurstoni* presentó un ángulo de 90° . Ambas especies presentaron un mayor número de hileras dentales en el cartílago de Meckel. En los machos de *Mobula japonica* se contabilizaron en promedio 3072 dientes en el cartílago palatoc cuadrado y 3523 dientes en el cartílago de Meckel; mientras que las hembras presentaron en promedio 2616 y 3029 dientes respectivamente. Los machos de *Mobula thurstoni* exhibieron en promedio 873 dientes en el cartílago palatoc cuadrado y 1250 dientes en el cartílago de Meckel; mientras que las hembras presentaron en promedio 1133 y 1040 dientes respectivamente. *Mobula japonica* presentó un marcado dimorfismo sexual dentario. Los machos presentaron heterodoncia ontogenética, sin embargo, en su estado adulto se exhibieron solo tres morfotipos de dientes; mientras que, las hembras exhibieron no solo heterodoncia ontogenética, sino también heterodoncia monognática, por ello se describieron cuatro morfotipos de dientes característicos. *Mobula thurstoni* también presentó dimorfismo sexual dentario. En todos los organismos pertenecientes a esta especie se observó una ligera heterodoncia ontogenética, heterodoncia dignática y heterodoncia monognática; de manera general se describieron cuatro morfotipos de dientes para cada uno de los sexos. Además en *Mobula thurstoni* se observa que los dientes tienden a fusionarse, en tanto que en *Mobula japonica* no se exhibe dicha fusión. El dimorfismo sexual dentario presente en ambas especies se puede relacionar con el comportamiento que presentan dichos organismos durante su periodo reproductivo. Con base en lo anterior es posible mencionar que los datos obtenidos en este trabajo, apoyan la filogenia obtenida por González -Isáis y Montes (2004), por lo que es posible concluir que la especie *Mobula japonica* presenta los caracteres más derivados en su morfología dental.

INTRODUCCIÓN

Los peces cartilaginosos pertenecientes a la clase Chondrichthyes, incluyen a los tiburones, rayas y quimeras (Fig. 1). Son un grupo grande y variado de peces mandibulados con cerca de 51 familias vivientes, 165 géneros actuales, aproximadamente 900 especies descritas y posiblemente 1,100 especies conocidas incluyendo taxones aún no descritos y especies con una validez considerada como incierta (Compagno, 1977).

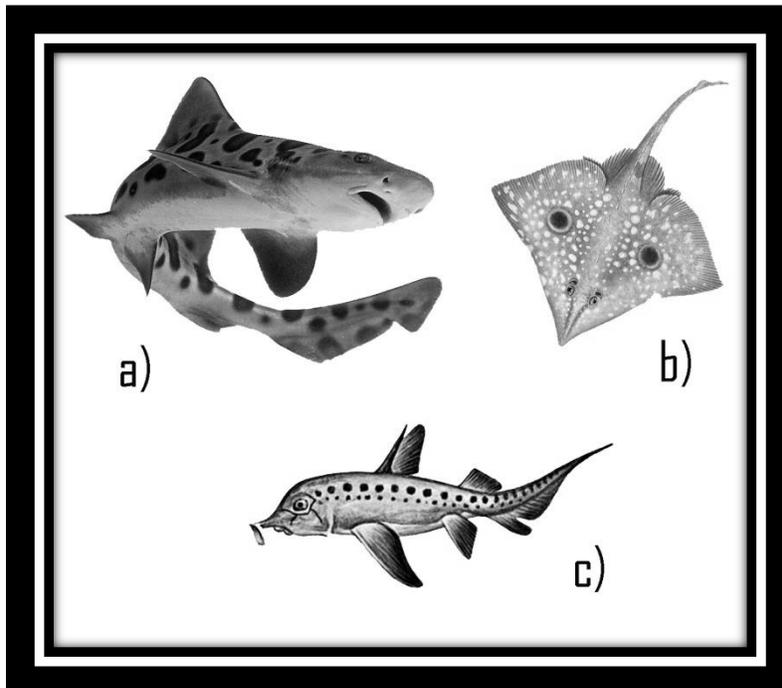


Figura 1. Miembros de la clase Chondrichthyes: a) Tiburones, b) Rayas y c) Quimeras.

Actualmente los Chondrichthyes consisten de dos grupos diferentes y poco proporcionados, la pequeña subclase denominada Holocephalii y la subclase dominante llamada Elasmobranchii. Este último se subdivide en cuatro superórdenes, tres de ellos agrupan a los tiburones, mientras que en el restante se encuentran las diferentes especies de rayas, conocidas como Rajiformes (Last y Stevens, 1994).

Los batoideos o rayas, que son un grupo altamente especializado se derivaron de los tiburones neoselaquios, constituyendo un grupo que incluye entre 494 y 572 especies arregladas en cinco ordenes, 18 familias y cerca de 59 géneros. Esto es más de la mitad de todos los elasmobranquios vivos conocidos (Tricas *et al*, 1998).

Todos los batoideos presentan un cuerpo aplanado dorso - ventralmente y las aletas pectorales expandidas y fusionadas a ambos lados de la cabeza. De modo que el cuerpo adquiere la forma de un disco más o menos circular, ovalado o romboidal. Los ojos que carecen de membrana suborbital y los espiráculos están ubicados en el dorso o en los lados de la cabeza, mientras que la boca es subterminal (excepto en *Manta sp.*), los orificios nasales y las aberturas branquiales se encuentran en la superficie ventral (Fig. 2). Todas las especies carecen de aleta anal y la aleta caudal puede ser heterocerca o dificerca; los denticulos se presentan solo en la región dorsal y presentan patrones de distribución utilizados como carácter taxonómico (Bigelow y Schroeder, 1953; Compagno, 1984; McEachran y Di-Sciara, 1995; Tricas *et al.*, 1998). Existen sin embargo, varias familias de peces batoideos (Pristidae y Rhinobatidae) que por su forma se asemejan superficialmente a los tiburones (Segura, 2002).

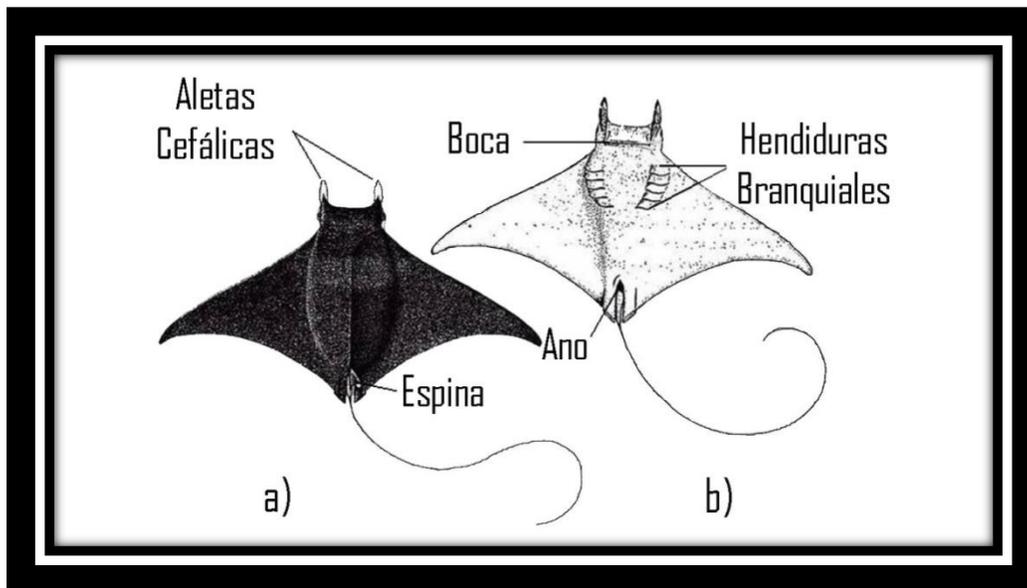


Figura 2. Morfología Externa de Batoideos: a) Vista Dorsal, b) Vista Ventral.

En la actualidad, el grupo de los batoideos incluye a más de 450 especies a nivel mundial, de las cuales, 69 habitan en las costas mexicanas. Dichos organismos están divididos en cinco grupos monofiléticos (Compagno, 1977):



Torpedinoideos (Rayas eléctricas): este grupo contienen 10 géneros y aproximadamente 40 especies. Una de sus características principales son los órganos eléctricos derivados de los

músculos branquiales en la región de la cabeza; su piel es desnuda y los ojos son pequeños; la aleta caudal está bien desarrollada y pueden presentar de 0 a 2 aletas dorsales (Fig. 3a).

☞ Rinobatoideos (Peces guitarra): este grupo contienen 9 géneros y aproximadamente 50 especies. La forma de su cuerpo es intermedia entre la de un tiburón y la de una raya típica; tienen dos aletas dorsales y una caudal; presentan una hilera de dentículos en la línea media dorsal y la cola carece de espina (Fig. 3b).

☞ Pristoideos (Peces sierra): este grupo contiene 1 género y 6 especies. Los organismos tienen un hocico alargado con una hilera de dientes de igual tamaño a cada lado; su cuerpo algunas veces es parecido al de los tiburones, aunque la cabeza siempre está deprimida; tienen dos aletas dorsales y una caudal (Fig. 3c).

☞ Rajoideos (Rayas): este grupo contiene 18 géneros y aproximadamente 200 especies. Su aleta caudal está reducida o ausente, tienen de 0 a 2 aletas dorsales y la mayoría presentan dentículos en la piel, generalmente con una hilera a lo largo de la línea media dorsal, y la cola es extremadamente delgada (Fig. 3d).

☞ Miliobatoideos (Pastinacas): este grupo incluye 23 géneros y 158 especies. La mayoría de las cuales se caracterizan por presentar largas espinas venenosas sobre la cola (Fig. 3e).

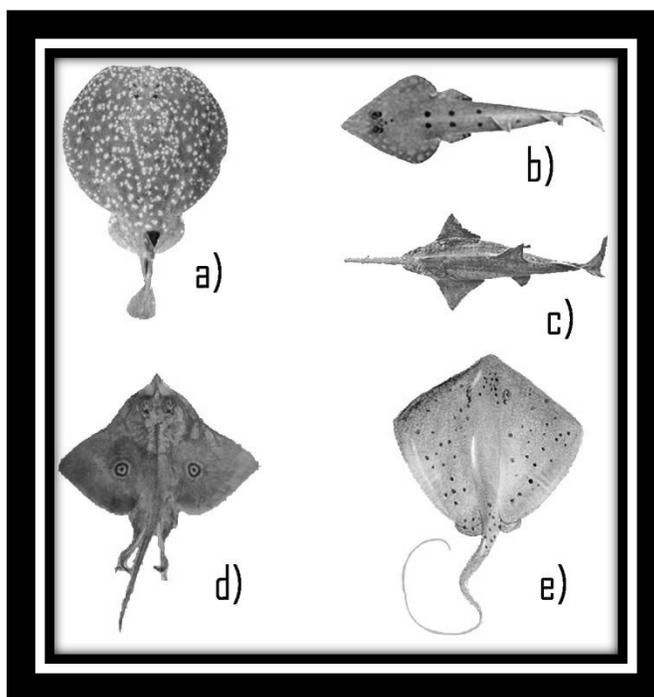


Figura 3. Grupos de Batoideos: a) Torpedinoideos, b) Rinobatoideos, c) Pristoideos, d) Rajoideos, e) Miliobatoideos.

De estos cinco grupos los miliobatoideos son el grupo más avanzado y especializado. En México es el grupo más abundante con cerca de 40 especies, distribuidas en 11 géneros y 6 familias (Castro-Aguirre y Espinosa, 1996).

El cuerpo, la cabeza y las aletas pectorales los miembros de la superfamilia Myliobatoidea, constituyen un disco muy amplio. Las aletas mencionadas no se unen al frente, se interrumpen a los lados de la cabeza y reaparecen por delante del rostro en forma de una o dos protuberancias que se conocen como aletas cefálicas. La cola es muy larga, delgada y a manera de látigo. Algunos presentan una espina fuerte detrás de la dorsal y dientes grandes, deprimidos y hexagonales (Álvarez, 1979). En dicha superfamilia encontramos 6 familias: Dasyatidae, Urolophidae, Gymnuridae, Myliobatidae, Rhinopteridae y Mobulidae (Fig. 4; Cappetta, 1987).

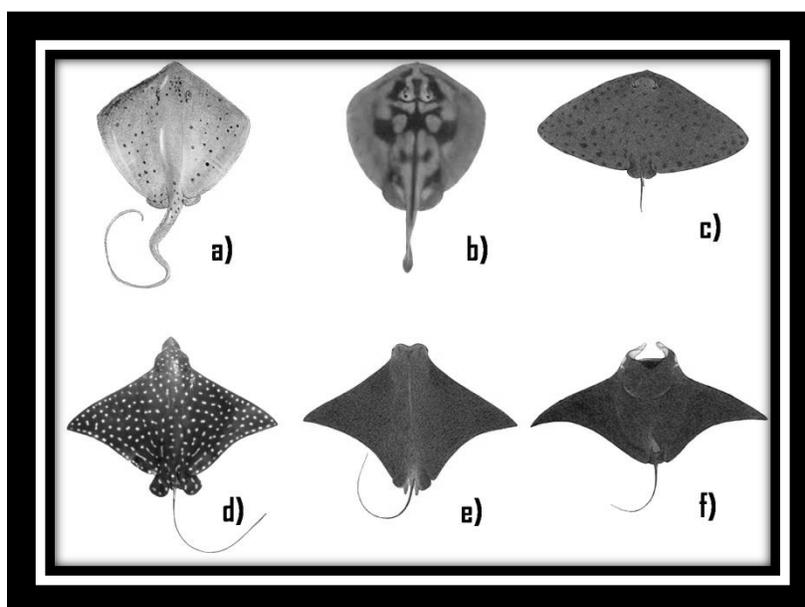


Figura 4. Familias de Miliobatoideos: a) Dasyatidae, b)Urolophidae, c)Gymnuridae, d)Myliobatidae, e)Rhinopteridae y f)Mobulidae.

FAMILIA MOBULADAE

Los miembros de la familia Mobulidae, tienen el disco con el eje trasversal mayor que el longitudinal, presentan aletas pectorales amplias y bien desarrolladas, con una región caudal en forma de látigo, algunas especies como *Mobula japonica*, presentan una espina en la región caudal unida al disco (Álvarez, 1979). La característica que los distingue del resto de las familias es la presencia de un par de lóbulos cefálicos

grandes de los cuales se prolongan las aletas peribucales, estas son móviles y dirigen el alimento hacia la boca (Fig. 5).

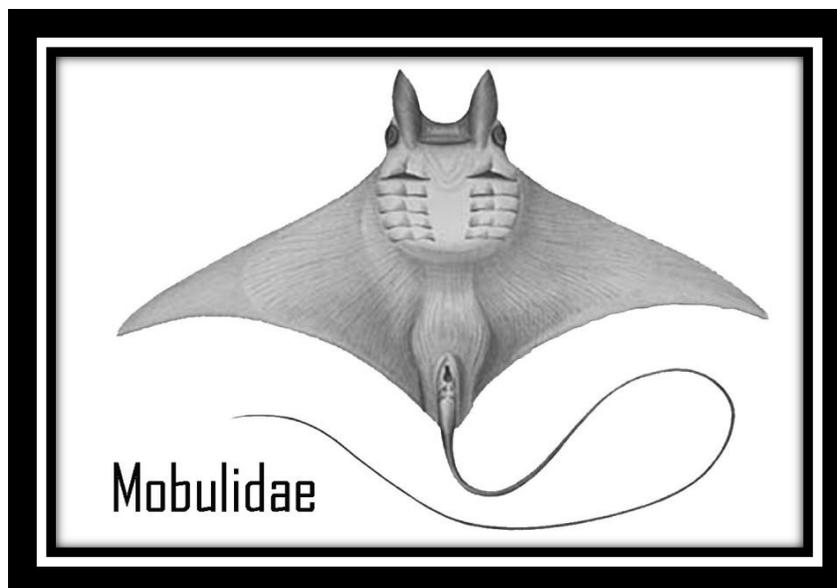


Figura 5. Mobulidae Gill, 1893. (Manta raya).

Se alimentan de organismos pequeños, ya que son filtradores (Cappetta, 1987). Por lo mismo no necesitan de una dentición para moler, aunque los dientes son una simple cúspide, usualmente bilobulados, presentan raíces que hace más evidente esos dientes elongados mesodistales (Purdy *et al.*, 2000). Sin embargo, los dientes de *Mobula sp.* son altamente variables en forma, dependiendo de la edad, de la posición del diente, del sexo y de la variabilidad entre los individuos (Cappetta, 1987). Esto se ve reflejado en los pequeños y numerosos, dientes presentes en las especies recientes. *Mobula japonica* presenta dientes en forma como de clavija (Cappetta, 1987), mientras que *Mobula thurstoni* se caracteriza por presentar dientes hexagonales (Lamilla y Bustamante, 2005).

ANTECEDENTES

Los trabajos realizados sobre morfología dental en batoideos se han encaminado al dimorfismo sexual, relacionándolo ya sea con los hábitos alimenticios o con el comportamiento que presentan dichos organismos durante el periodo reproductivo.

Feduccia y Slaughter realizaron un estudio en 1974 sobre el dimorfismo sexual dental de la familia Rajidae, encontrando que dicho dimorfismo se debía a que presentaban una pequeña diferencia en cuanto a los hábitos alimenticios y esto implicaba una reducción en la competencia intraespecífica por el alimento.

Tres años más tarde McEachran, en 1977, al examinar la morfología dental de cuatro especies diferentes de la familia Rajidae, no encontró ninguna diferencia en el contenido estomacal, sin embargo, presentaron dimorfismo sexual dentario, el cual estaba relacionado con el comportamiento reproductivo, pues el macho sujeta a la hembra durante la copulación.

En 1980 Mccourt y Kerstitch realizaron un estudio sobre el comportamiento reproductivo de *Urolophus concentricus* y observaron que el macho sujetaba a la hembra durante la copula. Posteriormente revisaron la morfología dental y concluyeron que el dimorfismo sexual dentario se debía a que el macho es quien sujeta a la hembra.

Notarbartolo-Di-Scaria en 1987 informó que las variaciones ontogenéticas y dimorfismo sexual se producen en dientes del género *Mobula*, declarando, "Los dientes Heterodontos es la característica más destacada de los mobulidos. El dimorfismo sexual dental, así como la heterodoncia ontogenética, la dignática y la monognática, ocurren en la mayoría de los miembros del género *Mobula*".

Un año después en 1988 Notarbartolo-Di-Scaria examinó 262 organismos pertenecientes al género *Mobula* en las costas del Golfo de California. *Mobula thurstoni* fue la más abundante (58%), seguida por *Mobula japonica* (30%), *Mobula munkiana* (9%) y *Mobula tarapacana* (3%). Presentando para cada especie los datos sobre el tamaño, peso, sexo, historia de vida, estacionalidad, hábitos de alimentación, comportamiento, hábitat y simbiosis.

Kajiura y Tricas en 1996 observan en *Dasyatis sabina* antes de iniciar el periodo reproductivo, los machos cambian su morfología dental. En el periodo no reproductivo la estructura dental masculina es similar a la de las hembras, siendo principalmente redondeado y molariforme. Sin embargo, mientras se acerca la estación reproductiva, los dientes masculinos llegan a ser agudos y estrechos para sujetar mejor a las hembras.

En el 2000 Purdy y colaboradores identificaron y describieron tres morfotipos dentales del género *Mobula* que encontraron en la Mina Lee Creek, Aurora, Carolina del Norte, sólo a nivel de género basándose en Notarbartolo-Di-Scaria, 1987.

Sáez y Lamilla en 2004 analizaron la morfología externa de 42 organismos adultos de *Bathyraja griseocauda*. Encontrando en ambas mandíbulas dientes homodontos y homocuspides dispuestos en filas transversales y paralelas. No encontraron una diferencia estadística significativa entre los dientes femeninos y masculinos.

En el 2004 Kobelkowsky realizó un estudio en tres especies diferentes de rayas. Encontrando que *Urotrygon chilensis* y *Dasyatis sabina* muestran un marcado dimorfismo sexual en la dentición, mientras que *Raja texana* lo presenta de manera discreta. Los dientes de las hembras de *U. chilensis* y *D. sabina* son molariformes, mientras que los de los machos son puntiagudos. En *R. texana* ambos sexos tienen dientes puntiagudos, siendo ligeramente más altos los de los machos.

***Mobula japonica* (MÜLLER Y HENLE, 1841)**

DESCRIPCIÓN GENERAL: disco rómbico de 1.6 a 1.7 veces tan ancho como largo; cabeza ancha y marcada del cuerpo; márgenes anteriores de las aletas pectorales formando dos aletas cefálicas separadas, las cuales se proyectan enfrente de la cabeza y están orientadas verticalmente, su longitud es aproximadamente el 7.5% de la longitud del disco; ojos y espiráculos a los lados de la cabeza. Espiráculos arqueados transversalmente por encima del nivel de las aletas pectorales. Banda superior de los dientes 75% y banda inferior 76% de la anchura de su boca. Sin aleta caudal, pero con una pequeña aleta dorsal en la base de la cola. Cola muy larga, su longitud es más o menos igual a la anchura del disco. Piel cubierta en la parte dorsal por dentículos muy pequeños (González, 2003; Fig. 6).

TALLA MÁXIMA: alcanza hasta 3.1 m de ancho del disco; usualmente más pequeñas de 2.5 m; nacen aproximadamente de 0.85 m de ancho del disco (González, 2003).

COLOR: superficie dorsal azul marino; superficie ventral blanquecina (González, 2003).

DISTRIBUCIÓN: conocida en muchas localidades en los océanos Atlántico, Pacífico e Índico (Last y Stevens, 1994).



Figura 6. *Mobula japonica* (Müller y Henle, 1841).

***Mobula thurstoni* (LLOYD, 1908)**

DESCRIPCIÓN GENERAL: disco rómbico, 1.6 veces tan ancho como largo; cabeza ancha y marcada del cuerpo; márgenes anteriores de las aletas pectorales formando dos aletas cefálicas separadas, las cuales se proyectan enfrente de la cabeza y están orientadas verticalmente, su longitud es aproximadamente el 8.6% de la longitud del disco. Banda dentaria superior el 72% y banda inferior 76% de la anchura de la boca. Bordes anteriores de las aletas pectorales con una doble curvatura. Ojos y espiráculos a los lados de la cabeza; espiráculos pequeños subcirculares y ventrales con respecto al plano de las aletas pectorales. Sin aleta caudal, pero con una pequeña aleta dorsal en la base de la cola. Cola aproximadamente el 60% de la anchura del disco. Superficie dorsal de la piel cubierta por dentículos dérmicos muy pequeños (González, 2003; Fig. 7).

TALLA MÁXIMA: 1.8m de anchura del disco, común hasta 1.5m (González, 2003).

COLOR: superficie dorsal azul oscuro; superficie ventral blanquecina. Los márgenes de las aletas pectorales son plateados, al igual que la región anterior de la boca (González, 2003).

DISTRIBUCIÓN: posiblemente circunglobal y pelágica en mares tropicales. Se distribuye en el Pacífico oriental, desde California hasta el norte de Chile incluyendo a las islas Galápagos (Last y Stevens, 1994).



Figura 7. *Mobula thurstoni* (Lloyd, 1908).

Como consecuencia de la variedad de formas que se pueden encontrar dentro de la misma banda de dientes de *Mobula sp.*, el uso de la morfología dental como una herramienta sistemática puede inducir a un error en cuanto a sus formas de vida (Purdy *et al.*, 2000).

Debe hacerse un esfuerzo en la identificación de los dientes que quedan como caracteres constantes dentro de cada especie, para de esta manera utilizar la morfología dental como una herramienta para la identificación del género *Mobula* y específicamente en las especies *Mobula japonica* y *Mobula thurstoni*.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL



Contribuir al estudio morfológico dental de *Mobula japonica* y *Mobula thurstoni*.

OBJETIVOS PARTICULARES



Describir detalladamente la estructura mandibular de *Mobula japonica* y *Mobula thurstoni*.



Describir la placa dentaria de ambas especies: *Mobula japonica* y *Mobula thurstoni*.



Describir los dientes de *Mobula japonica* y *Mobula thurstoni* en sus cinco diferentes caras.

MATERIAL Y MÉTODOS

Para la realización de este trabajo los organismos fueron colectados con fisga (Fig. 8) y un chinchorro a la deriva, durante los años 2003 y 2004. Las colectas se realizaron dentro de las costas del Pacífico mexicano, en Sonora y Baja California Sur; en este estudio se considero toda la región mandibular de los organismos.



Figura 8. Fisga; Arpón, generalmente de tres dientes, para pescar peces grandes.

Los organismos fueron sacrificados por asfixia y fijados en formaldehído neutralizado al 4%, para su posterior utilización.

Cada organismo fue determinado mediante las claves de Bigelow y Shoeder (1953), Compagno (1984), Notarbartolo-Di-Sciara (1989), McEachran y Notarbartolo-Di-Sciara (1995) y Castro-Aguirre y Espinosa-Perez (1996).

Posteriormente a cada organismo se le tomaron 4 medidas morfométricas (Fig. 9; Apéndice 1), que son:

1. Longitud total.
2. Longitud del disco.
3. Anchura del disco.
4. Anchura de la boca.

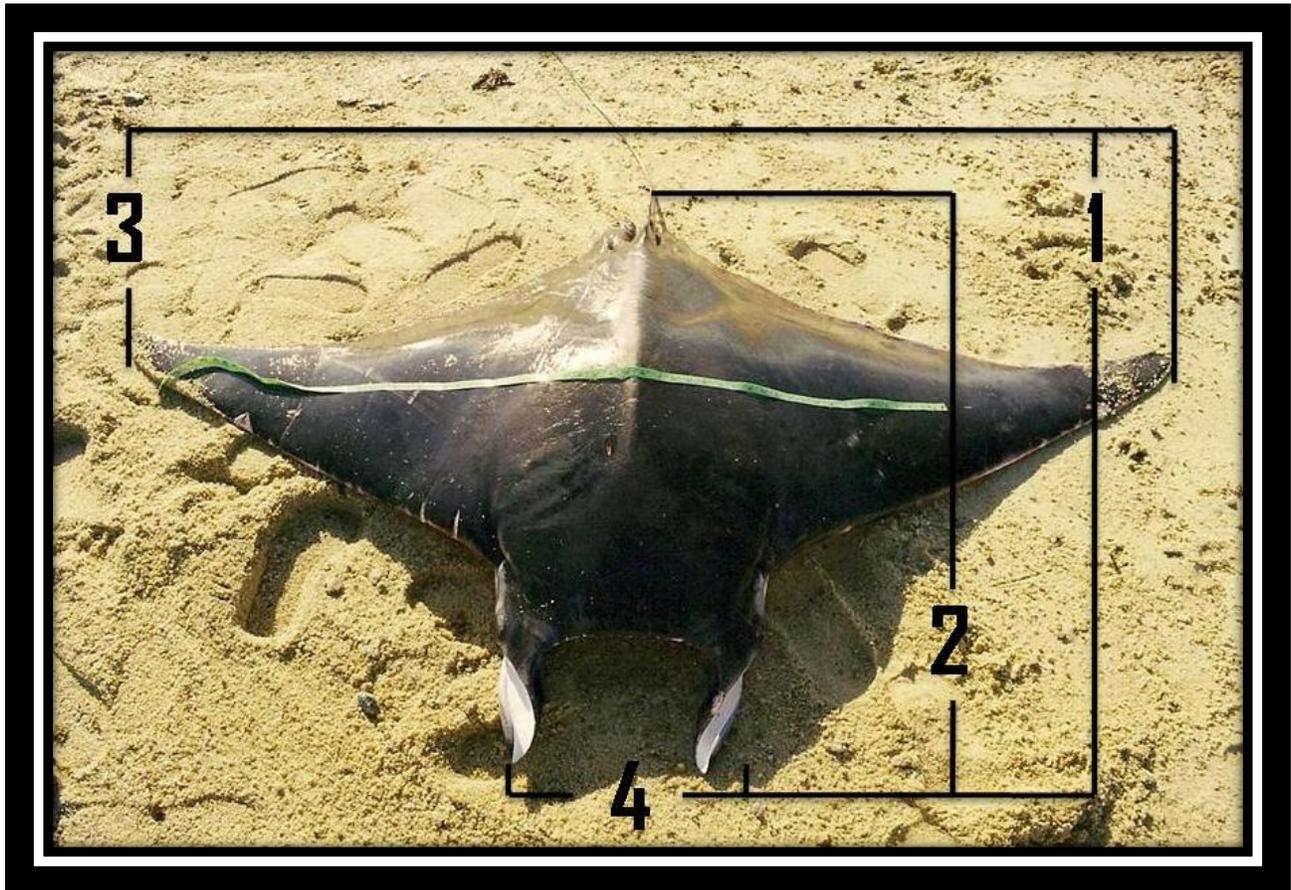


Figura 9. *Mobula thurstoni*; Medidas morfométricas: 1) Longitud total, 2) Longitud del disco, 3) Anchura del disco, 4) Anchura de la boca.

MANDÍBULAS

Las mandíbulas se retiraron de la cabeza de los ejemplares capturados, para ser limpiadas y descritas posteriormente.

PLACAS DENTALES

Se describieron detalladamente las placas dentales considerando (Fig. 10; Apéndice 2):

- a) Forma.
- b) Largo.
- c) Ancho.
- d) Número de dientes.
- e) Número de hileras dentales.
- f) Disposición de hileras dentales.

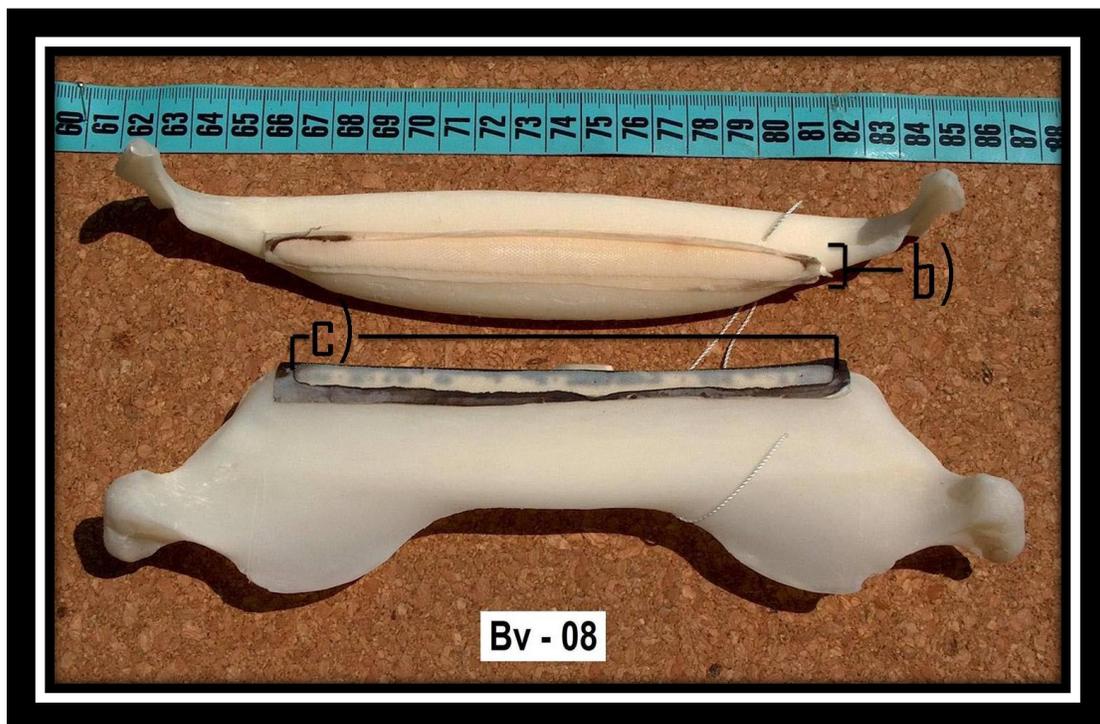


Figura 10. Placas dentales de *Mobula japonica* (Hembra): b) Largo, c) Ancho.

DIENTES

Los dientes fueron retirados para ser descritos con gran detalle en sus cinco diferentes vistas:

- 1) Vista labial (Fig. IIa).
- 2) Vista lingual (Fig. IIb).
- 3) Vista oclusal (Fig. IIc).
- 4) Vista basal (Fig. IId).
- 5) Vista lateral (Fig. IIe).

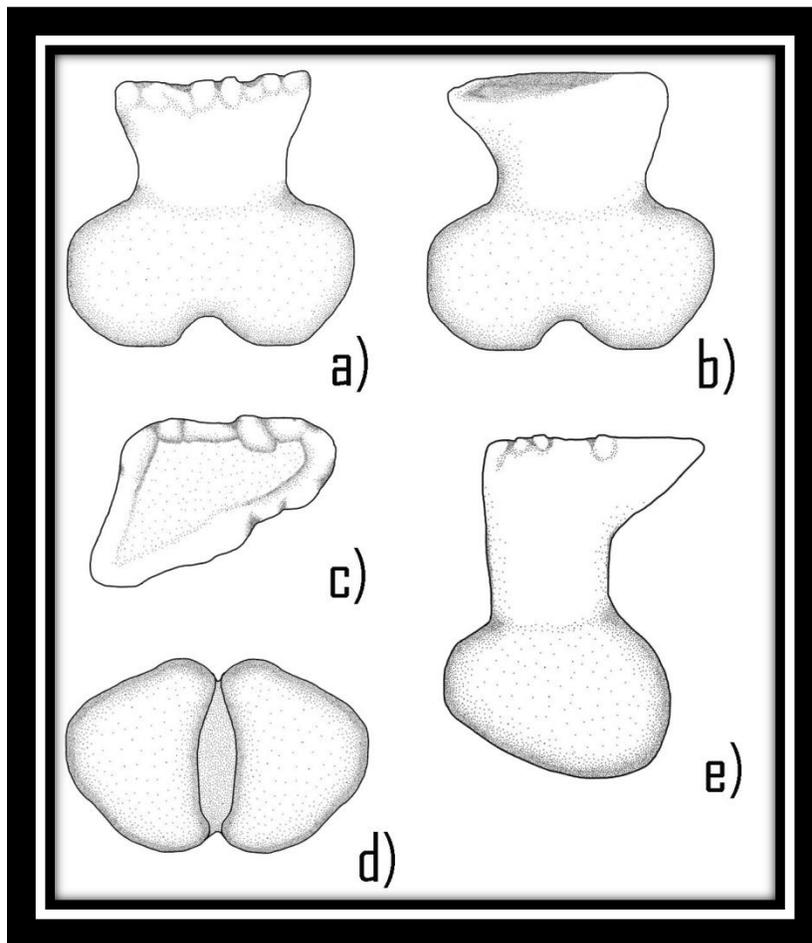


Figura II. Morfología dental: a) Vista labial, b) Vista lingual, c) Vista oclusal, d) Vista basal y e) Vista lateral.

La terminología empleada en la descripción de los dientes se basó en la empleada por Capetta (1987) y Purdy *et al.* (2000).

RESULTADOS

MANDÍBULAS

La mandíbula está formada por dos estructuras derivadas del primer arco branquial, formando un cartílago superior llamado palatoc cuadrado y uno inferior conocido como cartílago de Meckel (Kardong, 2006). En los organismos estudiados ambos cartílagos están fusionados a nivel de la sínfisis mandibular, observándose como una estructura única. La mandíbula se puede abrir y cerrar en plano coronal.

Mobula japonica (MÜLLER Y HENLE, 1841)

El cartílago superior o palatoc cuadrado es sumamente robusto en toda la su zona media, el borde superior central de este cartílago es convexo, hacia los costados en vista dorsal se encuentra la zona retroarticular exhibiendo una forma lenticular; mientras que en vista ventral podemos encontrar una pequeña elevación antes de llegar a la zona ánguloarticular (Fig. 12).

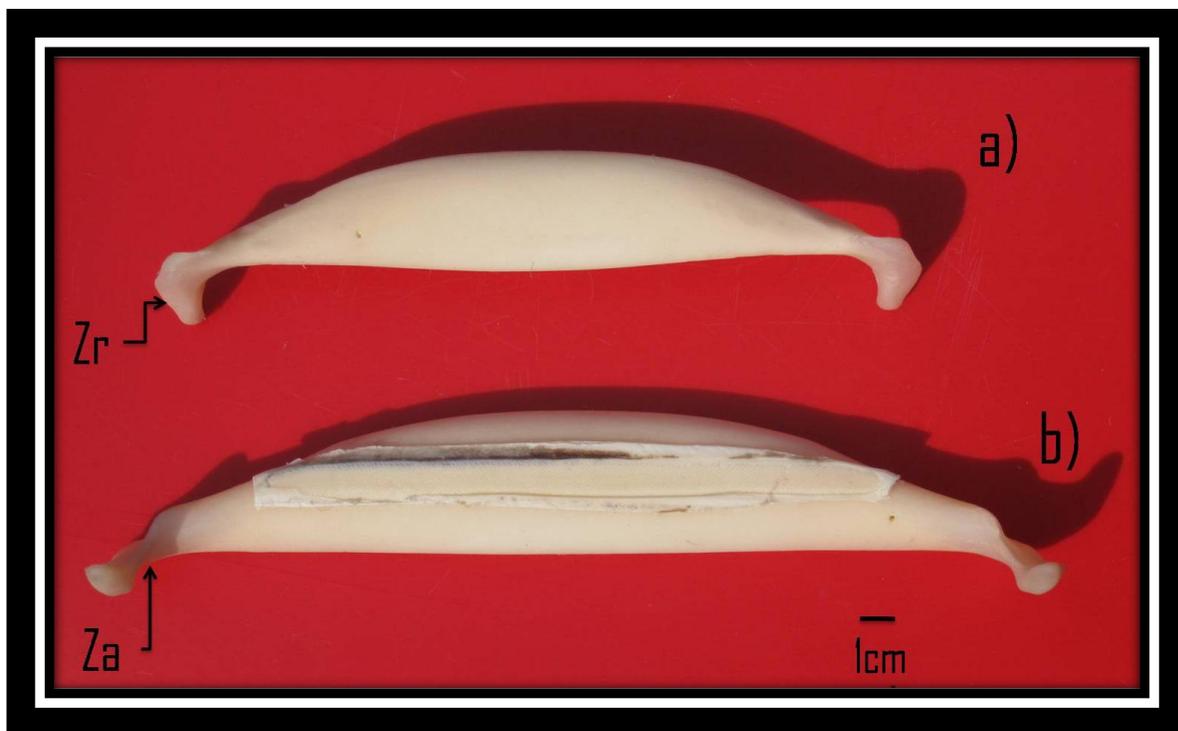


Figura 12. Cartílago Palatoc cuadrado de *Mobula japonica*. a) Vista dorsal, b) Vista ventral.

(Za: Zona ánguloarticular, Zr: Zona retroarticular).

El borde inferior central del cartílago de Meckel muestra una depresión en la zona posterior tanto en vista dorsal como en vista ventral. Dicho cartílago en vista dorsal presenta un ensanchamiento hacia sus partes distales, sin embargo, antes de llegar al proceso condilar se observa un declive, lo que hace que el cartílago de Meckel se vea más ancho. El borde exterior del proceso condilar es convexo exhibiendo una pequeña muesca, mientras que el borde interior presenta una estructura cóncava. En vista ventral podemos observar un par de procesos alares considerablemente anchos, los cuales ocupan prácticamente todo el cartílago de Meckel (Fig. 13).

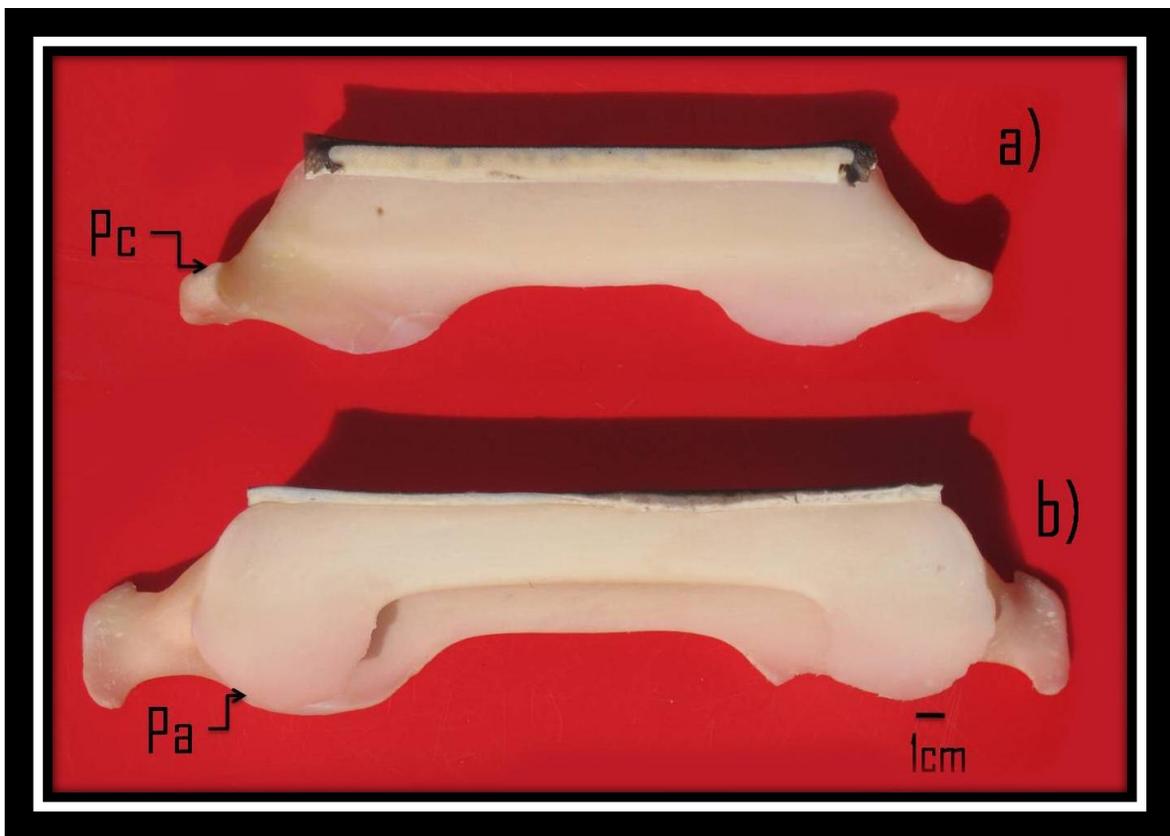


Figura 13. Cartílago de Meckel de *Mobula japonica*: a) Vista dorsal, b) Vista ventral.

(Pa: Proceso alar, Pc: Proceso condilar).

Mobula thurstoni (LLOYD, 1908)

El cartílago palatoc cuadrado es sumamente delgado, el borde superior central de este cartílago es notoriamente cóncavo. La zona retroarticular se puede observar en vista dorsal, dicha zona presenta un aplanamiento, sin embargo, en su borde distal se exhibe una pequeña cavidad. En vista ventral hacia los costados en la parte superior encontramos que antes de llegar a la zona ánguloarticular se presenta un pequeño declive; la zona ánguloarticular muestra una forma cóncava (Fig. 14).

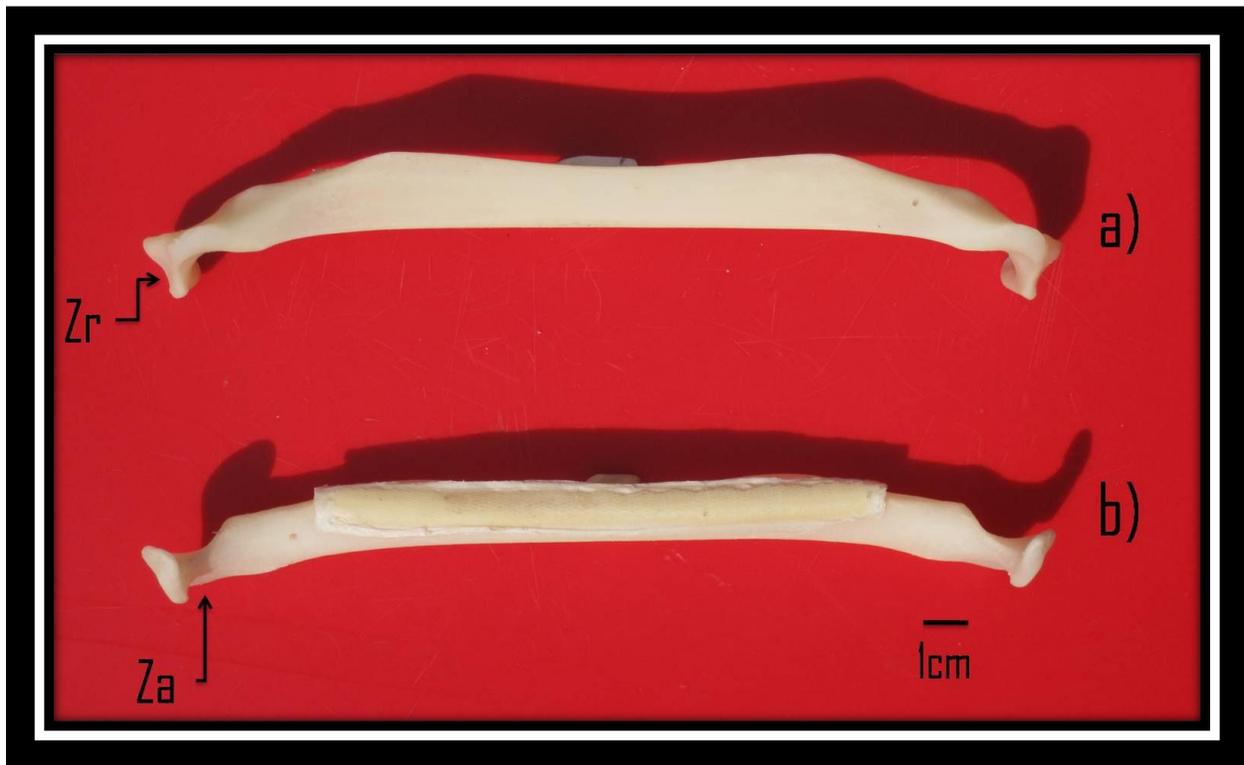


Figura 14. Cartílago Palatoc cuadrado de *Mobula thurstoni*: a) Vista dorsal, b) Vista ventral.

(Za: Zona ánguloarticular, Zr: Zona retroarticular).

Al igual que en *Mobula japonica* el borde inferior central del cartílago de Meckel muestra una depresión en la zona posterior tanto en vista dorsal como en vista ventral. Este cartílago en vista dorsal se aprecia más largo que ancho, debido a que no se observa un declive antes de llegar al proceso condilar, sin embargo, en el borde superior se exhiben un par de procesos esféricos a cada extremo distal del cartílago de Meckel. El borde exterior del proceso condilar es convexo, pero ligeramente pequeño, exhibiendo una pequeña muesca; mientras que el borde interior presenta una estructura cóncava. En vista ventral se presentan un par de procesos alares relativamente grandes, aunque, dichos procesos son más largos que anchos; a un costado antes de llegar al proceso condilar también podemos observar como emergen los procesos esféricos antes mencionados (Fig. 15).

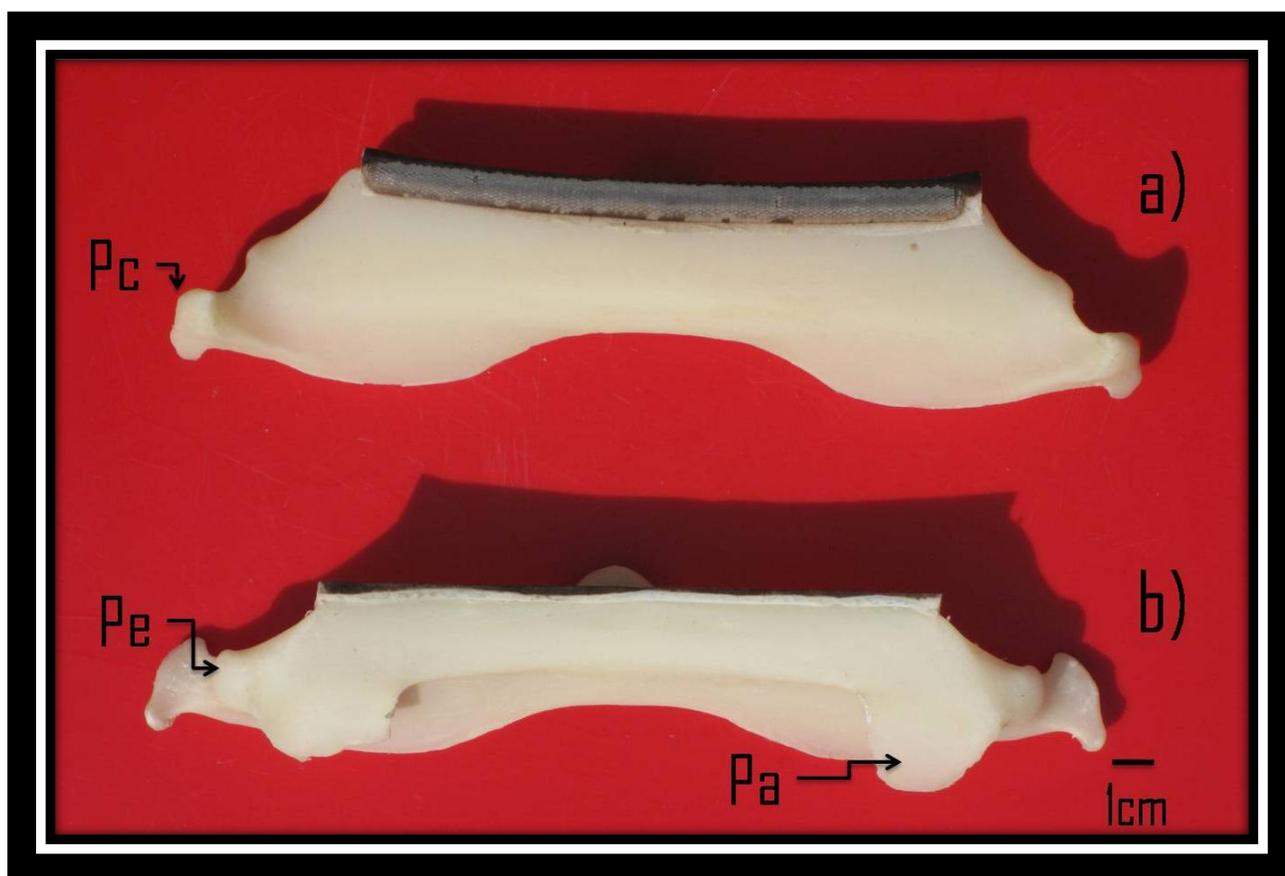


Figura 15. Cartílago de Meckel de *Mobula thurstoni*: a) Vista dorsal, b) Vista ventral.
(Pa: Proceso alar, Pc: Proceso condilar, Pe: Proceso esférico).

PLACAS DENTALES

Mobula japonica (MÜLLER Y HENLE, 1841)

El cartílago palatocuartado presenta su placa dental en vista ventral; dicha placa ocupa en promedio el 62.6% en los machos con respecto al ancho de la mandíbula, mientras que la placa dental del cartílago de Meckel se observa en vista dorsal, ocupando en promedio el 61.1% del total de la mandíbula inferior. La placa dental de las hembras ocupan en promedio el 60.8% tanto del cartílago palatocuartado como del cartílago de Meckel (Fig. 16; y Tabla 1).

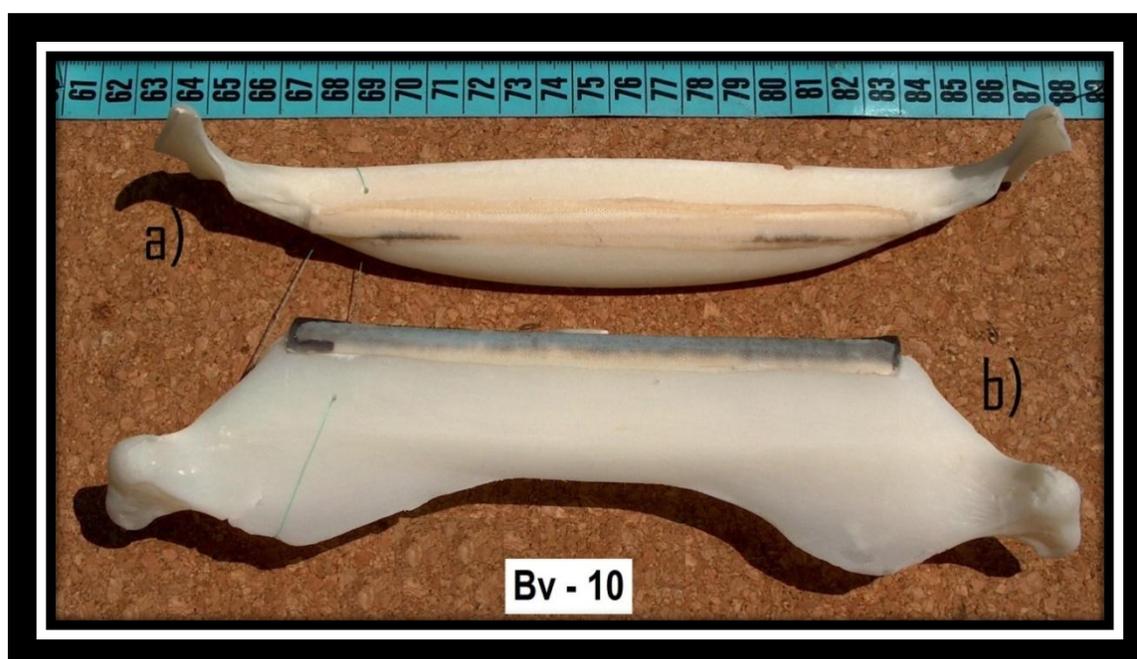


Figura 16. Placas dentales de *Mobula japonica*: a) Cartílago Palatocuartado, b) Cartílago de Meckel.

La placa dental presentó un patrón elipsoide tanto en la mandíbula superior como en la mandíbula inferior.

En cuanto a lo largo de la placa dental; los machos presentaron un largo mínimo de 0.70cm y un máximo de 1.30cm tanto en el cartílago palatocuartado como en el cartílago de Meckel. De forma contraria las hembras presentaron en el cartílago palatocuartado un largo mínimo de 0.9cm y un máximo de 1.19cm, mientras que en el cartílago de Meckel exhibieron un largo mínimo de 0.82cm y un máximo de 1.14cm (Tabla 2).

En lo referente a las hileras dentales, se distribuyen formando un ángulo en promedio de 45° en la zona central de la placa dental en ambos sexos. El cartílago palatoc cuadrado en machos presentó en promedio 211 hileras dentales, mientras que las hembras presentaron en promedio 216 hileras dentales. En el cartílago de Meckel se observaron en promedio 233 hileras en machos y 236 hileras dentales en hembras. Esto se ve reflejado en el número de dientes totales; puesto que el número de dientes presentes en el cartílago de Meckel son directamente proporcionales el número de hileras dentales. En el cartílago palatoc cuadrado de los machos se presentó un máximo de 3072 dientes, mientras que las hembras un máximo de 2616 dientes; en el cartílago de Meckel se contaron 3523 dientes en los machos, sin embargo, en las hembras se observó un máximo de 3029 dientes (Tabla 3).

	<i>MOBULA JAPONICA</i>		<i>MOBULA THURSTONI</i>	
	♀	♂	♀	♂
CARTÍLAGO PALATOCUADRADO	60.8%	62.6%	59%	59%
CARTÍLAGO DE MECKEL	60.8%	61.1%	60%	60%

Tabla 1. Porcentaje que ocupa la placa dental en el Cartílago Palatoc cuadrado y Cartílago de Meckel, con respecto al ancho de la mandíbula, tanto en *Mobula japonica* y *Mobula thurstoni*.

		<i>MOBULA JAPONICA</i>		<i>MOBULA THURSTONI</i>	
		♀	♂	♀	♂
CARTÍLAGO PALATOCUADRADO	LARGO MÍNIMO	0.90cm	0.70cm	0.64cm	0.64cm
	LARGO MÁXIMO	1.19cm	1.30cm	0.95cm	0.95cm
CARTÍLAGO DE MECKEL	LARGO MÍNIMO	0.82cm	0.70cm	0.62cm	0.62cm
	LARGO MÁXIMO	1.14cm	1.30cm	0.90cm	0.90cm

Tabla 2. Largo máximo y mínimo de la placa dental en el Cartílago Palatoc cuadrado y Cartílago de Meckel, tanto en *Mobula japonica* y *Mobula thurstoni*.

Mobula thurstoni (LLOYD, 1908)

La placa dental del cartilago palatoc cuadrado se puede observar en vista ventral; esta placa ocupa en promedio el 59% del total de la mandíbula superior, tanto en hembras como en machos. En vista dorsal se puede encontrar la placa dental del cartilago de Meckel; a diferencia de la mandíbula superior, en esta la placa dental ocupa el 60% de la mandíbula inferior (Fig. 17; y Tabla 1).



Figura 17. Placas dentales de *Mobula thurstoni*: a) Cartilago Palatoc cuadrado, b) Cartilago de Meckel.

En ambos cartílagos la placa dental presenta una forma rectangular, sin embargo, se observó una pequeña diferencia en cuanto a lo largo de dicha placa. El cartilago palatoc cuadrado presentó un largo máximo de 0.95cm y un mínimo de 0.64cm; mientras que el cartilago de Meckel presentó un largo máximo de 0.90cm y un mínimo de 0.62cm (Tabla 2).

En lo referente a las hileras dentales, estas se distribuyen formando un ángulo de 90° a lo largo de toda la placa dental en ambos sexos. El número de hileras dentales presentes en el cartílago palatocuartado son en promedio 80 hileras en hembras, mientras que los machos presentan en promedio 83 hileras. En el cartílago de Meckel se observaron en promedio 99 hileras en hembras y 102 hileras en machos. Esto se ve reflejado en el número de dientes totales; los machos en la mandíbula superior presentaron un máximo de 873 dientes, mientras que en el cartílago de Meckel se contaron 1250 dientes. Las hembras mostraron un patrón diferente, el número de hileras dentales es inversamente proporcional al número de dientes; el cartílago palatocuartado presento 1133 dientes como máximo, mientras que en el cartílago de Meckel se observaron 1040 dientes (Tabla 3).

		<i>MOBULA JAPONICA</i>		<i>MOBULA THURSTONI</i>	
		♀	♂	♀	♂
HILERAS DENTALES	CARTÍLAGO PALATOCUADRADO	216	211	80	83
	CARTÍLAGO DE MECKEL	236	233	99	102
NÚMERO DE DIENTES	CARTÍLAGO PALATOCUADRADO	2616	3072	1133	873
	CARTÍLAGO DE MECKEL	3029	3523	1040	1250

Tabla 3. Promedio de hileras dentales y número de dientes en el Cartílago Palatocuartado y Cartílago de Meckel, tanto en *Mobula japonica* y *Mobula thurstoni*.

DIENTES

Los dientes heterodontos son la característica más destacada de los mobúlidos (Notarbartolo-Di-Scaria, 1987). Tanto *Mobula japonica* como *Mobula thurstoni* presentaron una dentición conocida como vestigial, puesto que el tipo de dientes es el característico de una especie planctófaga. Los dientes en ambas especies son pequeños, numerosos y constituyen en conjunto las placas dentarias, soportadas por las mandíbulas.

Mobula japonica (MÜLLER Y HENLE, 1841)

Para esta especie se analizaron un total de 75,249 dientes, de los cuales 30,887 pertenecen a los machos, mientras que en las hembras se analizaron 44,362 dientes. *Mobula japonica* presentó dimorfismo sexual, por lo tanto, la descripción dental se dividió en machos y hembras.

MACHOS

Los machos de *Mobula japonica* presentaron heterodancia ontogenética, ya que el diente cambia de forma desde el desarrollo prenatal hasta su estado adulto, sin embargo, en su estado adulto se exhibieron en general solo tres morfotipos dentales, los cuales se describen a continuación.

MORFOTIPO DENTAL I

Este morfotipo dental es el característico de organismos adultos. Se puede encontrar tanto en la placa dental del cartílago palatocadrado como en la placa del cartílago de Meckel; así como en cualquier zona de la placa dental.

VISTA LABIAL

En esta vista se puede observar la presencia del pie de corona el cual divide el diente en dos partes la corona y la raíz. La corona mide aproximadamente dos veces más que la raíz, en el primer tercio se presenta un par de surcos los cuales se va ensanchando conforme se acerca a la parte apical de la corona; dichos surcos forma dos pequeñas crestas coronales. Desde este ángulo se puede apreciar que la raíz está dividida en dos lóbulos simétricos a través de una muesca longitudinal (Fig. 18a).

VISTA LINGUAL

El diente exhibe una cúspide, la cual se extiende desde el cuello lingual de la corona en una posición media entre los lóbulos de la raíz. De igual forma se observa el pie de corona; debajo de este se encuentra la muesca longitudinal dividiendo a la raíz en dos lóbulos simétricos. En esta vista se observan ligeramente las dos crestas coronales (Fig. 18b).

VISTA OCLUSAL

Desde este ángulo se puede observar una concavidad coronal, en dicha depresión se presentan algunas pequeñas estrías longitudinales. Los bordes del diente sobresalen formando una "V"; sin embargo, las esquinas superiores sobresalen aun más formando dos crestas coronales. En la parte inferior central se presenta lo que es la culminación de la cúspide, la cual presenta un vértice agudo y se extiende en dirección lingual (Fig. 18c).

VISTA BASAL

Presenta dos lóbulos simétricos de forma arriñonada, divididos por una profunda muesca longitudinal. El par de lóbulos presentan una ornamentación irregular (Fig. 18d).

VISTA LATERAL

Se observa una cúspide, la cual se extiende sobre el cuello lingual de la corona; también se aprecia una de las pequeñas crestas coronales. En esta vista la zona labial presenta una forma convexa la cual va disminuyendo conforme se va acercando al pie de corona. Por debajo del pie de corona se percibe claramente uno de los dos lóbulos que conforman la raíz (Fig. 18e).

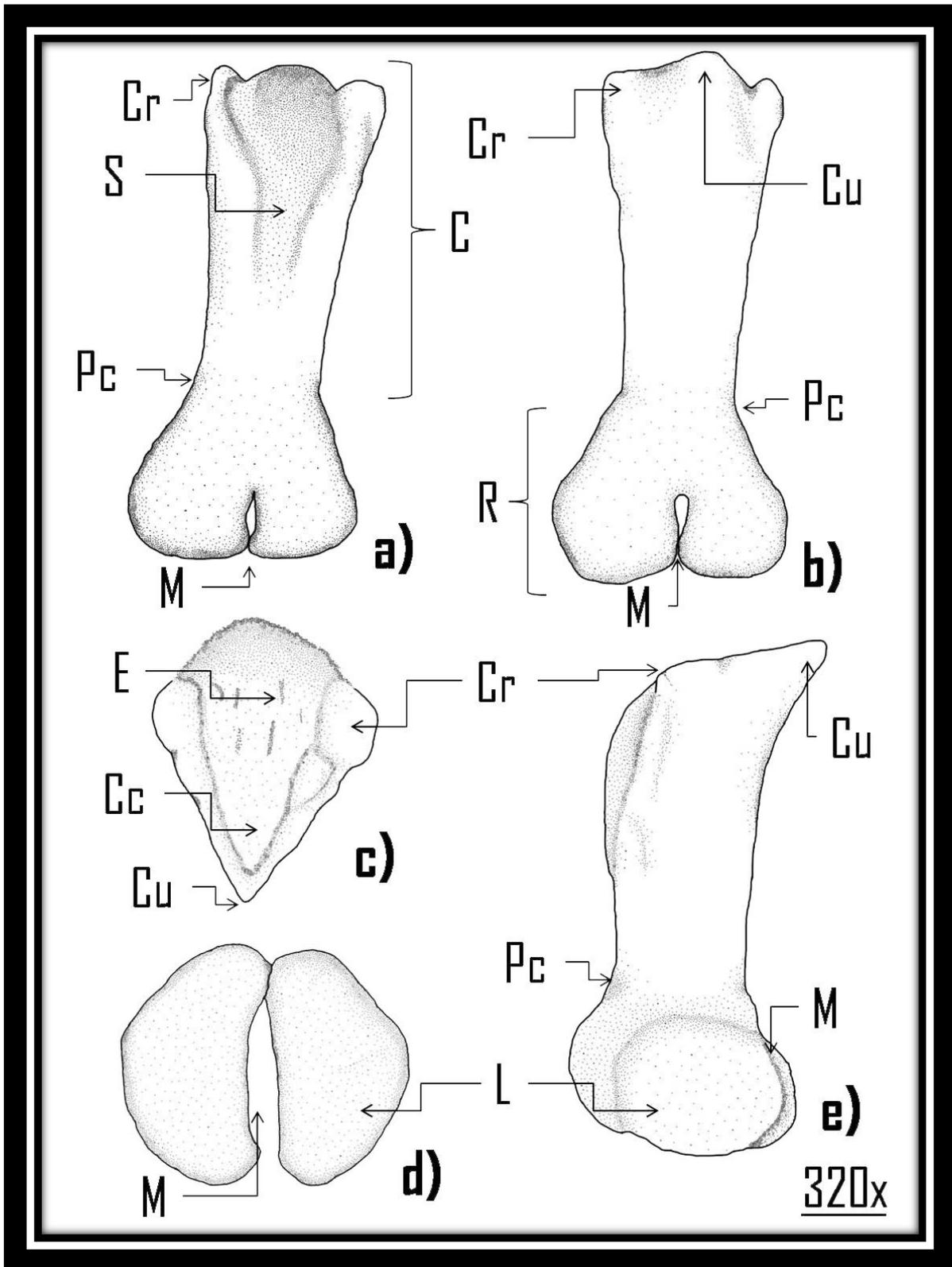


Figura 18. *Mobula japonica* (Morfortipo dental I, ♂): a) Vista labial, b) Vista lingual, c) Vista oclusal, d) Vista basal y e) Vista lateral. (Cc: Concavidad coronal, Cr: Cresta coronal, Cu: Cúspide, E: Estría longitudinal, L: Lóbulo, M: Muesca, Pc: Pie de corona, S: Surco).

MORFOTIPO DENTAL 2

Este diente se encuentra en organismos de talla mediana, tanto en la placa del cartílago palatoc cuadrado como en la presenta en el cartílago de Meckel.

VISTA LABIAL

En esta vista se observa el pie de corona el cual divide el diente en la corona y la raíz. Este diente es más ancho y menos largo, la corona mide poco más que la raíz. La raíz se encuentra dividida en dos lóbulos anchos a través de una muesca longitudinal. En la parte apical de la corona, se exhibe un gran número de pequeñas crestas coronales sin ninguna distribución aparente (Fig. 19a).

VISTA LINGUAL

En la zona apical de la corona se alcanzan a observar algunas de las crestas coronales. El diente presenta una gran cúspide en dirección lingual. De igual forma se observa el pie de corona; debajo de este se encuentra la muesca longitudinal dividiendo la raíz en dos grandes lóbulos (Fig. 19b).

VISTA OCLUSAL

Este diente se caracteriza por presentar una cúspide con un vértice muy agudo, al igual que una gran cantidad de crestas coronales, tanto en cada uno de los bordes como en toda la zona labial central; estas crestas no presentan ninguna distribución aparente. También se puede apreciar una pequeña concavidad coronal en la parte inferior central de dicho diente (Fig. 19c).

VISTA BASAL

Se observan dos lóbulos asimétricos en forma arriñonada, dichos lóbulos presentan una ornamentación irregular. La raíz está dividida por una profunda muesca longitudinal, esta última, en la parte central presenta un foramen (Fig. 19d).

VISTA LATERAL

Esta vista exhibe algunas de las crestas coronales que se presentan en los bordes de la zona apical. Se observa como la cúspide se extiende sobre el cuello lingual de la corona. En esta vista el cuello de la corona presenta una forma regular tanto en la zona labial como en la zona lingual. Por debajo del pie de corona se percibe uno de los dos lóbulos que conforman la raíz (Fig. 19e).

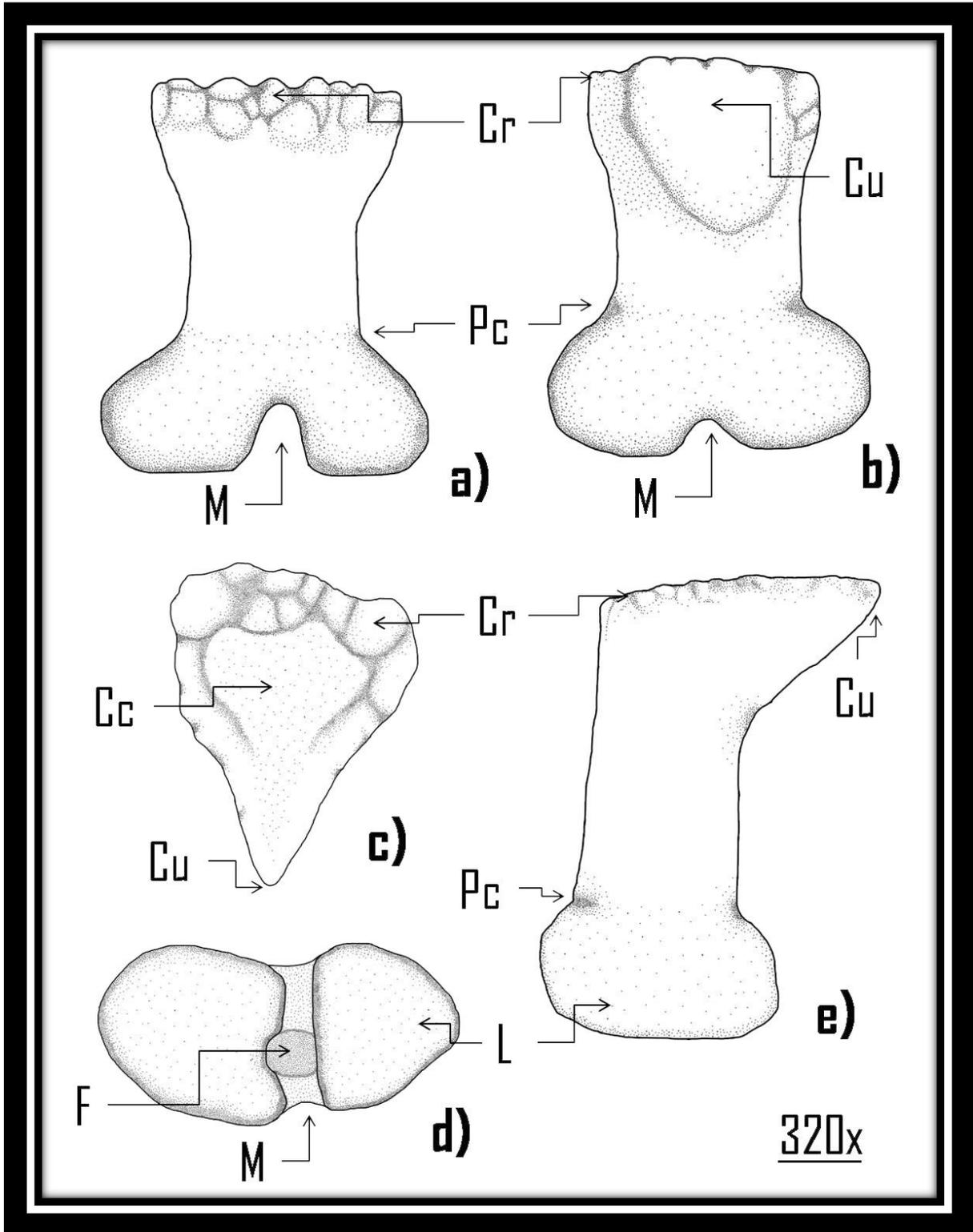


Figura 19. *Mobula japonica* (Morfotipo dental 2, ♂): a) Vista labial, b) Vista lingual, c) Vista oclusal, d) Vista basal y e) Vista lateral. (Cc: Concavidad coronal, Cr: Cresta coronal, Cu: Cúspide, F: Foramen, L: Lóbulo, M: Muesca, Pc: Pie de corona).

MORFOTIPO DENTAL 3

Este diente se localiza en la placa dental del cartílago palatocadrado formando una o dos filas en la zona media de dicha placa dental. Se caracteriza porque está conformado por la unión de dos morfotipo dentales 2 y se presenta solo en organismos de talla mediana.

Al igual que el morfotipo dental 2 (Fig. 19d y 19e) en vista basal se observan dos lóbulos asimétricos, los cuales presentan una ornamentación irregular. La raíz está dividida por una muesca longitudinal, en la parte central de esta se presenta un foramen. Mientras que en vista lateral se alcanzan a observar algunas de las crestas coronales que presentan los bordes de la zona apical. Se observa como la cúspide sobre sale del cuello lingual de la corona. Por debajo del pie de corona se percibe uno de los dos lóbulos que conforman la raíz.

VISTA LABIAL

El diente presenta una forma cuadrangular. En la zona apical se observan claramente un gran número de crestas coronales, las cuales están divididas en la parte central por una muesca longitudinal. El cuello de la corona presenta una concavidad, llegando a su punto máximo en lo que se conoce como pie de corona. La raíz se encuentra dividida en dos lóbulos anchos a través de una muesca longitudinal (Fig. 20a)

VISTA LINGUAL

En la zona apical se observa claramente la muesca longitudinal y algunas de las crestas coronales que conforman la parte más expuesta del diente. El diente presenta un par de cúspides, las cuales se extienden sobre el cuello lingual de la corona. De igual forma se observa el pie de corona; debajo de este se encuentra la muesca longitudinal dividiendo la raíz en dos grandes lóbulos (Fig. 20b)

VISTA OCLUSAL

Este diente presenta una forma de "W". En la parte superior central del diente se observan varias crestas longitudinales, formando entre estas, algunos canales. En los sectores laterales también se presentan algunas crestas coronales pequeñas, son embargo, en la zona inferior se aprecia una pequeña concavidad coronal, lo cual hace que se observe un borde regular; esto se puede percibir en ambas cúspides (Fig. 20c).

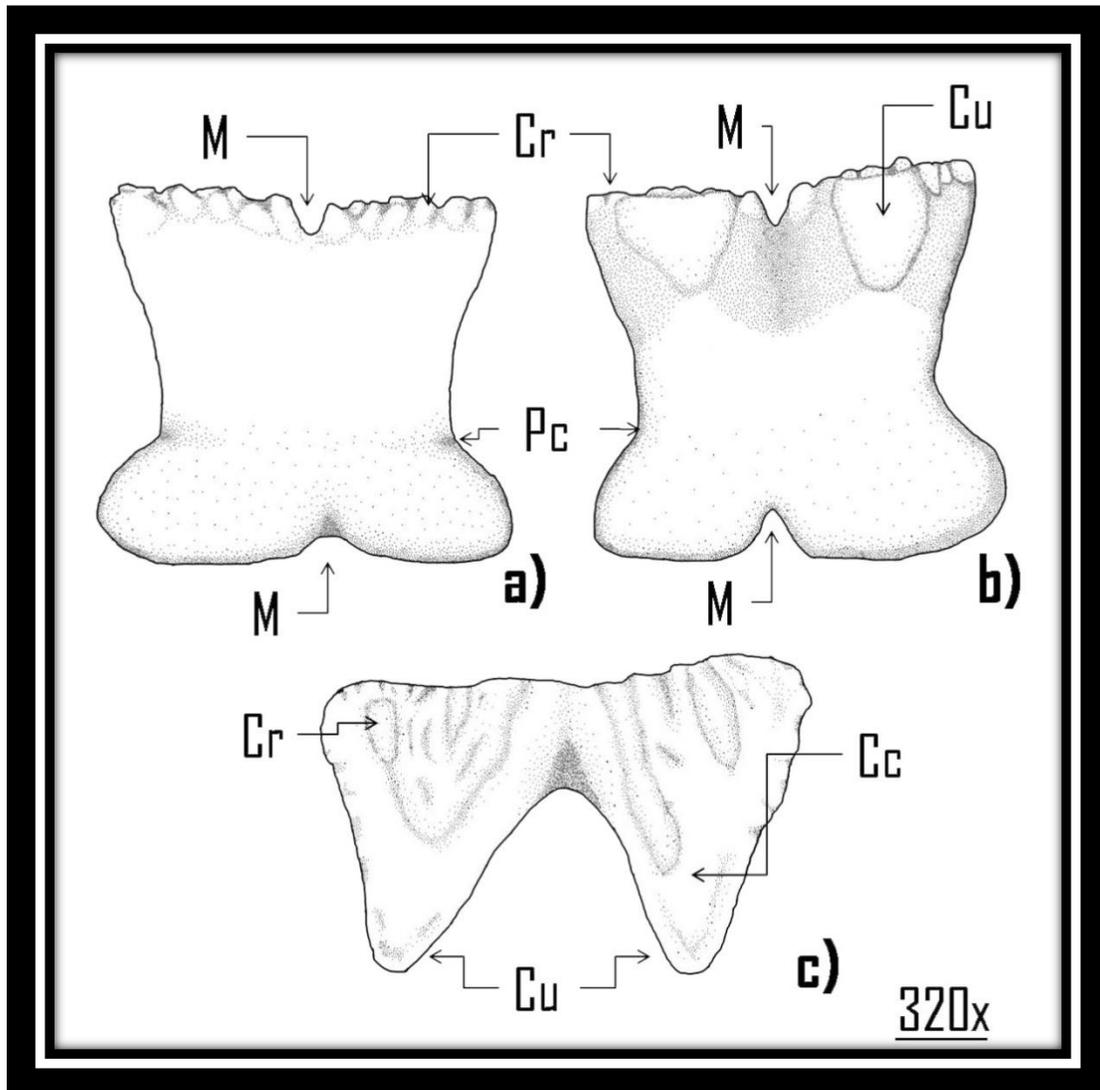


Figura 20. *Mobula japonica* (Morfotipo dental 3, ♂): a) Vista labial, b) Vista lingual y c) Vista oclusal.
(Cc: Concavidad coronal, Cr: Cresta coronal, Cu: Cúspide, L: Lóbulo, M: Muesca, Pc: Pie de corona).

HEMBRAS

Las hembras de esta especie, al igual que los machos presentaron heterodoncia ontogenética, sin embargo, las hembras también presentaron heterodoncia monognatica, ya que dentro de la misma mandíbula se observa más de un tipo de diente. A continuación se describen cuatro morfotipos dentales característicos en hembras de *Mobula japonica*.

MORFOTIPO DENTAL I

Este diente se presenta tanto en organismos adultos como en organismos de tallas medianas. La característica principal del morfotipo dental I es que solo se observa en la placa dental del cartílago palatoc cuadrado o mandíbula superior.

VISTA LABIAL

En la zona apical se observan varias de las crestas coroneales. Se presenta claramente el pie de corona, la raíz está dividida en dos lóbulos a través de una muesca longitudinal (Fig. 21a).

VISTA LINGUAL

El diente exhibe una cúspide. De igual forma se observa el pie de corona; debajo de este se encuentra la muesca longitudinal dividiendo a la raíz en dos lóbulos, los cuales, son más anchos que largos. En esta vista se observan ligeramente unas de las crestas coroneales (Fig. 21b).

VISTA OCLUSAL

Desde este ángulo se observa que la zona labial del diente es convexa y presenta crestas coroneales tanto en la zona central como en la zona lateral. En la zona inferior central se aprecia una concavidad coronal y como sobre sale una pequeña cúspide en dirección lingual, la cual presenta un vértice romo (Fig. 21c).

VISTA BASAL

Presenta dos lóbulos simétricos, divididos por una profunda muesca longitudinal, esta última exhibe dos forámenes. El par de lóbulos presentan una ornamentación irregular (Fig. 21d).

VISTA LATERAL

Se observa claramente la cúspide, la cual se extiende sobre el cuello lingual de la corona; también se aprecian algunas de las crestas coronales. Por debajo del pie de corona se percibe uno de los dos lóbulos que conforman la raíz (Fig. 21e).

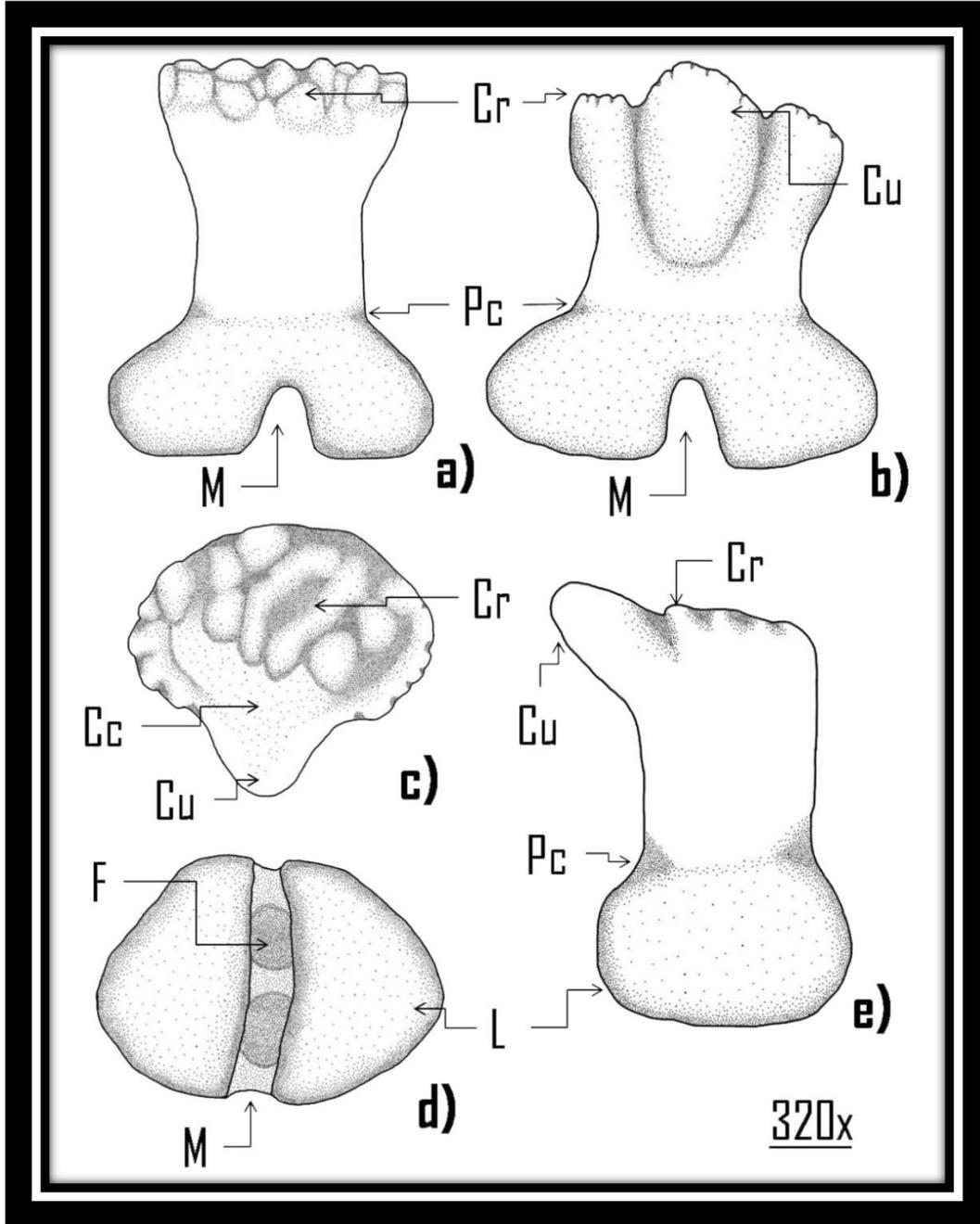


Figura 21. *Mobula japonica* (Morfotipo dental I, ♀): a) Vista labial, b) Vista lingual, c) Vista oclusal, d) Vista basal y e) Vista lateral.

(Cc: Concavidad coronal, Cr: Cresta coronal, Cu: Cúspide, F: Foramen, L: Lóbulo, M: Muesca, Pc: Pie de corona).

MORFOTIPO DENTAL 2

Este diente presenta características muy similares al morfotipo dental 1, por ello solo se describe la vista oclusal. También se presenta tanto en organismos adultos como en organismos de tallas medianas. La característica principal de este diente es que solo se localiza en las zonas más distales de la placa dental del cartílago de Meckel o mandíbula inferior.

VISTA OCLUSAL

La zona labial del diente es convexa, presenta crestas coronales amplias tanto en la zona central como en la zona lateral. Presenta una cúspide bastante clara y ligeramente más larga que el diente anterior, sin embargo, su vértice se observa más agudo. En la zona posterior central se aprecia una concavidad coronal (Fig. 22).

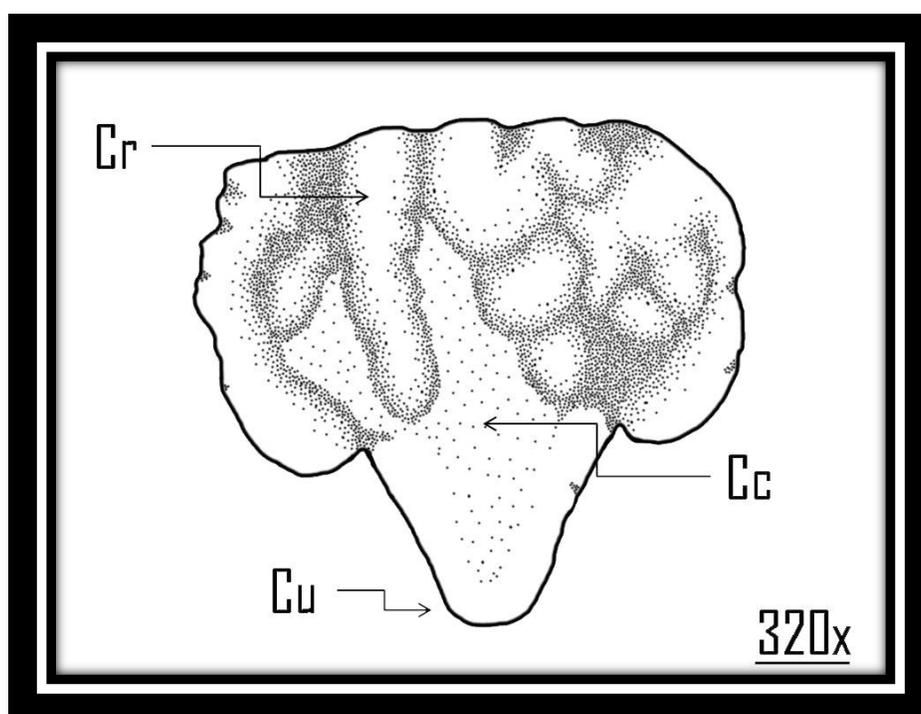


Figura 22. *Mobula japonica* (Morfotipo dental 2, ♀): Vista oclusal.

(Cc: Concavidad coronal, Cr: Cresta coronal, Cu: Cúspide).

MORFOTIPO DENTAL 3

Este diente al igual que los dos anteriores se presenta tanto en organismos adultos como en organismos de tallas medianas. Dicho diente se presenta ocasionalmente en las zonas más distales de la placa dental del cartílago palatocadrado o mandíbula superior; sin embargo, es el principal morfotipo dental presente en la placa dental del cartílago de Meckel.

VISTA LABIAL

En la zona apical se observa la concavidad coronal y un par de crestas coronales. Se presenta el pie de corona, la raíz es bilobulada y claramente más ancha que la corona (Fig. 23a).

VISTA LINGUAL

El diente exhibe claramente una cúspide y una par de crestas coronales. De igual forma se observa el pie de corona. La raíz presenta una muesca longitudinal (Fig. 23b).

VISTA OCLUSAL

Desde este ángulo se observa que el diente es sumamente sencillo. En la zona central se presenta una amplia concavidad coronal; mientras que la zona labial del diente se presentan tres pequeñas crestas coronales. En la zona posterior central se aprecia como sobre sale una pequeña cúspide en dirección lingual (Fig. 23c).

VISTA BASAL

La raíz es bilobulada, sin embargo, los lóbulos son totalmente asimétricos, dichos lóbulos están separados por una muesca longitudinal y en la parte central de ésta se observa un foramen (Fig. 23d).

VISTA LATERAL

Se observa claramente la cúspide, la cual sobresale del cuello lingual de la corona. Por debajo del pie de corona se percibe uno de los dos lóbulos que conforman la raíz, esta última presenta una ornamentación irregular (Fig. 23e).

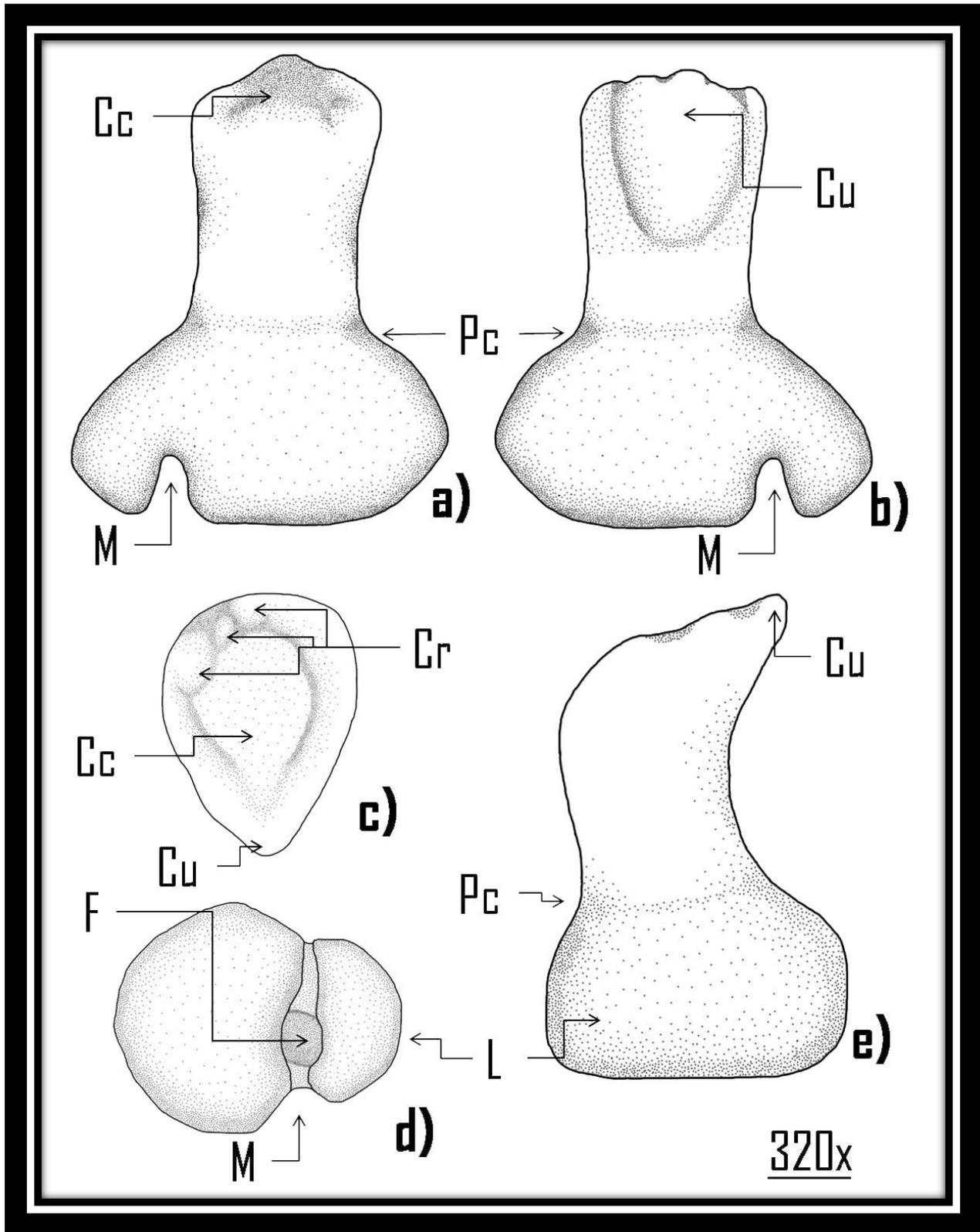


Figura 23. *Mobula japonica* (Morfortipo dental 3, ♀): a) Vista labial, b) Vista lingual, c) Vista oclusal, d) Vista basal y e) Vista lateral.

(Cc: Concavidad coronal, Cr: Cresta coronal, Cu: Cúspide, F: Foramen, L: Lóbulo, M: Muesca, Pc: Pie de corona).

MORFOTIPO DENTAL 4

A diferencia de los dientes anteriores, el morfotipo dental 4 solo se presenta en organismos de tallas pequeñas. Dicho diente es el único que se exhibe constantemente en las zonas más distales de la placa dental del cartílago palatoc cuadrado o mandíbula superior.

VISTA LABIAL

En la zona apical se observan varias de las crestas coronales. El cuello que conforma la corona presenta una forma cóncava llegando a su punto máximo donde se encuentra el pie de corona. La raíz es bilobulada y claramente más ancha que la corona (Fig. 24a).

VISTA LINGUAL

El diente exhibe una cúspide presentando una clara inclinación hacia la zona media de la placa dental; también se aprecia la concavidad coronal. De igual forma se observa el pie de corona. La raíz presenta una muesca longitudinal (Fig. 24b).

VISTA OCLUSAL

En esta vista se aprecia que la cúspide del diente tiene una clara inclinación de 45° aproximadamente, en dirección a la zona media de la placa dental. En la zona central se presenta una amplia concavidad coronal; mientras que la zona labial del diente solo se presentan algunas pequeñas crestas coronales (Fig. 24c).

VISTA BASAL

Al igual que los dientes anteriores la raíz es bilobulada; los lóbulos son totalmente simétricos y dichos lóbulos están separados por una muesca longitudinal. En este morfotipo no se observaron forámenes (Fig. 24d).

VISTA LATERAL

Se observan algunas de las crestas coronales, al igual que la cúspide. Desde este ángulo se aprecia que el cuello de la corona es claramente más delgado que la raíz. Por debajo del pie de corona se percibe uno de los dos grandes lóbulos que conforman la raíz (Fig. 24e).

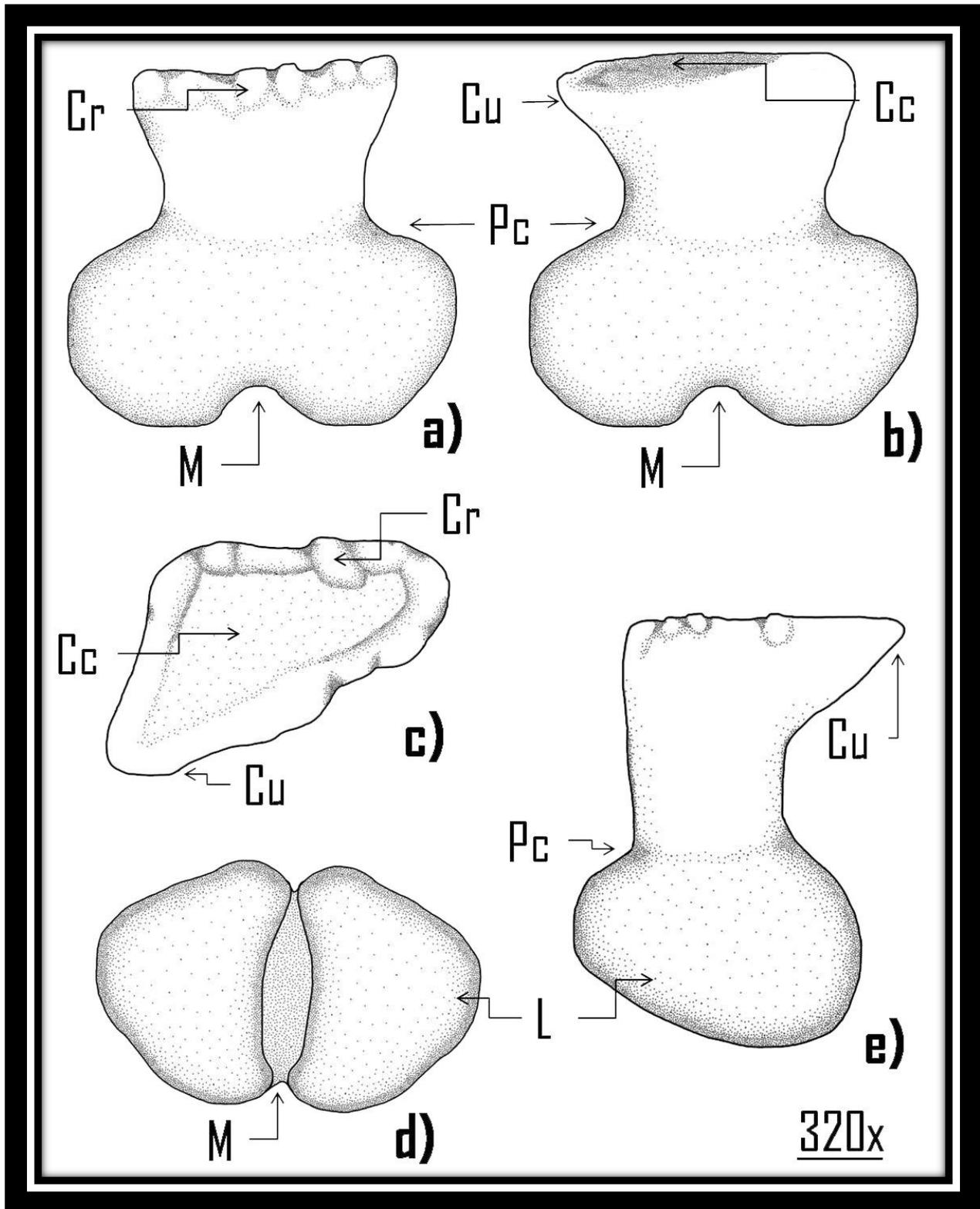


Figura 24. *Mobula japonica* (Morfotipo dental 4, ♀): a) Vista labial, b) Vista lingual, c) Vista oclusal, d) Vista basal y e) Vista lateral.
(Cc: Concavidad coronal, Cr: Cresta coronal, Cu: Cúspide, F: Foramen, L: Lóbulo, M: Muesca, Pc: Pie de corona).

Mobula thurstoni (LLOYD, 1908)

Para *Mobula thurstoni* se analizaron 17,914 dientes de los cuales 12,669 pertenecen a los machos, mientras que las hembras presentaron 5,245 dientes. En esta especie se observó un ligero dimorfismo sexual.

MACHOS

En los machos de *Mobula thurstoni* se observó una ligera heterodoncia ontogenética, ya que el diente de esta especie presenta un ligero cambio desde el desarrollo prenatal hasta su estado adulto. También presentaron heterodoncia dignática, esto se refiere a que se observaron diferencias entre los dientes del cartílago palatocadrado y los presentes en el cartílago de Meckel; por último se observaron diferencias dentro del mismo cartílago lo cual se conoce como heterodoncia monognática. De manera general en su estado adulto los machos de esta especie exhibieron 4 morfotipos dentales, los cuales se describen a continuación.

MORFOTIPO DENTAL I

Este morfotipo dental se presenta en todos los organismos y se puede localizar en cualquier zona de la placa dental del cartílago palatocadrado o mandíbula superior, ya que se presenta sin ninguna distribución aparente.

VISTA LABIAL

En la zona apical del diente se alcanzan a observar algunas pequeñas crestas coroneales, al igual que un par de muescas longitudinales. También se puede observar el pie de corona el cual divide al diente en corona y raíz. La raíz está dividida en tres lobulillos simétricos a través de un par de muescas longitudinales (Fig. 25a).

VISTA LINGUAL

El diente presenta tres cúspides, las cuales están divididas por un par de muescas longitudinales. También se exhibe el pie de corona, debajo de este, se observan los tres lobulillos (Fig. 25b).

VISTA OCLUSAL

Este diente se caracteriza por presentar tres cúspides con vértice aguado, las cuales están divididas por un par de muescas longitudinales. Al igual que un gran número de crestas coronales sin ninguna distribución aparente (Fig. 25c).

VISTA BASAL

La raíz está conformada por tres lobulillos, los cuales están divididos por un par de muescas longitudinales (Fig. 25d).

VISTA LATERAL

En esta vista se observa una de las tres cúspides que conforman el diente, la cual se extiende sobre el cuello lingual de la corona. En esta vista el cuello de la corona presenta una forma convexa en la zona lingual, mientras que la zona labial presenta una forma cóncava. Por debajo del pie de corona se percibe uno de los lobulillos que conforman la raíz, los cuales son transversalmente comprimidos (Fig. 25e).

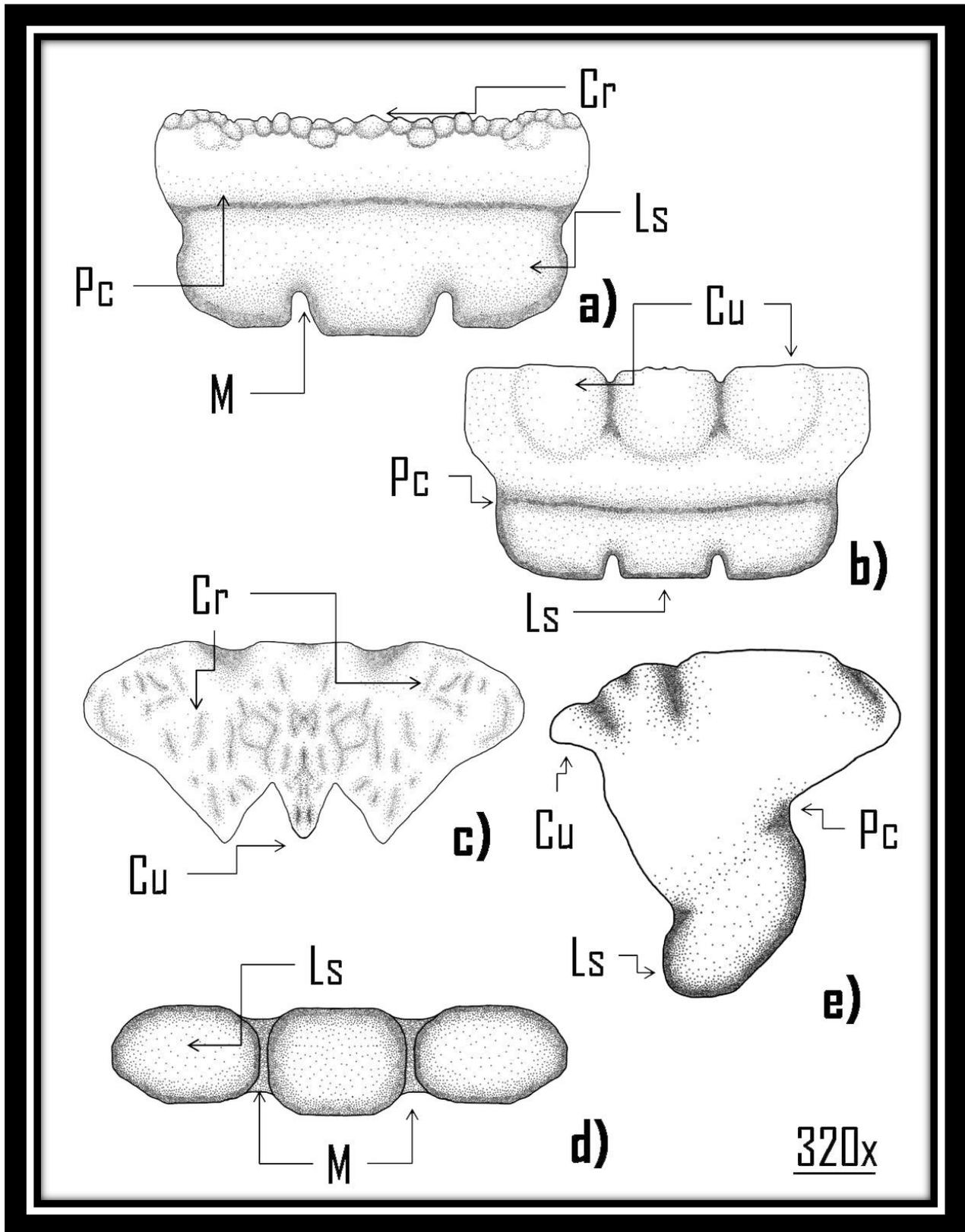


Figura 25. *Mobula thurstoni* (Morfortipo dental I, ♂): a) Vista labial, b) Vista lingual, c) Vista oclusal, d) Vista basal y e) Vista lateral. (Cr: Cresta coronal, Cu: Cúspide, Ls: Lóbulillos, M: Muesca, Pc: Pie de corona).

MORFOTIPO DENTAL 2

El morfotipo dental 2 al igual que el diente anterior se exhibe en todos los organismos y se puede localizar en cualquier zona de la placa dental del cartílago palatocadrado, ya que al igual que el morfotipo anterior se presenta sin ninguna distribución aparente.

VISTA LABIAL

Se alcanzan a observar algunas pequeñas crestas coronales. También se presenta claramente el pie de corona el cual divide al diente en corona y raíz. Desde este ángulo se percibe que la raíz es más grande que la corona. La raíz está dividida en tres lobulillos simétricos a través de un par de muescas longitudinales (Fig. 26a).

VISTA LINGUAL

El diente presenta cinco cúspides. También se exhibe el pie de corona, debajo de este, se pueden observar los tres lobulillos (Fig. 26b).

VISTA OCLUSAL

El diente presenta cinco cúspides con vértice aguado. Al igual que un gran número de crestas coronales, no presentan una distribución aparente (Fig. 26c).

VISTA BASAL

Al igual que en el morfotipo dental 1 la raíz está conformada por tres lobulillos, los cuales están divididos por un par de muescas longitudinales (Fig. 26d).

VISTA LATERAL

En esta vista se observan dos de las cinco cúspides que conforman el diente, las cuales se extiende sobre el cuello lingual de la corona. En esta vista el cuello de la corona presenta una forma convexa en la zona lingual, mientras que la zona labial presenta una forma cóncava. Por debajo del pie de corona se percibe uno de los lobulillos que conforman la raíz, los cuales están transversalmente comprimidos (Fig. 26e).

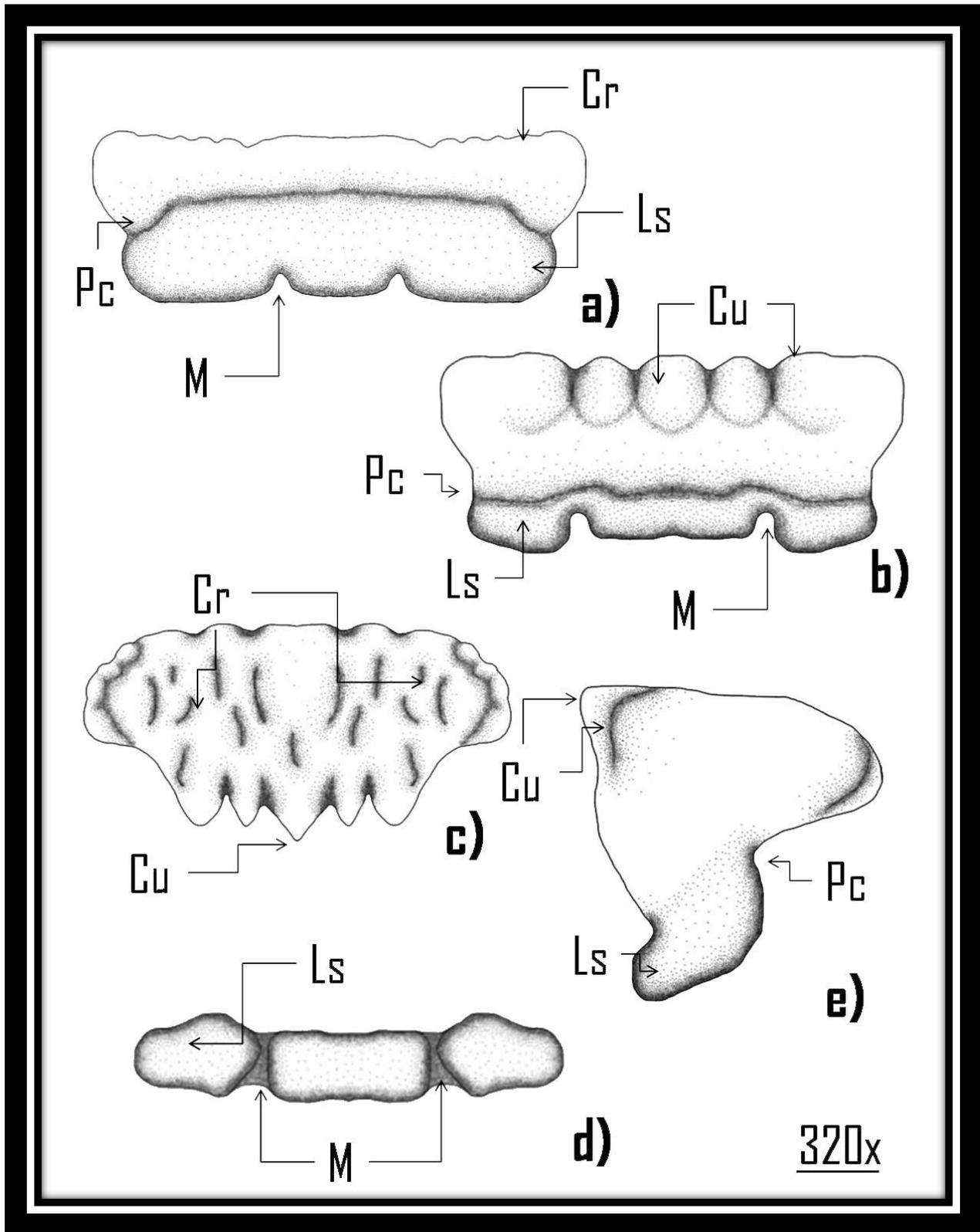


Figura 26. *Mobula thurstoni* (Morfofoto dental 2, ♂): a) Vista labial, b) Vista lingual, c) Vista oclusal, d) Vista basal y e) Vista lateral. (Cr: Cresta coronal, Cu: Cúspide, Ls: Lóbulillos, M: Muesca, Pc: Pie de corona).

MORFOTIPO DENTAL 3

El morfotipo dental 3 se presenta en organismos adultos y de talla mediana y se puede localizar en cualquier zona de la placa dental del cartilago de Meckel o mandíbula inferior.

Al igual que el morfotipo dental 2 (Fig. 26a y 26d) en vista labial se presenta claramente el pie de corona el cual divide al diente en corona y raíz. La raíz está dividida en tres lobulillos simétricos a través de un par de muescas longitudinales.

VISTA LINGUAL

El diente presenta cuatro cúspides. También se exhibe el pie de corona, debajo de este, se pueden observar los tres lobulillos (Fig. 27a).

VISTA OCLUSAL

El diente presenta una forma rectangular, con cuatro cúspides, aunque están no son muy grandes su vértice es muy agudo. También presentan un gran número de crestas coronales sin ninguna distribución aparente (Fig. 27b).

VISTA LATERAL

Se observa una de las cúspides que conforman el diente. Por debajo del pie de corona se percibe uno de los lobulillos que conforman la raíz (Fig. 27c).

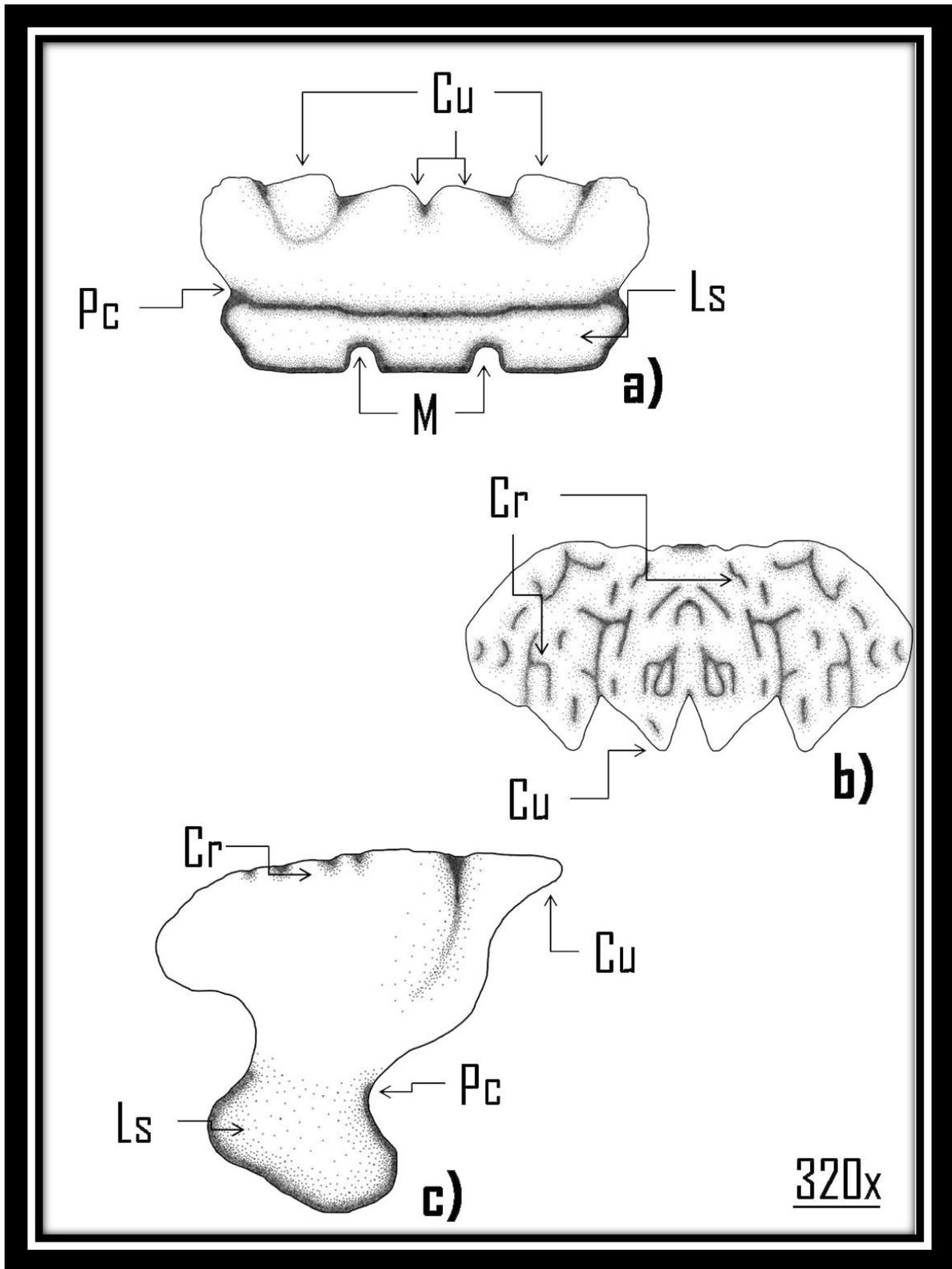


Figura 27. *Mobula thurstoni* (Morfotipo dental 3, ♂): a) Vista lingual, b) Vista oclusal y c) Vista lateral.

(Cr: Cresta coronal, Cu: Cúspide, Ls: Lóbulillos, M: Muesca, Pc: Pie de corona).

MORFOTIPO DENTAL 4

El morfotipo dental 4 se presenta en organismos adultos y de talla mediana y se localiza en cualquier zona de la placa dental del cartilago de Meckel, ya que al igual que el diente anterior se presenta sin ninguna distribución aparente.

VISTA LABIAL

Se observan algunas crestas coroneales y el pie de corona el cual divide al diente en corona y raíz. La raíz está dividida en cuatro lobulillos simétricos a través de tres muescas longitudinales (Fig. 28a).

VISTA LINGUAL

Este diente presenta seis pequeñas cúspides. También observa el pie de corona, debajo de este, se pueden observar los cuatro lobulillos (Fig. 28b).

VISTA OCLUSAL

El diente presenta una forma rectangular con seis pequeñas cúspides. Al igual que un gran número de crestas coroneales sin ninguna distribución aparente (Fig. 28c).

VISTA BASAL

La raíz está conformada por cuatro lobulillos, los cuales están divididos por tres muescas longitudinales (Fig. 28d).

VISTA LATERAL

Se alcanza a observar como sobresale una de las pequeñas cúspides que conforman el diente. Al igual que los dientes anteriores el cuello de la corona presenta una forma convexa en la zona lingual, mientras que la zona labial presenta una forma cóncava. Por debajo del pie de corona se percibe uno de los lobulillos que conforman la raíz, los cuales son transversalmente comprimidos (Fig. 28e).

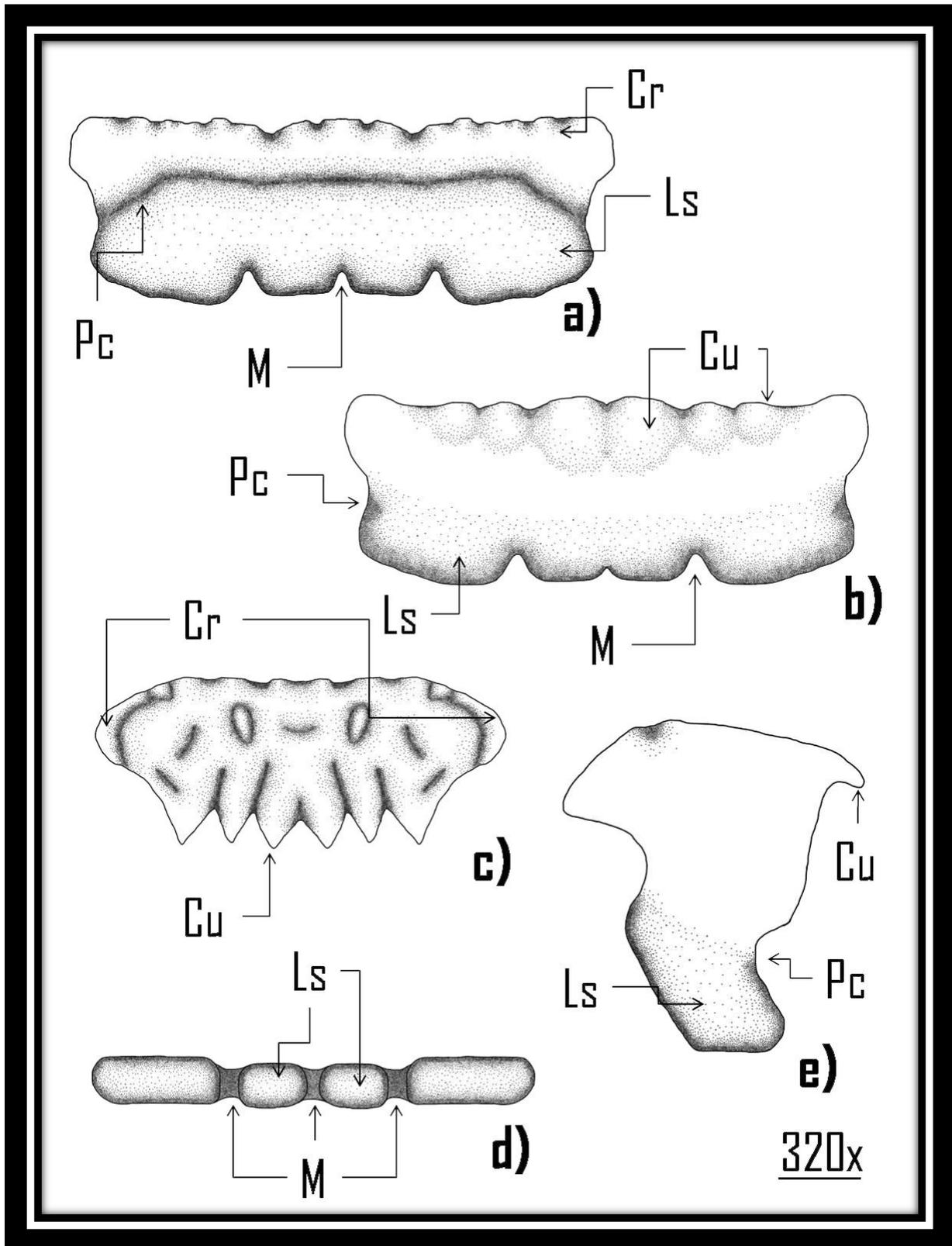


Figura 28. *Mobula thurstoni* (Morfotipo dental 4, ♂): a) Vista labial, b) Vista lingual, c) Vista oclusal, d) Vista basal y e) Vista lateral.

(Cr: Cresta coronal, Cu: Cúspide, Ls: Lóbulillos, M: Muesca, Pc: Pie de corona).

HEMBRAS

Las hembras de esta especie, al igual que los machos presentaron una ligera heterodoncia ontogenética, heterodoncia dignática y heterodoncia monognática. A continuación se describen cuatro morfotipos dentales característicos en hembras de *Mobula thurstoni*.

MORFOTIPO DENTAL I

Este morfotipo dental se presenta solo en la placa dental del cartílago de Meckel predominando en toda la zona lateral en organismos de talla mediana, mientras que en organismos adultos se observa solo ocasionalmente en dicha zona.

VISTA LABIAL

Se observan algunas pequeñas crestas coronales en la zona apical. El pie de corona se distingue claramente y la raíz está dividida en dos lobulillos simétricos a través de una muesca longitudinal (Fig. 29a).

VISTA LINGUAL

Este diente presenta una pequeña cúspide. También observa el pie de corona, debajo de este, se puede observar el par de lobulillos que conforman este diente (Fig. 29b).

VISTA OCLUSAL

El diente presenta una forma triangular ya que solo se observa una pequeña cúspide; en la zona lingual de esta vista se aprecia un par de crestas coronales (Fig. 29c).

VISTA BASAL

La raíz está conformada por un par de lobulillos, divididos por una muesca longitudinal (Fig. 29d).

VISTA LATERAL

Se observa como sobresale la pequeña cúspide que conforma el diente y por debajo del pie de corona alcanzan a percibir los dos lobulillos que conforman la raíz (Fig. 29e).

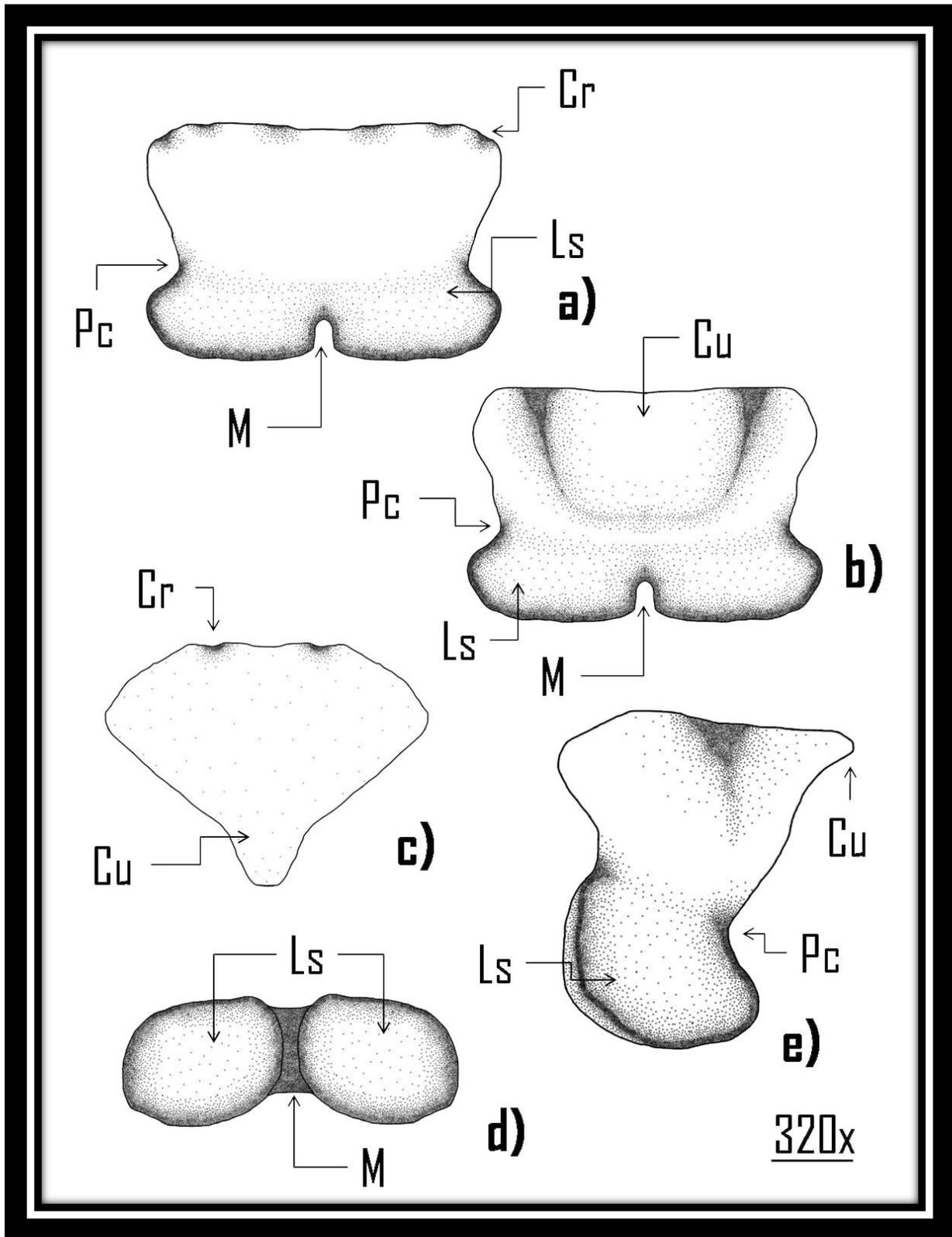


Figura 29. *Mobula thurstoni* (Morfortipo dental I, ♀): a) Vista labial, b) Vista lingual, c) Vista oclusal, d) Vista basal y e) Vista lateral.

(Cr: Cresta coronal, Cu: Cúspide, Ls: Lóbulillos, M: Muesca, Pc: Pie de corona).

MORFOTIPO DENTAL 2

El morfotipo dental 2 se presenta solo en la placa dental del cartílago de Meckel predominando en toda la zona lateral en organismos adultos, mientras que en organismos de talla mediana se observan solo ocasionalmente en dicha zona.

VISTA LABIAL

Desde esta vista no se alcanzan a observar las pequeñas crestas coronales que conforman el diente. El pie de corona se distingue claramente; la raíz está dividida en tres lobulillos, el lobulillo medial es ligeramente más alto que los otros dos; dichos lobulillos están divididos a través de un par de muescas longitudinales (Fig. 30a).

VISTA LINGUAL

Este diente presenta un par de pequeñas cúspides. También observa claramente el pie de corona, debajo de este, se pueden apreciar los tres lobulillos que forman el diente (Fig. 30b).

VISTA OCLUSAL

Desde esta vista se puede apreciar que el morfotipo dental 2 está formado por la unión de dos morfotipos 1; ya que en este diente se observan dos pequeñas cúspides. También se exhiben algunas pequeñas crestas coronales sin ninguna distribución aparente (Fig. 30c).

VISTA BASAL

La raíz está conformada por tres lobulillos, uno de los cuales mantiene claramente una forma transversalmente comprimida, mientras que los otros dos son ligeramente más anchos. Los lobulillos están divididos por un par de muescas longitudinales (Fig. 30d).

VISTA LATERAL

Se observa como sobresale ligeramente una de las pequeñas cúspides que conforma el diente; mientras que por debajo del pie de corona se alcanza a percibir uno de los tres lobulillos que conforman la raíz (Fig. 30e).

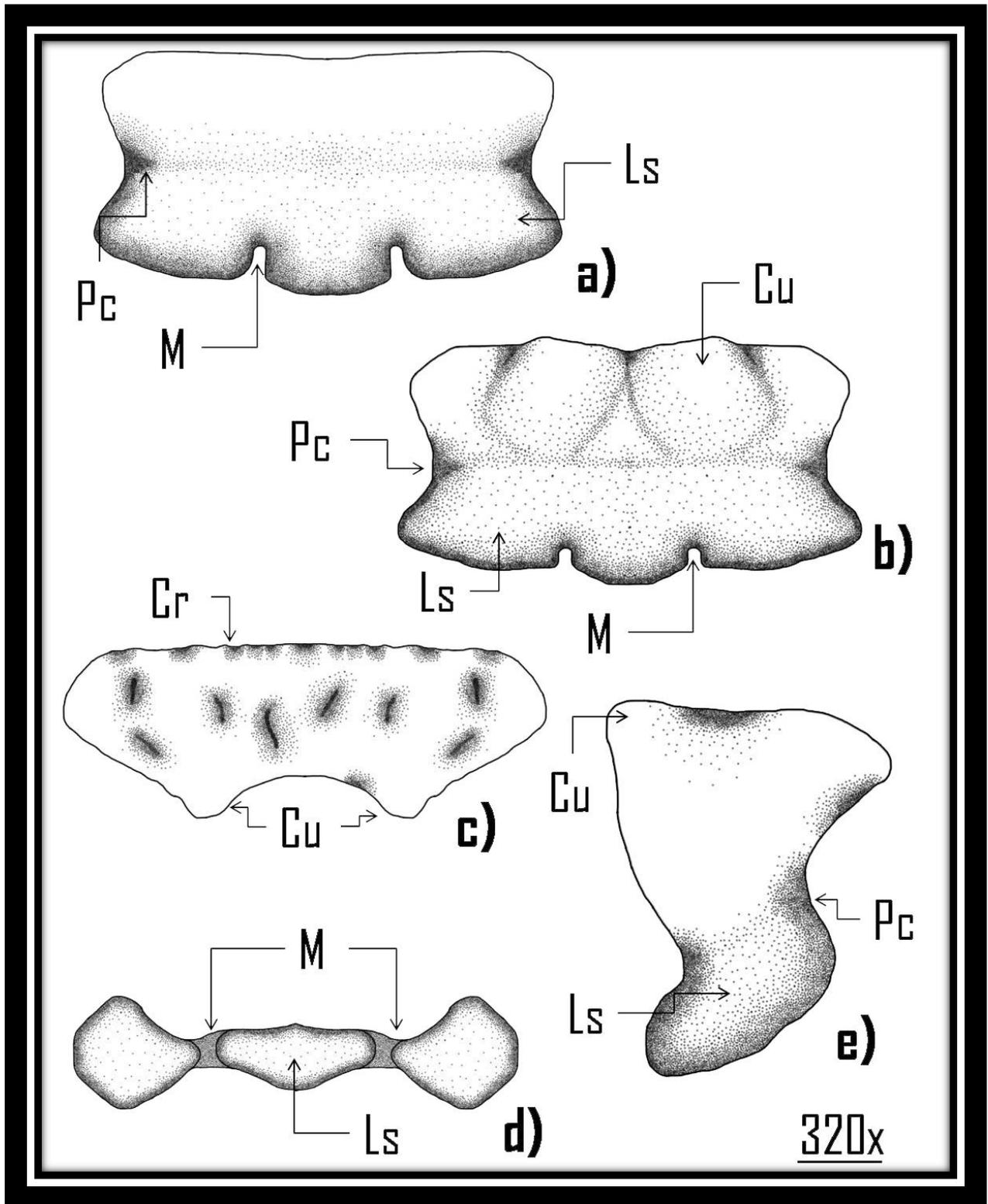


Figura 30. *Mobula thurstoni* (Morfortipo dental 2, ♀): a) Vista labial, b) Vista lingual, c) Vista oclusal, d) Vista basal y e) Vista lateral.

(Cr: Cresta coronal, Cu: Cúspide, Ls: Lóbulillos, M: Muesca, Pc: Pie de corona).

MORFOTIPO DENTAL 3

Este diente presenta características muy similares al morfotipo dental 3 de los machos, por ello solo se describe la vista oclusal. El morfotipo dental 3 se observó en toda la placa dental del cartílago palatoc cuadrado sin ninguna distribución aparente tanto en organismos adultos como en organismos de tallas medianas. Mientras que en la placa dental del cartílago de Meckel o mandíbula inferior solo se puede localizar en la zona media.

VISTA OCLUSAL

El diente exhibe una forma ligeramente hexagonal. Presenta cuatro pequeñas cúspides con un vértice sumamente romo. Se observa muy poca ornamentación, ya que, solo se aprecia un par de crestas coronales en las zonas laterales del diente (Fig. 31).

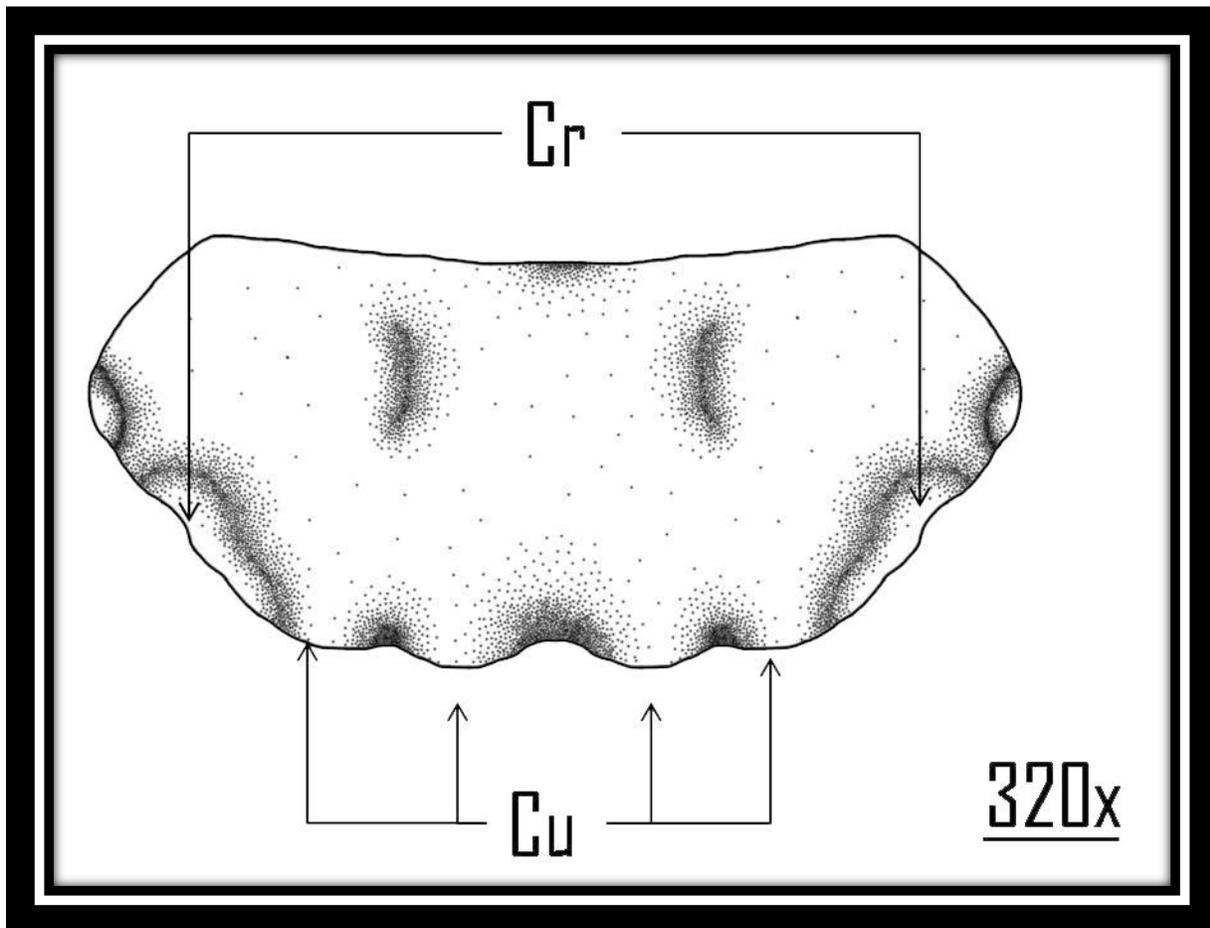


Figura 31. *Mobula thurstoni* (Morfotipo dental 3, ♀): Vista oclusal.

(Cr: Cresta coronal, Cu: Cúspide).

MORFOTIPO DENTAL 4

Este diente es muy similar al descrito anteriormente, por ello solo se describe la vista oclusal. Al igual que el morfotipo dental 3 este se observó en toda la placa dental del cartílago palatoc cuadrado sin ninguna distribución aparente tanto en organismos adultos como en organismos de tallas medianas. Mientras que en la placa dental del cartílago de Meckel o mandíbula inferior solo se puede localizar en la zona media.

VISTA OCLUSAL

El morfotipo dental 4 es ligeramente pequeño y exhibe una forma hexagonal al igual que el diente anteriormente descrito. Presenta tres pequeñas cúspides sutilmente marcadas con un vértice sumamente romo. Se observan algunas crestas coronales distribuidas en todo el diente (Fig. 32).

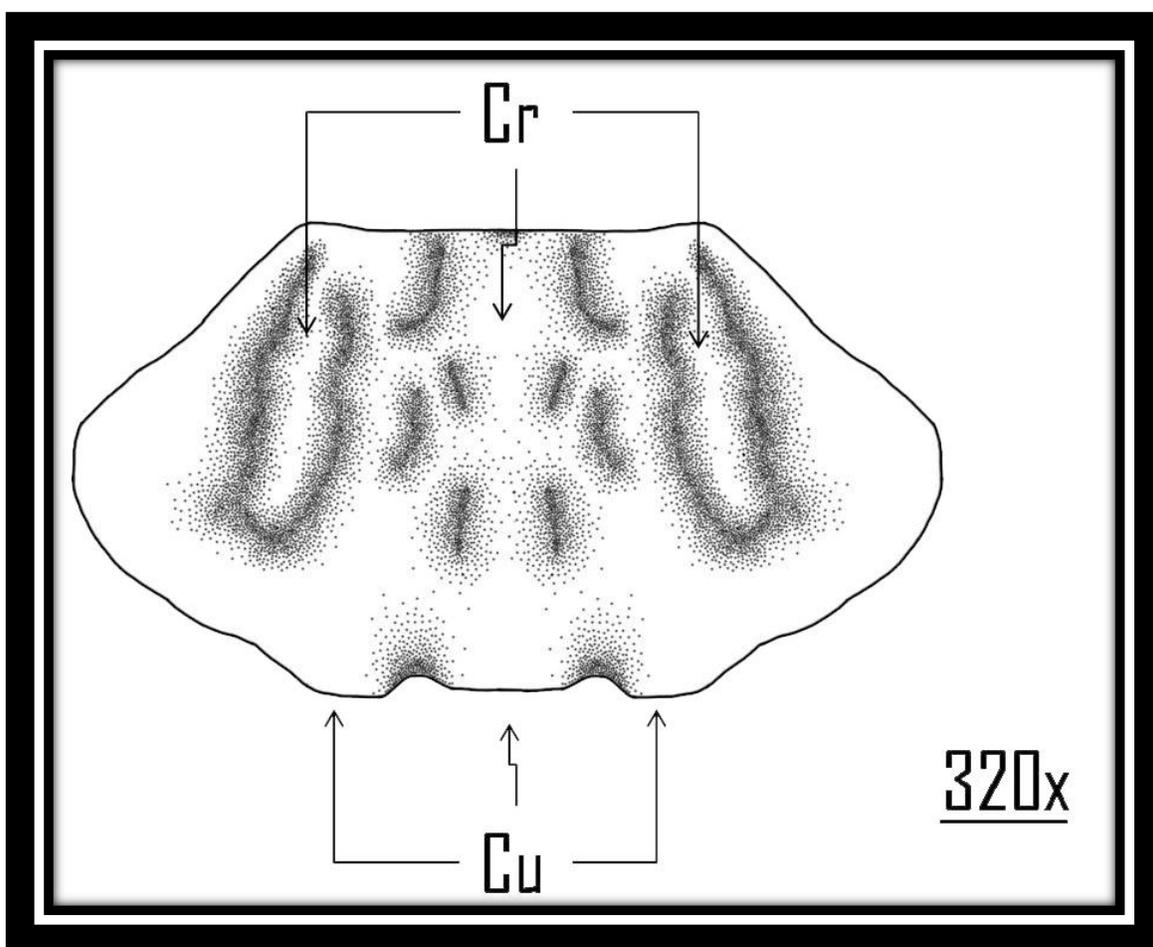


Figura 32. *Mobula thurstoni* (Morfotipo dental 4, ♀): Vista oclusal.

(Cr: Cresta coronal, Cu: Cúspide).

DISCUSIÓN

MANDÍBULAS

Al examinar las mandíbulas de *Mobula japonica* y *Mobula thurstoni* se observó que pese a que ambas especies comparten un patrón morfológico común y de manera general se pueden agrupar junto con *Mobula munkiana*, *Mobula tarapacana* y *Manta birostris* (González-Isais, 2003) dentro de la subfamilia Myliobatinae, existe una clara variabilidad morfológica entre las especies estudiadas.

El cartílago palatoc cuadrado en *Mobula japonica* es sumamente robusto en toda su zona media y el borde superior central es convexo (Fig. 12), a diferencia de *Mobula thurstoni* ya que dicho cartílago es mucho más delgado y su borde superior es notoriamente cóncavo (Fig. 14). Ambas especies en vista dorsal exhiben la zona retroarticular; mientras que en vista ventral podemos encontrar la zona ánguloarticular, ésta última en *Mobula thurstoni* presentó una forma cóncava (Fig. 14), en tanto que en *Mobula japonica* se observó una elevación antes de llegar a dicha zona (Fig. 12).

El cartílago de Meckel tanto en *Mobula japonica* como en *Mobula thurstoni* exhibió en el borde inferior central una clara depresión. En vista dorsal *Mobula japonica* en sus partes distales presentó un declive antes de llegar al proceso condilar (Fig. 13), lo que hace que el cartílago de Meckel se vea más robusto; caso contrario a *Mobula thurstoni* ya que dicho cartílago se apreció más delgado, sin embargo, en esta especie se exhiben un par de procesos esféricos en el borde superior (Fig. 15).

En vista ventral se observó un par de procesos alares los cuales son más largos que anchos en *Mobula thurstoni* (Fig. 15), a diferencia de *Mobula japonica* ya que dichos procesos son considerablemente anchos (Fig. 13).

PLACAS DENTALES

Las placas dentales no solo presentaron diferencias interespecificas sino también intraespecificas.

La placa dental del cartílago palatoc cuadrado en machos de *Mobula japonica* ocupó en promedio el 62% con respecto al ancho de la mandíbula, mientras que la placa del cartílago de Meckel el 61.1%; las hembras de esta especie presentaron una constancia en dicho porcentaje, ya que, la placa dental ocupó en promedio el 60.8% en ambos cartílagos. La placa dental del cartílago palatoc cuadrado de *Mobula thurstoni* presentó una constancia en su porcentaje, ya que, dicha placa ocupó en promedio 59% tanto en hembras como en machos; de igual forma el cartílago de Meckel presentó dicha constancia, ya que, la placa dental ocupó el 60% en hembras y machos (Tabla 1).

Algo que se puede notar es que la placa dental de *Mobula japonica* en ambos cartílagos presenta un patrón ovalado; mientras que, el patrón que se observa en *Mobula thurstoni* es claramente rectangular.

Otra de las medidas tomadas en cuenta para la descripción de las placas dentales fue lo largo de estas con respecto al largo de la mandíbula, donde se obtuvo que la placa dental del cartílago de Meckel es ligeramente más pequeña que la placa del cartílago palatoc cuadrado o mandíbula superior en ambos sexos de *Mobula thurstoni*. Esta condición también se observó en las hembras de *Mobula japonica*, sin embargo, los machos de esta especie no presentaron ninguna diferencia en cuanto a lo largo de su placa dental (Tabla 2).

En lo referente a las hileras dentales de *Mobula thurstoni*, estas se distribuyen formando un ángulo de 90°; mientras que la hileras de *Mobula japonica* un ángulo de 45°. Ambas especies presentaron un mayor número de hileras dentales en el cartílago de Meckel o mandíbula inferior; sin embargo, hubo una gran diferencia en el número de hileras presentes, ya que, *Mobula japonica* presentó en promedio 234 hileras; mientras que *Mobula thurstoni* presentó 100 hileras dentales en promedio (Tabla 3).

Otra diferencia en cuanto al número de hileras dentales es que las hembras de *Mobula japonica* exhibieron un mayor número de hileras tanto en el cartílago palatoc cuadrado como en el cartílago de Meckel, sin embargo, esto no se ve reflejado en el número de dientes, ya que en los machos se contabilizaron en promedio 3072 dientes en el cartílago palatoc cuadrado y 3523 dientes en el cartílago de Meckel; mientras que las hembras presentaron en promedio 2616 y 3029 dientes respectivamente (Tabla 3).

Mobula thurstoni mostró un patrón diferente, puesto que los machos presentaron un mayor número de hileras dentales lo cual se ve reflejado en el número de dientes, ya que estos exhibieron en promedio 873 dientes en el cartílago palatocadrado y 1250 dientes en el cartílago de Meckel. En las hembras de esta especie se observó algo muy singular, ya que en ellas, el número de hileras dentales fue menor, sin embargo, se observó un mayor número de dientes; presentando en promedio 1133 dientes en el cartílago palatocadrado y 1040 dientes en el cartílago de Meckel (Tabla 3).

DIENTES

Los dientes heterodontos son la característica más destacada de los mobúlidos (Notarbartolo-Di-Scaria, 1987). Tanto *Mobula japonica* como *Mobula thurstoni* presentaron una dentición conocida como vestigial. Los dientes en ambas especies son pequeños, numerosos y constituyen en conjunto las placas dentarias, soportadas por las mandíbulas.

Mobula japonica (MÜLLER Y HENLE, 1841)

Los machos de *Mobula japonica* presentaron heterodoncia ontogenética, sin embargo, en su estado adulto se exhibieron en general tres morfotipos dentales; mientras que, las hembras a parte de presentar heterodoncia ontogenética también exhibieron heterodoncia monognática, por ello se describieron cuatro morfotipos dentales característicos.

Al analizar los dientes presentes en los machos de esta especie se encontró que se caracterizan por ser más altos que anchos, por presentar de una a dos cúspides en las cuales se observa un vértice agudo el cual se extiende en dirección lingual. También presentan dos lóbulos simétricos divididos por una muesca longitudinal, donde se llega a observar un pequeño foramen.

El morfotipo dental 1 en machos es el característico de organismos adultos y se puede localizar tanto en la placa dental del cartílago palatocadrado como en el cartílago de Meckel; este diente presenta muy poca ornamentación (Fig. 18). El morfotipo dental 2 se encuentra en organismos de talla media en la placa dental de ambos cartílagos (Fig. 19), mientras que el morfotipo dental 3 se localiza en la placa dental del cartílago

palatocadrado formando una o dos filas en la zona media de la placa dental (Fig. 20); ambos dientes presentan varias crestas coronales en cada uno de sus bordes, formando en la zona central una pequeña concavidad coronal.

Las hembras a diferencia de los machos se caracterizan por compartir tres morfotipo dentales tanto los organismos adultos como los organismos de talla mediana. La característica principal del morfotipo dental 1 es que solo se observa en la placa dental del cartílago palatocadrado; dicho diente presenta crestas coronales amplias tanto en la zona media como en la zona más distal y se observa como sobresale una pequeña cúspide, la cual exhibe un vértice romo (Fig. 21). El morfotipo dental 2 es muy similar al diente anterior, sin embargo, la cúspide de este diente es ligeramente más larga y este morfotipo dental solo se localiza en las zonas más distales de la placa dental del cartílago de Meckel (Fig. 22). Ambos dientes presentan una par de lóbulos simétricos divididos por una muesca longitudinal, donde se observan dos pequeños forámenes. El morfotipo dental 3 se presenta ocasionalmente en las zonas más distales de la placa dental del cartílago palatocadrado, sin embargo, es el principal diente en la placa dental del cartílago de Meckel; dicho diente es sumamente sencillo, presenta una par de lóbulos asimétricos divididos por una muesca longitudinal, donde se aprecia un foramen (Fig. 23).

En las hembras de *Mobula japonica* se describió un cuarto morfotipo dental, aunque este solo se presenta en organismos de talla pequeña, dicho diente es el único que se exhibe constantemente en las zonas más distales de la placa dental del cartílago palatocadrado. Este diente se caracteriza porque exhibe una cúspide presentando una clara inclinación de 45° aproximadamente, en dirección a la zona media de la placa dental; también presentan algunas pequeñas crestas coronales en la zona labial del diente (Fig. 24).

Mobula thurstoni (LLOYD, 1908)

En los organismos pertenecientes a *Mobula thurstoni* se observó una ligera heterodoncia ontogenética, heterodoncia dignática y heterodoncia monognática, pese a que todos los organismos revisados presentaron dichas heterodoncias; de manera general se describieron cuatro morfotipos dentales para cada uno de los sexos, donde también se observó un ligero dimorfismo sexual.

De manera general en su estado adulto los machos de esta especie presentaron 4 morfotipos dentales, dos de los cuales se localizan en la placa dental del cartílago palatocadrado mientras que los otros dos se pueden observar en la placa dental del cartílago de Meckel.

El morfotipo dental 1 y 2 son los que se pueden localizar en cualquier zona de la placa dental del cartílago palatoc cuadrado, ya que se presentan sin ninguna distribución aparente. El morfotipo dental 1 presenta tres cúspides con vértice agudo y un gran número de crestas coroneales (Fig. 25); mientras que el morfotipo dental 2 se caracteriza por exhibir cinco cúspides (Fig. 26). Ambos dientes son más anchos que largos, presentan tres lobulillos los cuales son transversalmente comprimidos; dichos lobulillos están divididos por un par de muescas longitudinales.

Los dientes que se pueden localizar en cualquier zona de la placa dental del cartílago de Meckel son el morfotipo dental 3 y 4. El morfotipo dental 3 presenta cuatro cúspides, las cuales no son muy grandes pero su vértice es muy agudo. También se pueden observar tres lobulillos (Fig. 27). A diferencia del diente anterior el morfotipo dental 4 presenta seis cúspides, un gran número de crestas coroneales y se exhiben cuatro lobulillos divididos por tres muescas longitudinales (Fig. 28).

Las hembras de *Mobula thurstoni* en la placa dental de su mandíbula inferior o cartílago de Meckel se presentan los cuatro morfotipos dentales descritos para los miembros de este sexo, sin embargo, los morfotipos dentales 3 y 4 también se observan en la placa dental del cartílago palatoc cuadrado.

El morfotipo dental 1 predomina en la zona más distal en organismos de talla mediana, mientras que en organismos adultos se observa solo ocasionalmente en dicha zona. Este diente es muy sencillo presenta una pequeña cúspide y su raíz está conformada por un par de lobulillos simétricos (Fig. 29).

El morfotipo dental 2 a diferencia del morfotipo dental 1, se localiza en toda la zona lateral de la placa dental en organismos adultos, mientras que en organismos de talla mediana se observan solo ocasionalmente. Este diente está formado por la unión de dos morfotipos dentales 1 por ello presentan las mismas características, sin embargo, en este diente se aprecian tres lobulillos divididos por un par de muescas longitudinales (Fig. 30).

Los morfotipos dentales 3 y 4 se localizan solo en la zona media de la placa dental del cartílago de Meckel; mientras que en el cartílago palatoc cuadrado se distribuyen aleatoriamente a lo largo de toda la placa dental. El morfotipo dental 3 exhibe una forma ligeramente hexagonal, presenta cuatro cúspides con un vértice

sumamente romo y se observa muy poca ornamentación (Fig. 31). El morfotipo dental 4 es ligeramente más pequeño que el diente anterior, presenta tres pequeñas cúspides sutilmente marcadas (Fig. 32).

Como ya se menciona ambas especies presentaron dimorfismo sexual dentario. Los 3 morfotipos dentales que exhibieron los machos de *Mobula japonica* se caracterizan por presentar una cúspide con un vértice sumamente agudo; mientras que, los 4 morfotipos dentales de las hembras exhibieron una cúspide con vértice romo y varias crestas coronales tanto en los bordes como en toda la zona central del diente (Fig. 33). Los 4 morfotipos dentales descritos en los machos de *Mobula thurstoni* presentaron de tres a seis cúspides con vértice sumamente agudo y un gran número de crestas coronales en toda la superficie del diente; mientras que, los 4 morfotipos dentales que exhibieron las hembras se caracterizan por presentar de una a cuatro cúspides con vértice romo y en algunos casos dicha cúspide se encuentra sutilmente marcada, dichos morfotipos dentales presentan muy pocas crestas coronales (Fig. 34).

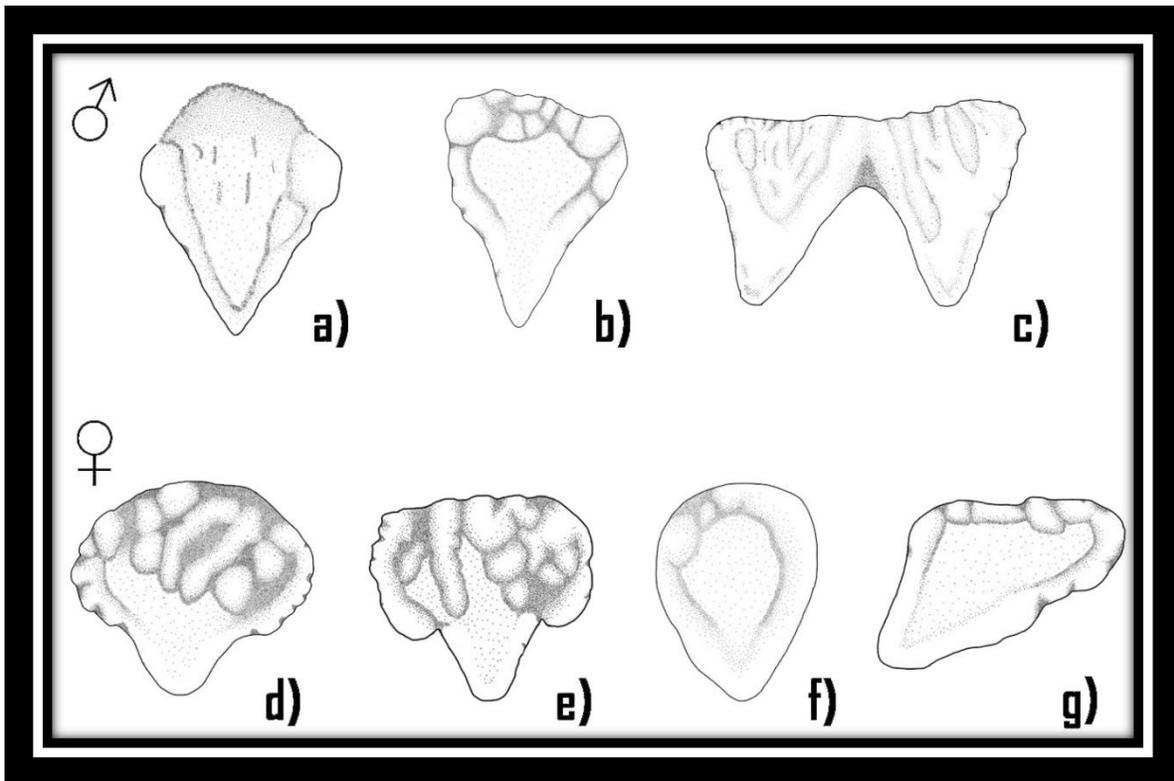


Figura 33. *Mobula japonica* (Morfotipos dentales): a) Morfotipo dental 1 (♂), b) Morfotipo dental 2 (♂), c) Morfotipo dental 3 (♂), d) Morfotipo dental 1 (♀), e) Morfotipo dental 2 (♀), f) Morfotipo dental 3 (♀), g) Morfotipo dental 4 (♀).

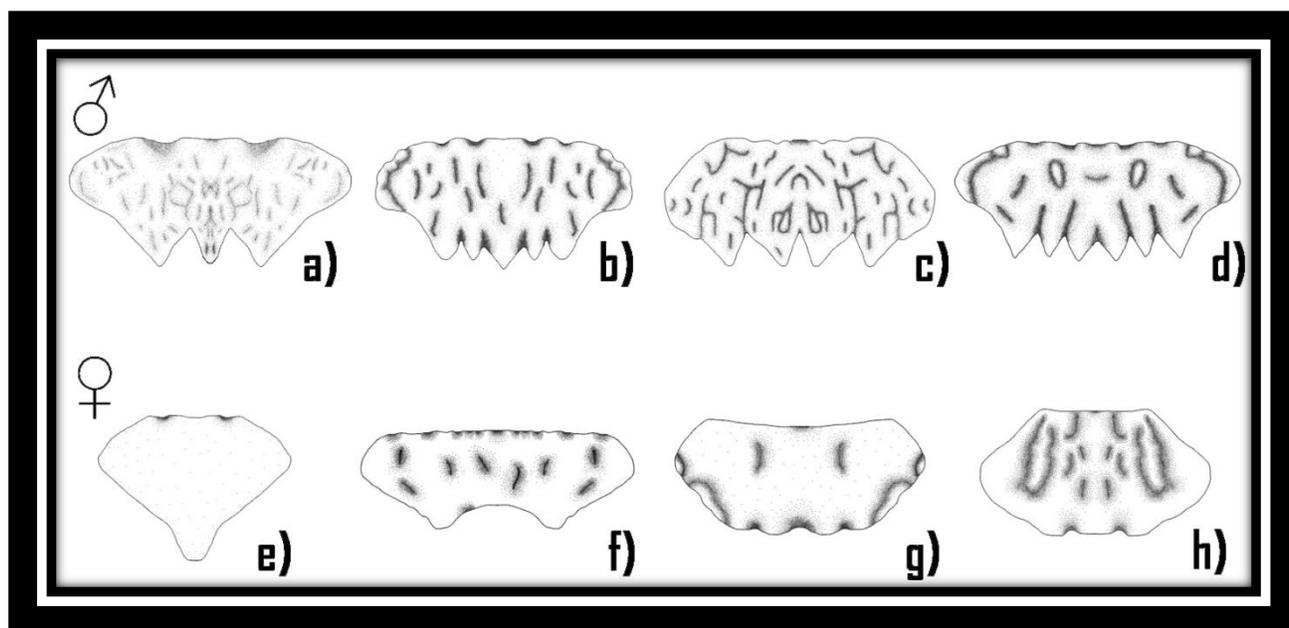


Figura 34. *Mobula thurstoni* (Morfortipos dentales): a) Morfortipo dental 1 (♂), b) Morfortipo dental 2 (♂), c) Morfortipo dental 3 (♂), d) Morfortipo dental 4 (♂), e) Morfortipo dental 1 (♀), f) Morfortipo dental 2 (♀), g) Morfortipo dental 3 (♀), h) Morfortipo dental 4 (♀).

El dimorfismo sexual dentario presente tanto en *Mobula japonica* como en *Mobula thurstoni* se puede relacionar con el comportamiento que presentan dichos organismos durante su periodo reproductivo. Autores como Feduccia y Slaughter en 1974, y McEachran en 1977 observaron un dimorfismo sexual dentario dentro de la familia *Rajidae*; así mismo se ha reportado en *Rhinoptera* y *Urolophidae* por Kajiuira y Tricas en 1996; estos autores sugirieron que la dentadura puntiaguda del macho permite sujetar a la hembra por una aleta pectoral durante la cópula.

Notarbartolo-Di-Scaria en 1988 examinó los hábitos alimenticios de *Mobula japonica* y *Mobula thurstoni*. En dicho estudio reportó que ambas especies se alimenten principalmente de *Nyctiphanes simplex*, aunque con una ligera variación en su porcentaje ya que, *Mobula japonica* lo consume en un 99.62%, aunque también se encontró que se alimenta de copépodos en un 0.05%; mientras que, *Mobula thurstoni* lo consume en un 97.90%, aunque también se encontró 1.75% de *Mysidium sp.* Ya que ambas especies presentaron hábitos alimenticios muy similares se pensaría que su dentición también fuese muy similar entre ellas, sin embargo, al comparar los dientes de *Mobula japonica* y *Mobula thurstoni* se encontraron varias diferencias.

Dentro de estas diferencias destacan que los dientes de *Mobula japonica* son más altos que anchos, presentan una o dos cúspides, la corona mide aproximadamente dos terceras partes del diente; su raíz está formada por dos lóbulos bulbosos los cuales están divididos por una muesca longitudinal donde se localizan de uno a dos forámenes según el tipo de diente; esta distribución y la presencia de raíces bulbosas es muy parecida a las presentes en *Manta birostris* (Capetta, 1987 y González-Isáis, 2003). Mientras que de manera general los dientes de *Mobula thurstoni* son más anchos que altos, pueden presentar de una a seis cúspides; algo muy característico de esta especie es que presentan de dos a cuatro lobulillos los cuales son transversalmente comprimidos; dichos lobulillos son característicos del género *Mobula* (Notarbartolo-Di-Scaria en 1987), sin embargo, estos no se presentaron en *Mobula japonica*. Los lobulillos de *Mobula thurstoni* están divididos por dos o tres muescas longitudinales, las cuales carecen de forámenes. Además en *Mobula thurstoni* se observa que los dientes tienden a fusionarse, en tanto que en *Mobula japonica* no se exhibe dicha fusión. Los cambios morfológicos dentales presentes en *Mobula japonica* como en *Mobula thurstoni* no están determinados por sus hábitos alimenticios.

En el trabajo realizado por González-Isáis (2003) y González-Isáis y Montes (2004) se observan ciertas características en el sistema esquelético que unen a *Manta birostris* y *Mobula japonica* como grupos hermanos y alejan a esta última especie del grupo principal de del género *Mobula*. En el presente trabajo observamos que las características que presenta *Mobula thurstoni* son similares a las presentes en los dientes de *Mobula munkiana* y *Mobula tarapacana* (González-Isáis, 2003), los cuales presentan el mismo tipo de raíz, una distribución similar de los dientes en la placa dental y la unión de varias cúspides en un mismo diente. En tanto que los dientes de *Mobula japonica* son parecidos a los de *Manta birostris* (Capetta, 1987; González-Isáis, 2003), ya que ambas especies exhiben una raíz bulbosa, la distribución de sus dientes es similar y además ambas especies tienden a presentar una sola cúspide. Con base en lo anterior es posible mencionar que los datos obtenidos en este trabajo, apoyan la filogenia obtenida por González-Isáis y Montes (2004), por lo que es posible concluir que la especie *Mobula japonica* presenta los caracteres más derivados en su morfología dental.

CONCLUSIONES

-  El cartílago palatocadrado de *Mobula japonica* es robusto y el borde superior central es convexo; mientras que, *Mobula thurstoni* presenta el cartílago palatocadrado delgado y su borde superior es cóncavo, el cartílago de Meckel exhibe un par de procesas esféricas en su borde superior.
-  La placa dental del cartílago palatocadrado y del cartílago de Meckel de *Mobula japonica* presentó un patrón elipsoide; mientras que, *Mobula thurstoni* presentó un patrón rectangular.
-  Las hileras dentales de *Mobula japonica* se distribuyen formando un ángulo de 45° ; mientras que, *Mobula thurstoni* presentó un ángulo de 90° .
-  *Mobula japonica* presentó un dimorfismo sexual dentario. Los machos presentaron heterodoncia ontogenética; mientras que, las hembras exhibieron no solo heterodoncia ontogenética, sino también heterodoncia monognática.
-  En *Mobula japonica* los dientes no se fusionan, sus dientes son más altos que anchos y presentan generalmente una cúspide, aunque, llegan a presentar ocasionalmente dos cúspides.
-  *Mobula thurstoni* presentó dimorfismo sexual dentario; en todos los organismos pertenecientes a esta especie se observó una ligera heterodoncia ontogenética, heterodoncia dignática y heterodoncia monognática.
-  En *Mobula thurstoni* los dientes tienden a fusionarse, dichos dientes son más anchos que altos y presentan generalmente de una a seis cúspides.
-  Se recomienda ampliar los estudios sobre morfología dental en los demás miembros del género *Mobula*, ya que este tipo de trabajos son muy importantes y se pueden utilizar como un carácter taxonómico para determinar a las especies.

APÉNDICE I

MEDIDAS MORFOMÉTRICAS (cm)

	Bv12	Bv13	Bv15	Bv17	Bv18	Bv34	Bv35
Longitud total	0	0	0	0	0	0	0
Longitud del disco	86	99	98.5	105.5	75	129	57
Anchura del disco	152	172	176	179	124	210	104
Anchura de la boca	17	19	19.5	20.5	13.5	25	0

Tabla 4. Medidas morfométricas de *Mobula japonica* (Machos).

	Bv07	Bv08	Bv09	Bv10	Bv11	Bv14	Bv16	Bv27	Bv28
Longitud total	234	240	223	243	0	0	0	0	0
Longitud del disco	94	96.5	89	96	126	0	92	115	117
Anchura del disco	164	171	157	166	210	0	160	198	192
Anchura de la boca	18	19.5	18	19	24.5	0	18.5	22.5	22.5

Tabla 5. Medidas morfométricas de *Mobula japonica* (Hembras).

	Bv01	Bv02	Bv20	Bv21	Bv22	Bv23	Bv24
Longitud total	149	171	157	159	160	127	160
Longitud del disco	91	72.5	73	70	91.5	67.5	67.5
Anchura del disco	145	118	120.5	118	153.5	112	112.5
Anchura de la boca	17	14	13.7	13.8	17.7	13.5	13.2

Tabla 6. Medidas morfométricas de *Mobula thurstoni* (Machos).

	Bv19	Bv25	Bv26
Longitud total	175	153	154
Longitud del disco	74.5	71	68
Anchura del disco	124	117	115
Anchura de la boca	14.3	13.5	13.3

Tabla 7. Medidas morfométricas de *Mobula thurstoni* (Hembras).

APÉNDICE 2

LARGO (cm)

	Bv12	Bv13	Bv15	Bv17	Bv18	Bv34
Cartílago Palatoc cuadrado	1.26	1.11	1.06	1	0.7	1.32
Cartílago de Meckel	1.18	0.95	0.98	1.3	0.69	1.3

Tabla 8. Largo de la placa dental en *Mobula japonica* (Machos).

	Bv07	Bv08	Bv09	Bv10	Bv11	Bv14	Bv16	Bv27	Bv28
Cartílago Palatoc cuadrado	1.07	1.19	1.1	1	0.9	0.9	1.1	1.2	1.13
Cartílago de Meckel	1	0.82	0.86	0.93	0.91	0.85	0.86	1.14	0.97

Tabla 9. Largo de la placa dental en *Mobula japonica* (Hembras).

	Bv01	Bv02	Bv20	Bv21	Bv22	Bv23	Bv24
Cartílago Palatoc cuadrado	0.95	0.78	0.7	0.73	0.87	0.74	0.72
Cartílago de Meckel	0.9	0.62	0.77	0.78	0.86	0.73	0.73

Tabla 10. Largo de la placa dental en *Mobula thurstoni* (Machos).

	Bv19	Bv25	Bv26
Cartílago Palatoc cuadrado	0.67	0.75	0.64
Cartílago de Meckel	0.68	0.66	0.64

Tabla 11. Largo de la placa dental en *Mobula thurstoni* (Hembras).

ANCHO (cm)

	Bv12	Bv13	Bv15	Bv17	Bv18	Bv34
Cartílago Palatoc cuadrado	18.7	13.7	14.6	15.5	10.2	19.2
Cartílago de Meckel	18.6	14	14.9	15.5	10.2	19.8

Tabla 12. Ancho de la placa dental en *Mobula japonica* (Machos).

	Bv07	Bv08	Bv09	Bv10	Bv11	Bv14	Bv16	Bv27	Bv28
Cartílago Palatoc cuadrado	14	14.2	13.2	15.5	12.5	12.3	13.5	17.2	16.9
Cartílago de Meckel	14	14	14.1	15	13.1	12.8	13.4	17.4	16.7

Tabla 13. Ancho de la placa dental en *Mobula japonica* (Hembras).

	Bv01	Bv02	Bv20	Bv21	Bv22	Bv23	Bv24
Cartílago Palatoc cuadrado	12.8	9.9	10.7	10.4	13	9.7	10.1
Cartílago de Meckel	12.9	10.9	11.9	10.7	13.4	9.9	9.9

Tabla 14. Ancho de la placa dental en *Mobula thurstoni* (Machos).

	Bv19	Bv25	Bv26
Cartílago Palatoc cuadrado	10.7	9.8	9.7
Cartílago de Meckel	11.2	10.4	10.5

Tabla 15. Ancho de la placa dental en *Mobula thurstoni* (Hembras).

NÚMERO DE DIENTES

	Bv12	Bv13	Bv15	Bv17	Bv18	Bv34
Cartílago Palatoc cuadrado	2937	2211	2233	1836	1807	3072
Cartílago de Meckel	3348	2464	2574	2662	2220	3523

Tabla 16. Número de dientes totales presentes en *Mobula japonica* (Machos).

	Bv07	Bv08	Bv09	Bv10	Bv11	Bv14	Bv16	Bv27	Bv28
Cartílago Palatoc cuadrado	2616	1880	2080	2169	2443	1820	2388	2160	2440
Cartílago de Meckel	3029	2552	2290	3024	2940	2233	2556	2816	2926

Tabla 17. Número de dientes totales presentes en *Mobula japonica* (Hembras).

	Bv01	Bv02	Bv20	Bv21	Bv22	Bv23	Bv24
Cartílago Palatoc cuadrado	820	621	810	840	873	684	756
Cartílago de Meckel	1090	880	1155	1045	1250	990	855

Tabla 18. Número de dientes totales presentes en *Mobula thurstoni* (Machos).

	Bv19	Bv25	Bv26
Cartílago Palatoc cuadrado	702	840	1133
Cartílago de Meckel	810	720	1040

Tabla 19. Número de dientes totales presentes en *Mobula thurstoni* (Hembras).

NÚMERO DE HILERAS DENTALES

	Bv2	Bv3	Bv5	Bv7	Bv8	Bv34
Cartílago Palatocadrado	267	201	203	204	139	256
Cartílago de Meckel	279	224	234	242	148	271

Tabla 20. Número de hileras dentales presentes en *Mobula japonica* (Machos).

	Bv07	Bv08	Bv09	Bv10	Bv11	Bv14	Bv16	Bv27	Bv28
Cartílago Palatocadrado	218	188	208	241	229	182	199	240	244
Cartílago de Meckel	233	232	229	252	245	203	213	256	266

Tabla 21. Número de hileras dentales presentes en *Mobula japonica* (Hembras).

	Bv01	Bv02	Bv20	Bv21	Bv22	Bv23	Bv24
Cartílago Palatocadrado	82	69	90	84	97	76	84
Cartílago de Meckel	109	88	105	95	125	99	95

Tabla 22. Número de hileras dentales presentes en *Mobula thurstoni* (Machos).

	Bv19	Bv25	Bv26
Cartílago Palatocadrado	78	84	80
Cartílago de Meckel	90	103	104

Tabla 23. Número de hileras dentales presentes en *Mobula thurstoni* (Hembras).

LITERATURA CITADA

- ÁLVAREZ, J. DEL VILLAR. 1979. *Anatomía comparada básica*. Editorial Trillar. Mexico. pp 70 – 75.
- BIGELOW, H. B. Y SHROEDER. 1953. Fishes from the Tropical eastern Pacific (from Cedros Island, Baja California, south to the Galapagos Island and northern Perú). Rays, mantas and chimaeras. *Zoologica*, N. Y., 26(3):245-280.
- CASTRO-AGUIRRE, J. L. Y H. ESPINOSA-PÉREZ. 1996. Listados Faunísticos de México, VII Catálogo sistemático de las rayas y especies afines de México (Chondrichthyes: Elasmobranchii: Rajiformes: Batoideiomorpha). Instituto de Biología, UNAM, México, 75 p.
- CAPETTA, H. 1987. Chondrichthyes II: Mesozoic and Cenozoic elasmobranches. En H. P. Schultz (Ed.), *Handbook of Paleichthyology*, Vol. 3B Stuttgart: Gustav Fischer Verlag.
- COMPAGNO, L. J. V. 1977. Phyletic relationships of living sharks and rays. *American Zoologist*. 17:303 - 322.
- COMPAGNO, L. J. V. 1984. FAO Species Catalogue. Sharks of the world. An annotated and elasmobranches: some functional and phylogenetic implications. Fifth Congress of European Ichthyologists Proceedings Stockholm.
- FEDUCCIA, A. Y B. H. SLAUGHTER. 1974. Sexual dimorphism in skates (Rajidae) and it's possible role in differential niche utilization. *Evolution*, 28: 164 – 168.
- GONZÁLEZ-ISÁIS, M. 2003. *Estudio de anatomía comparada de la superfamilia Myliobatoidea (Chondrichthyes) en México, con algunos comentarios de filogenia*. Tesis (Biología). Doctorado. Facultad de Ciencias, UNAM, México.
- GONZÁLEZ-ISÁIS, M. Y H. M. DOMÍNGUEZ. 2004. Comparative anatomy of the superfamily Myliobatidae (Chondrichthyes) with some comments on phylogeny. *Journal of Morphology*. 262 (1): 517 – 535.
- KAJIURA, S. M. Y T. C. TRICAS. 1996. Seasonal dynamics of dental sexual dimorphism in the atlantic stingray *Dasyatis sabina*. *Journal of Experimental Biology*, 199: 2297 – 2306.
- KARDONG, K. V. 2006. *Vertebrates: Comparative Anatomy, Function, Evolution*. 4/e. McGraw-Hill Higher Education. Washington State University. U.S.A.
- KOBELKOWSKY, A. 2004. Sistema digestivo y dimorfismo sexual dentario de las rayas *Urotrygon chilensis* (Urolophidae), *Dasyatis sabina* (Dasyatidae) y *Raya texana* (Rajidae). Un ictiólogo mexicano. 1-30 En: Lozano V.M.L. y Contreras B.A.J. (eds.). *Homenaje al Doctor Andrés Reséndez Medina*. Universidad Autónoma de Nuevo León. 316 p.

- LAMILLA, J. Y C. BUSTAMANTE. 2005. Guía para el reconocimiento de: tiburones, rayas y quimeras de Chile. *Oceana* 17: 1- 80.
- LAST, P. R. Y J. D. STEVENS. 1994. Sharks and Rays of Australia. *Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation*, Australia. 513p.
- MCCOURT, R. M. Y A. N. KERSTITCH. 1980. Mating behavior and sexual dimorphism in dentition in the stingray *Urolophus concentricus* from the Gulf of California. *Copeia*, (4): 900 -901.
- MCEACHRAN, J. D. 1977. Replay to "Sexual dimorphism in skates (Rajidae)". *Evolution*, 31: 218 - 220.
- MCEACHRAN, J. D. Y G. NOTARBARTOLO-DI-SCIARA. 1995. Peces Batoideos. En: Guía FAO para la identificación de especies para los fines de pesca. Pacífico Centro-Oriental. Vol. II Vertebrados-Parte I. Organización de las Naciones Unidas para la agricultura y la alimentación. Roma
- NOTARBARTOLO-DI-SCIARA, G. 1987. A revisionary study of the genus *Mobula* Rafinesque, 1810 (Chondrichthyes: Mobulidae) with the description of a new species. *Zoological Journal of the Linnean Society*, (91): 1-91.
- NOTARBARTOLO-DI-SCIARA, G. 1988. Natural history of the rays of the genus *Mobula* in the Gulf of California. *Fishery Bulletin*. 86(1): 45-66.
- NOTARBARTOLO-DI-SCIARA, G. Y E. V. HILLYER. 1989. Mobulid Rays of eastern Venezuela (Chondrichthyes, Mobulidae). *Copeia*, (3): 607 - 614.
- PURDY, R. W., V. P. SCHNEIDER, S. P. APPEGATE, J. H. McLELLAN, R. L. MEYER Y B. H. SLAUGHTER. 2000. The neogene sharks, rays and bony fishes from lee Creek Mine, Aurora North Carolina. *Smithsonian Contribution to Paleobiology*. 90: 71 - 202.
- SÁEZ S. Y J. LAMILLA. 2004. Sexual homodonty in *Bathyraja griseocauda* (Norman 1937) from the Southern Eastern Pacific (Chile) (Chondrichthyes, Rajidae: Arhynchobatinae). *Journal of Applied Ichthyology*. 20: 189 - 200.
- SEGURA, J. R. 2002. *Anatomía Comparada de gonopterigios de 17 especies de batoideos (Chondrichthyes)*. Tesis Licenciatura (Biólogo). Facultad de Estudios Superiores Iztacala. UNAM. México.
- TRICAS, T. C., K. DEACON, P. LAST, J. E. MCCOSKER, I. WALKER Y L. TAYLOR. 1998. *Tiburones y Rayas*. Omega, Barcelona.