



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES IZTACALA

MORFOLOGÍA DENTAL DE *GYMNURA MARMORATA* Y
GYMNURA MICRURA (CHONDRICHTHYES: GYMNURIDAE)

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO
DE
B I O L O G A
PRESENTA:
NAYELI ZALDIVAR GARCÍA

DIRECTORA DE TESIS
DRA. MÓNICA GONZÁLEZ ISÁIS



LOS REYES IZTACALA, EDO. MÉX., 2015



Universidad Nacional
Autónoma de México



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.

*La biología es la ciencia. La
evolución es el concepto que
hace a la biología singular.*

Jared Diamond

AGRADECIMIENTOS

A mis padres Jorge Zaldivar Ruiz y Martha García Jiménez y a mis hermanos, que me han brindado su amor, sus consejos y su apoyo a lo largo de todo este tiempo, durante los buenos y malos momentos.

Para mis tutores Dra. Mónica González Isáis y M. en C. Héctor Montes Domínguez, por el aceptarme en el laboratorio, por el apoyo, el conocimiento, la confianza y la amistad que me han brindado durante todo el tiempo que he permanecido con ustedes.

Al Dr. Jorge Gersenowies Rodríguez, por su ayuda en el desarrollo del análisis estadístico, por su revisión y el aporte que dio a mi tesis.

A mis asesores Dra. Patricia Ramírez Bastida y M. en C. Mario Cárdenas León por dedicarme un espacio para revisar mi tesis, por su aporte y comentarios que fueron de suma importancia para la adecuada redacción de la misma.

Para Luis Roberto Trujillo Aguila por realizar los dibujos de las mandíbulas y dientes, por darme su apoyo y amistad.

A todos mis amigos y compañeros que conocí a lo largo de mi trayectoria que me brindaron su amistad, consejos y más...

Índice de contenido

Resumen.....	1
Introducción.....	2
Antecedentes.....	6
Objetivos.....	9
<i>Objetivo General</i>	9
<i>Objetivos Particulares</i>	9
Métodos.....	10
Resultados.....	14
<i>Mandíbulas</i>	14
<i>Placas Dentales</i>	18
<i>Gymnura marmorata</i>	18
<i>Gymnura micrura</i>	19
<i>Análisis de varianza (ANOVA)</i>	20
<i>Dientes</i>	21
<i>Gymnura marmorata</i>	21
Adultos.....	21
Juveniles.....	30
<i>Gymnura micrura</i>	38
Adultos.....	38
Juveniles.....	44
Discusión.....	53
<i>Mandíbulas</i>	53
<i>Placas dentales</i>	53
<i>Dientes</i>	54

Conclusiones.....	57
Glosario y terminología empleada.....	58
Anexo I.....	62
Anexo II.....	63
Literatura Citada.....	64

Resumen

El tipo de dentición de los elasmobranquios es típicamente homodonta en cuanto a la forma y tamaño de los dientes, sin embargo, existen especies heterodontas, que presentan dientes de diferentes formas y tamaños. El esqueleto de estos organismos es cartilaginoso, por lo que el registro fósil se compone principalmente de espinas, dentículos y dientes. Se han realizado pocas investigaciones sobre dientes en comparación con otras estructuras, la mayoría enfocados a descripciones generales en la morfología dental de los organismos, por lo que el objetivo de este trabajo es contribuir al estudio comparativo de la morfología dental de *Gymnura marmorata* y *Gymnura micrura*. Se trabajó con un total de 30 organismos, siete hembras y ocho machos, de cada especie; las estructuras mandibulares y dentales de cada ejemplar fueron descritas en detalle. Las mandíbulas de *G. marmorata* y *G. micrura* en ambos sexos son sumamente delgadas, principalmente el palatoc cuadrado. Este cartílago es el que posee mayor cantidad de dientes. En las dos especies el número de dientes se incrementa conforme aumenta la talla del organismo. En los dientes de *G. marmorata* se observan variaciones a lo largo de las placas dentales de los dos cartílagos en ambos sexos, tanto en juveniles como en adultos; los dientes de esta especie se caracterizan por presentar una cúspide central y dos cúspides laterales que presentan diferentes grados de desarrollo. Los organismos de *G. micrura* presentan menos tipos de variaciones en su morfología dental y se caracterizan por tener una cúspide central y dos procesos laterales. Además, se observó que en ambas especies los dientes pueden variar en cuanto a su forma y tamaño en los dos cartílagos y/o en ambos sexos. Se concluyó que los dientes de *G. marmorata* y *G. micrura* presentan los cuatro tipos de heterodoncia: ontogénica, monognática, dignática y ginándrica, sin embargo la variación no es tan marcada como en otras especies; cabe mencionar que la estructura con mayor variabilidad morfológica dental en ambas especies fue la raíz.

Introducción

La clase Chondrichthyes está integrada por tiburones, rayas y quimeras. Pueden encontrarse en todos los océanos del mundo, cerca de la línea de costa hasta las zonas abisales, y existen más de 950 especies en aguas oceánicas y continentales. Actualmente se divide en dos Subclases, Holocephalii y Elasmobranchii, esta última se subdivide a su vez en Selachii (tiburones) y Batoidea (rayas) (Last y Stevens, 1994).

Existen casi 600 especies actuales de rayas pertenecientes a 18 familias, las cuales son habitantes comunes de aguas profundas, pero también se encuentran en áreas cercanas a la costa. Los batoideos se caracterizan por la fusión de las aletas pectorales a la cabeza formando una estructura llamada disco, este puede ser fusiforme, ovalado, circular o rómbico; están aplanados dorsoventralmente, aunque algunos pueden presentar forma de tiburón en la zona posterior. Presentan de 5 a 6 hendiduras branquiales que se localizan en la superficie inferior (figura 1); la mayor parte de las especies carecen de aletas dorsal y caudal o no se encuentran muy desarrolladas, presentan una cola delgada sin aleta anal; los ojos se encuentran situados en la parte superior del cuerpo (excepto en las especies de la Subfamilia Myliobatinae), tienen espiráculos bien desarrollados detrás de los ojos (Last y Stevens, 1994; Tricas *et al.*, 1998; Nelson, 2006).

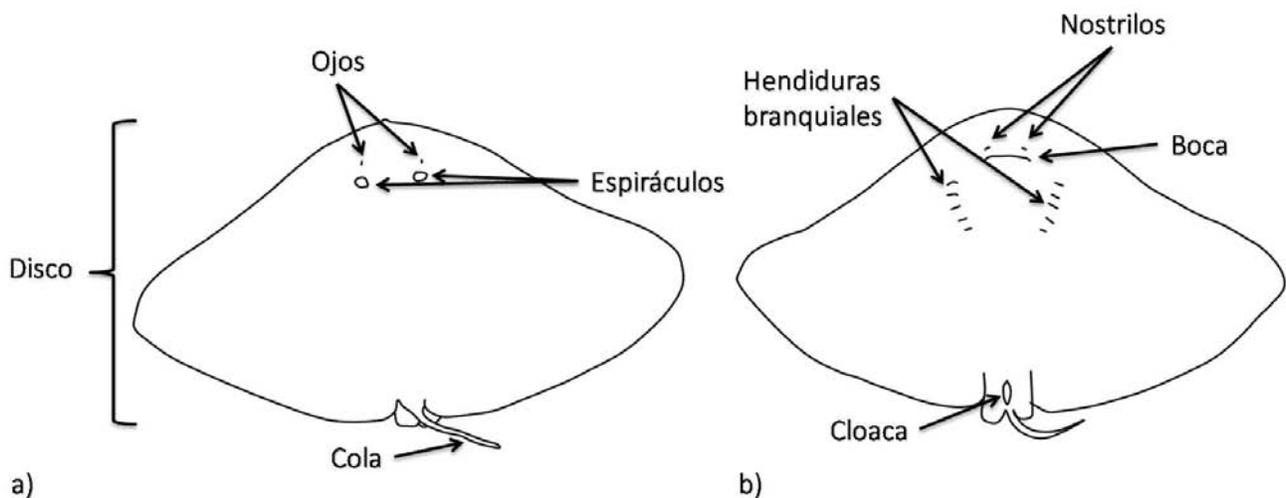


Figura 1. Morfología externa en vista dorsal (a) y vista ventral (b) de *Gymnura*.

Detectan y localizan a sus presas por medio de un sistema olfatorio bien desarrollado, localizado en la parte frontal de la boca, por la línea lateral y por los electrorreceptores que cubren gran parte de la cara inferior del cuerpo. La piel puede ser lisa y estar recubierta de un *mucus* viscoso, también puede presentar dentículos (Last y Stevens, 1994; Tricas *et al.*, 1998; Nelson, 2006).

Existe dimorfismo sexual desde el nacimiento, en los machos se observan los gonopterigios los cuales son importantes para distinguir a las especies, por su forma y estructura; pueden ser vivíparos u ovovivíparos según sea la especie (Last y Stevens, 1994; Tricas *et al.*, 1998; Nelson, 2006).

Compagno (1977) divide a los batoideos en cinco grupos monofiléticos: torpedinoideos (Rayas eléctricas), rinobatoideos (Peces guitarra), pristoideos (Peces sierra), rajoideos (Rayas) y miliobatoideos (Pastinacas, águilas de mar, mantas; Figura 2).

Los miliobatoideos son el grupo más avanzado y especializado, están constituidos por 10 familias con 27 géneros y 183 especies (Nelson, 2006). Dentro de este grupo se encuentra la Familia Gymnuridae, la cual está constituida por dos géneros y doce especies actuales, son peces deprimidos de talla mediana a grande, presentan un disco romboidal y es 1,5 veces más ancho que largo; su cola es muy delgada y es más corta que el disco, la cual se encuentra demarcada del tronco. Las aletas pectorales se continúan a ambos lados de la cabeza. Algunas presentan una aleta dorsal pequeña y/o una espina aserrada, pero nunca una aleta caudal o anal. El hocico es romo a más o menos puntiagudo; los ojos y los espiráculos se sitúan en el dorso de la cabeza. La boca se localiza ventralmente; presentan dientes pequeños, dispuestos en numerosas series en ambas mandíbulas y carecen de papilas. Son vivíparos aplacentados y los embriones permanecen en los oviductos hasta el término de su desarrollo. Habitan en mares templado-cálidos de todo el mundo y son más frecuentes en aguas costeras someras, estuarios y lagunas. La carne se consume fresca o salada (Last y Stevens, 1994; McEachran y Notarbartolo-Di-Sciara, 1995; Nelson, 2006).

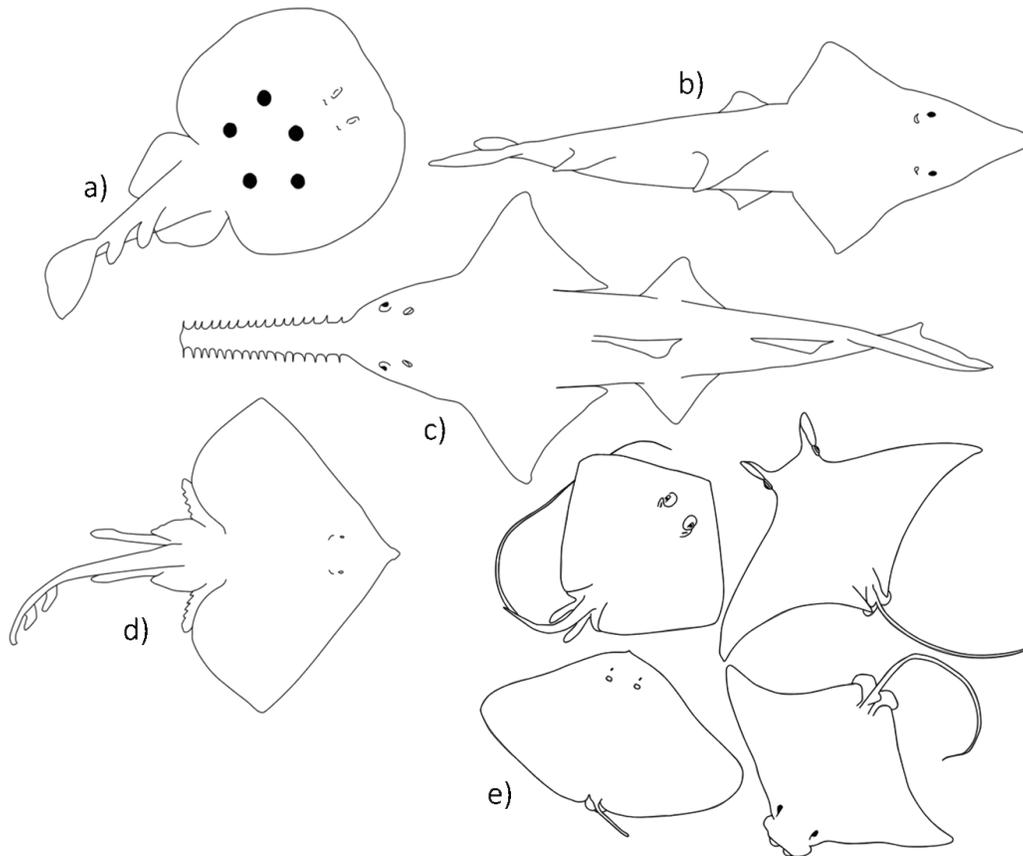


Figura 2. Grupos monofiléticos de batoideos: a) torpedinoideos, b) rinobatoideos, c) pristoideos, d) rajoideos y e) miliobatoideos.

Dentición

Los dientes aparecen por primera vez en la evolución de los peces, en las mandíbulas de los acantodios y placodermos, representados hoy por sus descendientes los peces óseos y cartilaginosos. Los dientes de estos peces tienen una estructura muy semejante a la de las escamas placoideas y dentículos dérmicos. Se cree que los dientes derivan de las escamas que invadieron las membranas orales (Rojo, 1988).

Los tiburones y las rayas tienen una dentición polifiodonta. Los dientes se desarrollan a lo largo de la superficie interna del cartílago junto con un replegamiento del tejido epidérmico. Están sujetos a la membrana dental y avanzan anteriormente en forma parecida a una cinta mecánica, hacen erupción y se vuelven funcionales durante un tiempo. Lo primero que se forma es la corona, construida de

esmalte. La raíz se forma posteriormente, rellena la corona y se encuentra completamente formada cuando el diente alcanza la posición funcional. Muchos dientes caen durante el proceso de alimentación o del apareamiento, pero muchos otros caen simplemente por el proceso de movimiento de la cinta mecánica. Esta es una de las razones por las que los dientes de tiburones son tan comunes en el registro fósil. Los dientes que se sueltan en vida pueden tener coronas rotas o desgastadas, pero las raíces estarán siempre completamente desarrolladas. En contraste, los dientes caídos como resultado de la muerte de un individuo contendrán todos los estadios de crecimiento, desde la corona de esmalte hasta el diente completo con las raíces bien desarrolladas (Welton y Farish, 1993).

El tipo de dentición de los elasmobranquios es típicamente homodonta o uniforme en cuanto a la forma y tamaño de los dientes, sin embargo existen especies heterodontas, que presentan dientes de diferentes formas y tamaños (Navarro, 2011).

Los batoideos y selaquios pueden o no presentar hasta tres tipos de heterodoncia: I. Ontogénica, los dientes cambian conforme el crecimiento del organismo. II. Dignática, los dientes del cartílago superior son diferentes a los del inferior. III. Monognática, los dientes de un cartílago presentan diferentes morfologías. En algunas especies los dientes de la hembra y del macho presentan morfologías diferentes, a esto se le conoce como dimorfismo sexual dental o heterodoncia ginándrica (Compagno, 1973 citado en Cappetta, 1987).

Antecedentes

Se han realizado diferentes trabajos sobre morfología dental y heterodoncia que presentan los diferentes grupos de batoideos, así como el origen de los dientes y su desarrollo.

- ★ En 1968 Slaughter y Springer describieron y compararon la ontogenia dental, el crecimiento y reemplazo de dientes, en peces y tiburones sierra.
- ★ Feduccia y Slaughter en 1974 realizaron un trabajo en especies de la familia Rajidae. Encontraron dimorfismo sexual y concluyeron que se debía a los hábitos alimenticios y en consecuencia se reducía la competencia intraespecífica por el alimento.
- ★ Miller (1974) observó el desarrollo dental en *Pristis perotteti* y *Pristis cuspidatus*.
- ★ McEachran examinó en 1977 ejemplares de cuatro especies de la familia Rajidae del noroeste del Atlántico, las cuales presentaron dimorfismo sexual dental. Concluyeron que el macho sujeta a la hembra con los dientes durante la cópula.
- ★ En 1980, McCourt y Kerstitch realizaron varios estudios en Baja California Sur, México, donde observaron que los machos de *Urolophus concentricus* mordían a las hembras en la superficie inferior de la aleta pectoral, para copular. Observaron que la dentición de los machos es más puntiaguda que la de las hembras.
- ★ Cappetta realizó en 1984 una descripción dental de una especie fósil del género *Gymnura* y hace observaciones con respecto a especies actuales del mismo género.
- ★ Cappetta en 1987 recopila información sobre dientes en diferentes especies de selaquios y batoideos, así como el registro fósil de los mismos. Describiendo la morfología dental.
- ★ Welton y Farish en 1993 elaboraron una guía de dientes fósiles de tiburones y rayas del Cretácico en Texas, detallando la morfología dental, el tipo de heterodoncia que presentan, las características distintivas y la incidencia estratigráfica en Texas.
- ★ En 1996 Kajiura y Tricas realizaron un trabajo en ejemplares de *Dasyatis sabina*, observando que

antes y durante la época de apareamiento los machos cambian su morfología dental, siendo más puntiaguda para sujetar a la hembra, mientras en las épocas no reproductivas son similares a las de las hembras, redondas y molariformes.

- ★ Yano y colaboradores describieron en 1999, el comportamiento del cortejo y del apareamiento de *Manta birostris*, observando que durante la copulación el macho muerde la punta de la aleta pectoral de la hembra.
- ★ En 2001, Purdy y colaboradores describieron tres morfotipos dentales en el género *Mobula* de la Mina Lee Creek, Aurora, California del Norte.
- ★ Montes realizó en 2001 una descripción de mandíbulas, placas dentales y morfología dental en cinco especies del género *Urotrygon*.
- ★ González en 2003 describió las mandíbulas y los dientes de algunas especies de miliobatoideos, mencionando de manera general algunas características de *Gymnura marmorata* y *Gymnura micrura*.
- ★ En 2009, Chávez realizó un estudio de morfología dental en *Mobula japonica* y *Mobula thurstoni*, donde observó dimorfismo sexual dental o heterodoncia ginándrica en ambas especies, al igual que los diferentes tipos de heterodoncia que pueden presentar los mobúlidos.
- ★ Navarro realizó en 2011 un análisis morfológico de las placas dentales de *Rhinoptera steindachneri*, *Dasyatis dipterura*, *Rhinobatos glaucostigma*, *Urotrygon nana* y *Urotrygon rogersi* y describió detalladamente los dientes de cada una de las especies en ambos sexos.
- ★ En 2013, Kobelkowsky realizó un estudio sobre la morfología del sistema digestivo de *Gymnura micrura* y describió las mandíbulas y de manera general los dientes de los organismos de esta especie.

Justificación

Debido a que los elasmobranquios se caracterizan por presentar un esqueleto cartilaginoso, el registro fósil se compone principalmente de espinas, dentículos y dientes; por lo cual son importantes los estudios de estas estructuras, ya que permiten determinar el grado de variabilidad inter e intraespecífica y sus relaciones filogenéticas. Además, se han realizado pocas investigaciones sobre dientes en comparación con otras estructuras, la mayoría enfocados a descripciones generales en la morfología dental de los organismos. Es por ello que el propósito de este estudio es describir detalladamente la morfología de los arcos mandibulares y de los dientes de las especies de *Gymnura marmorata* y de *Gymnura micrura*.

Objetivos

Objetivo General



Contribuir al estudio comparativo de la morfología dental de *Gymnura marmorata* y *Gymnura micrura*.

Objetivos Particulares



Describir la morfología de las mandíbulas de *Gymnura marmorata* y *Gymnura micrura*.



Describir la morfología de las placas dentales de *Gymnura marmorata* y *Gymnura micrura*.



Describir los dientes de *Gymnura marmorata* y *Gymnura micrura* en sus seis diferentes vistas.

Métodos

El estudio se llevó a cabo con ejemplares de *Gymnura marmorata* y *Gymnura micrura*. Se utilizaron 30 organismos, 7 hembras y 8 machos, para cada una de las especies; fueron colectados mediante redes de arrastre con barcos camaroneros, *G. micrura* en Alvarado, Veracruz y *G. marmorata* en Bahía Quino, Sonora; posteriormente fueron sacrificados y fijados en formaldehído al 4%. Se determinaron mediante claves taxonómicas de McEachran y Notarbartolo-Di-Sciara (1995).

De cada organismo se registró el sexo, longitud total, longitud del disco y anchura del disco (figura 3 y Anexo I). Las mandíbulas se retiraron de la cabeza de los ejemplares, para ser limpiadas y realizar su descripción.

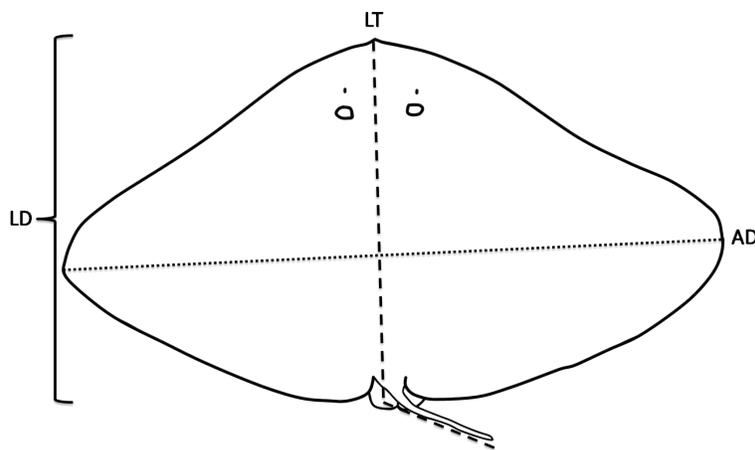


Figura 3. Medidas morfométricas a obtener de los organismos: longitud total (LT), longitud del disco (LD) y anchura del disco (AD).

Las placas dentales se describieron detalladamente, considerando la forma, el largo, el ancho, número y disposición de hileras dentales, el total de dientes que poseen los organismos y para conocer si hay diferencias entre sexos y especies se realizó un análisis de varianza (ANOVA) con respecto a la cantidad de dientes que poseen ambos cartílagos, utilizando el programa STATISTICA ver. 8.0 (StatSoft, Inc. 2007). Las placas dentales fueron seccionadas en cinco zonas: dos laterales, dos medio-laterales y una sinfisial (figura 4), para realizar la extracción de dientes en las zonas antes mencionadas.

De cada mandíbula se extrajeron 30 dientes (15 de cada cartílago), se describieron las piezas dentales

con gran detalle en sus seis diferentes vistas: labial, lingual, oclusal, basal, mesial y distal (figura 5), posteriormente se realizó una tabla para obtener la frecuencia con la que se determinó la cantidad de veces que se observa una variación en las placas dentales (Anexo II). Por último se llevo acabo una comparación entre estadios, sexos y especies.

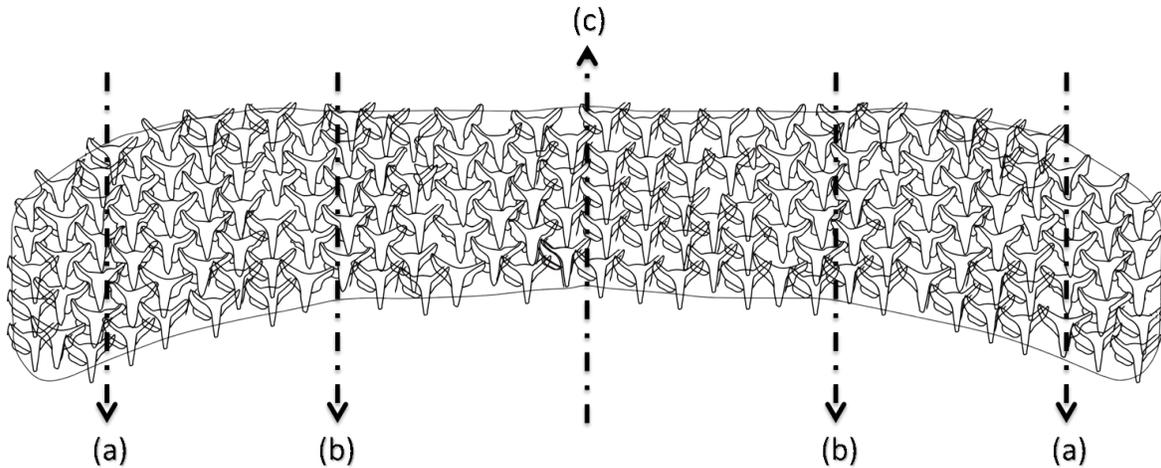


Figura 4. Placa dental seccionada para la extracción de dientes: zonas laterales (a), zonas medio-laterales (b) y zona central o sinfial (c).

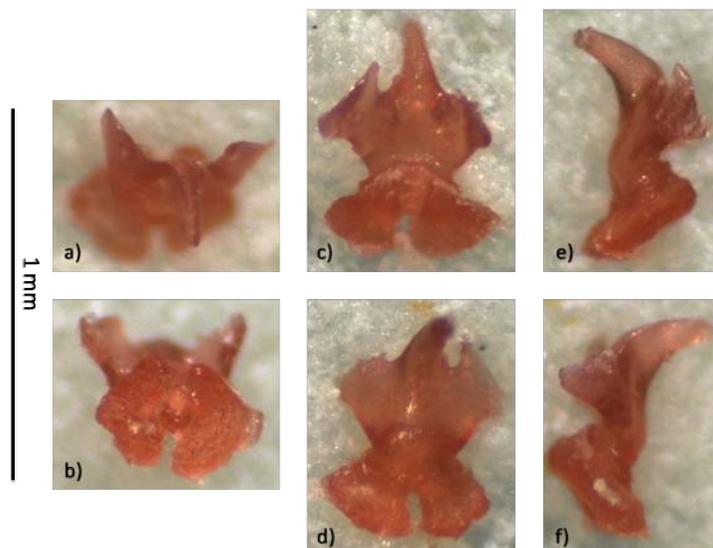


Figura 5. Diente de macho de *G. marmorata* en sus seis diferentes vistas: oclusal (a), basal (b), labial (c), lingual (d), distal (e) y mesial (f).

La terminología utilizada en la descripción de los dientes se basó en la empleada por Cappetta (1987) y Welton & Farish (1993).

Clasificación de *Gymnura marmorata* (Cooper, 1863).

Según Integrated Taxonomic Information System (ITIS, 2013).

Phyllum Chordata

Subphyllum Vertebrata

Infraphyllum Gnathostomata

Clase Chondrichthyes

Subclase Elasmobranchii

Superorden Euselachii

Orden Myliobatiformes

Familia Gymnuridae

Género *Gymnura*

Especie *Gymnura marmorata* (Cooper, 1863)



Figura 6. *Gymnura marmorata*.

Nombre común: raya mariposa californiana

Descripción de *Gymnura marmorata* (Cooper, 1863); según González, 2003.

Descripción General: Presenta disco rómbico cuya anchura es de 1.6 a 1.8 veces el largo; su hocico es obtuso; las aletas pectorales están continuas a ambos lados de la cabeza; la cola es delgada, más corta que el disco y a veces con espina aserrada, además la cola presenta un pliegue dorsal y otro ventral bien definidos; no presenta aletas dorsales ni caudal; su piel es desnuda (figura 6).

Color: Su superficie dorsal es verde olivo, con pequeñas manchas circulares amarillentas y la cola presenta bandas blancas. Su superficie ventral es blanquecina.

Distribución: Desde San Diego y costas del Golfo de California hasta Perú.

Clasificación de *Gymnura micrura* (Bloch y Schneider, 1801).

Según Integrated Taxonomic Information System (ITIS, 2013).

Phyllum Chordata
Subphyllum Vertebrata
Infraphyllum Gnathostomata
Clase Chondrichthyes
Subclase Elasmobranchii
Superorden Euselachii

Orden Myliobatiformes

Familia Gymnuridae

Género *Gymnura*

Especie *Gymnura micrura* (Bloch y Schneider, 1801)



Figura 7. *Gymnura micrura*.

Nombre común: raya cola de rata

Descripción de *Gymnura micrura* (Bloch y Schneider, 1801); según González, 2003.

Descripción General: Presenta disco rómbico cuya anchura es de 1.5 a 1.8 veces el largo; su hocico es obtuso; las aletas pectorales están continuas a ambos lados de la cabeza; la cola es delgada, más corta que el disco, no presenta espina aserrada, con un pliegue dérmico poco notable en la superficie ventral. No presenta aletas dorsales ni caudal; su piel es desnuda (figura 7).

Color: Su superficie dorsal es parda y la cola presenta manchas. Su superficie ventral es blanquecina.

Distribución: Desde la bahía de Cheasepeake, Maryland, costas de México hasta Río de Janeiro, Brasil.

Resultados

Mandíbulas

El arco mandibular está conformado por dos estructuras, una superior denominada palatocadrado y una inferior llamada cartílago de Meckel; ambas estructuras son sumamente delgadas, principalmente el cartílago superior. En los organismos de las dos especies, ambos cartílagos están articulados a nivel de la sínfisis mandibular (figuras 8 y 9).

En las figuras 8a y 8c se puede observar que el cartílago superior o palatocadrado presenta un par de cóndilos anteriores y un par de cóndilos articulares en las zonas laterales, estos últimos se articulan en los extremos laterales del cartílago inferior.

La zona central del cartílago de Meckel es más delgada y en las zonas laterales presenta un ensanchamiento. En *G. marmorata* se observan dos procesos alares, y dos procesos en los extremos laterales del cartílago, en *G. marmorata* ambos son largos y en *G. micrura* son cortos (figuras 8 y 9).

En machos adultos de *G. marmorata* las mandíbulas se curvan dando una forma de herradura y en los juveniles es semicurva.

En ambas especies los dos cartílagos son anchos, principalmente el cartílago de Meckel y en hembras (Tabla 1); en cuanto a las placas dentales, las del cartílago superior son las más anchas y las del inferior más angostas, como se observa en las figuras 8 y 9, además el palatocadrado es el cartílago que posee mayor cantidad de dientes (Tabla 2).

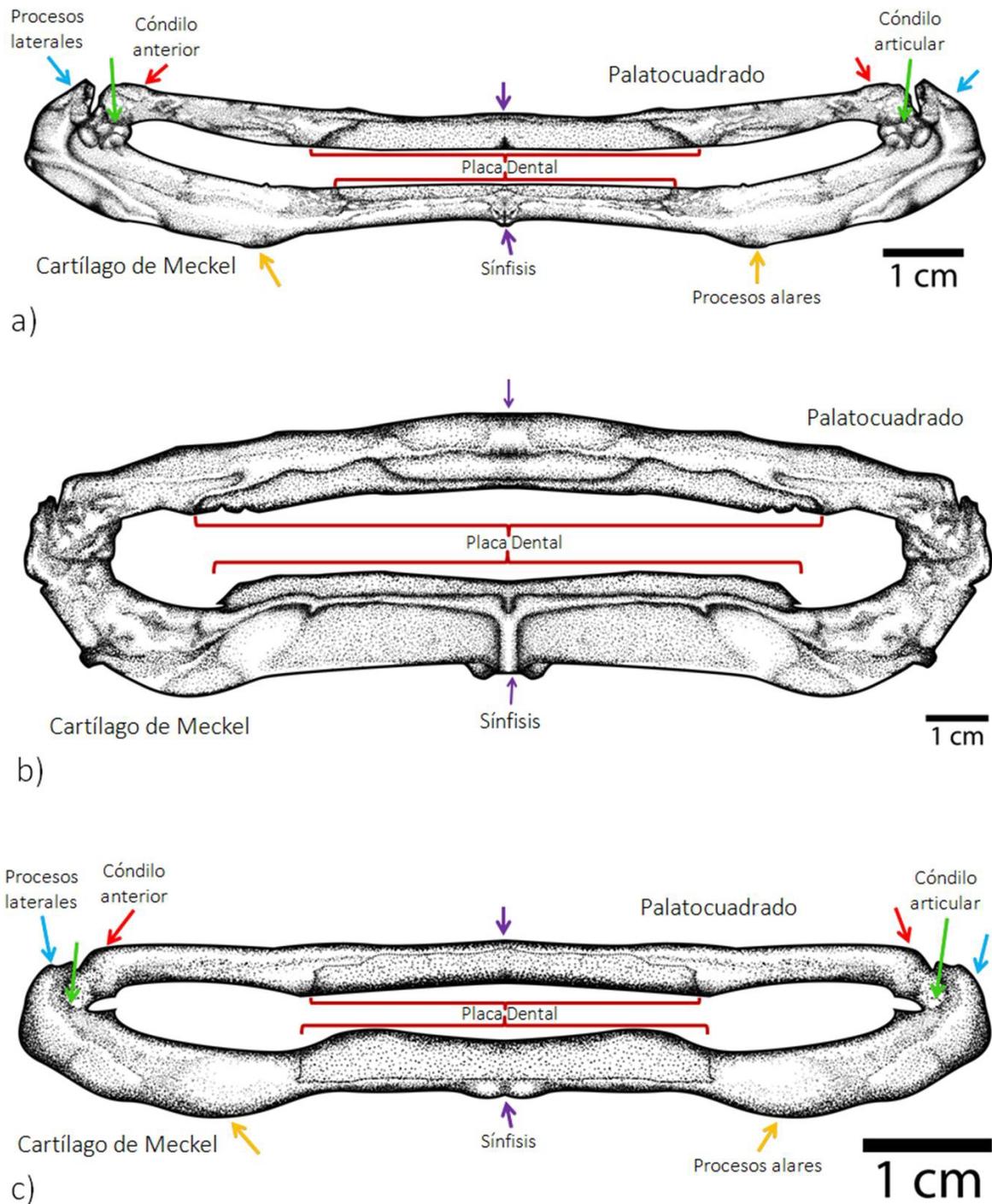


Figura 8. Mandíbulas de *Gymnura marmorata* de hembra en vista dorsal (a) y en ventral (b). Mandíbulas de *Gymnura marmorata* de macho en vista dorsal (c).

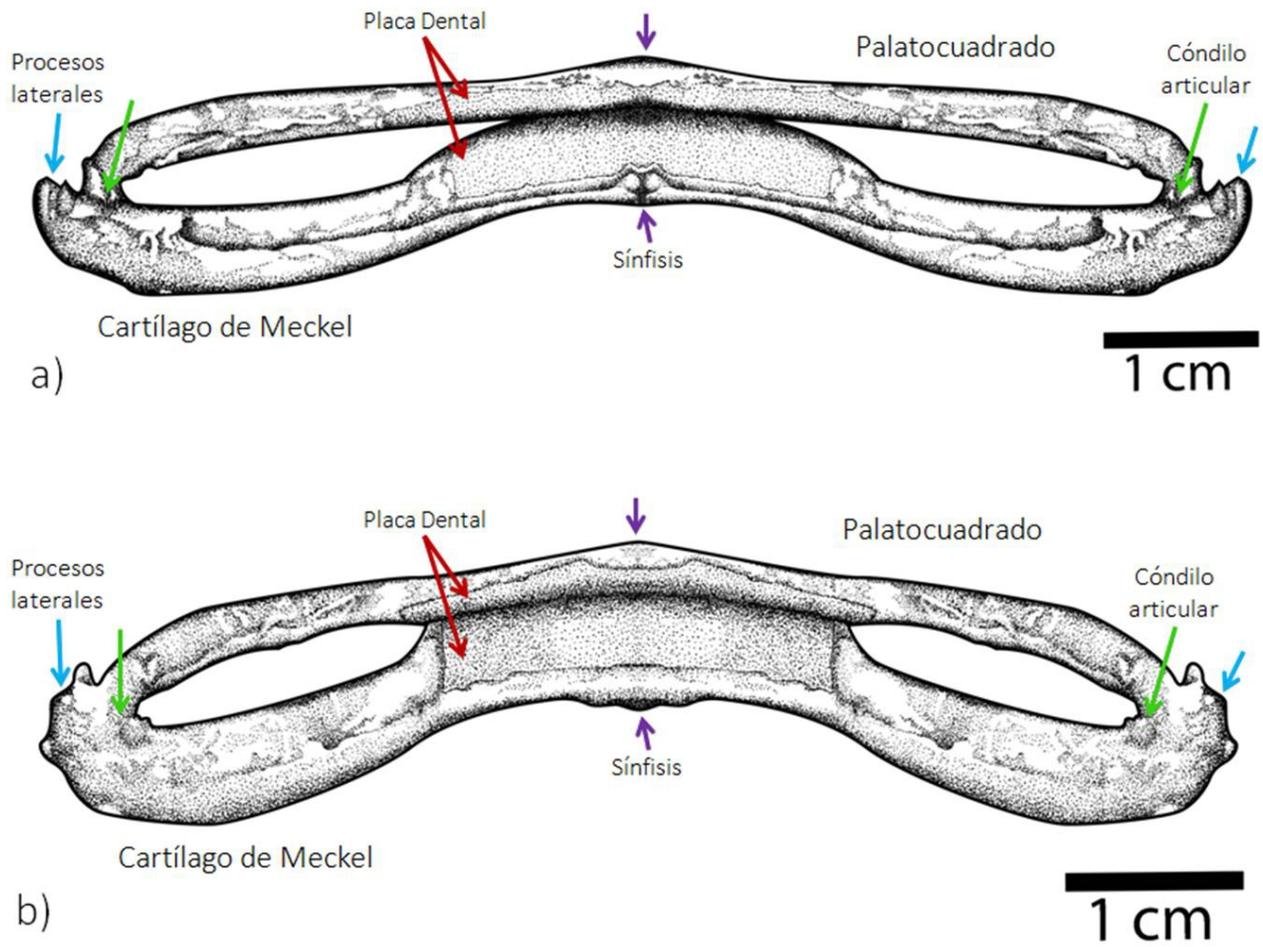


Figura 9. Mandíbulas de *Gymnura micrura* en vista dorsal, hembra (a) y macho (b).

Tabla 1. Datos morfométricos de ejemplares de *G. marmorata* y *G. micrura*.

			Longitud del disco [cm]	Anchura del disco [cm]	Anchura del cartílago de Meckel [cm]	Anchura del palatocadrado [cm]
<i>Gymnura marmorata</i>	Machos	Juveniles	< 28	42.5 – 46	5 – 6	5 – 6
		Adultos	> 28	46 – 53	5 – 7	4.8 – 6.8
	Hembras	Juveniles	< 35	43.5 – 60	5 – 8	5 – 8
		Adultos	> 35	65.7 – 81	8 – 10.5	8 – 10
<i>Gymnura micrura</i>	Machos	Juveniles	< 23	24 – 30	3 – 4	3 – 4
		Adultos	> 23	37 – 49	5 – 6	5 – 6
	Hembras	Juveniles	< 25	26 – 42	4 – 7	4 – 6
		Adultos	> 25	49 – 65	7 – 11	6 – 10

Tabla 2. Intervalos establecidos para obtener el porcentaje de la placa dental, el número de hileras dentales y total de dientes del cartílago de Meckel (CM) y del palatocadrado (P) en organismos juveniles y adultos de ambos sexos de *G. marmorata* y *G. micrura*.

			Porcentaje de la placa dental (P)	Hileras dentales (P)	Total de dientes (P)	Porcentaje de la placa dental (CM)	Hileras dentales (CM)	Total de dientes (CM)
<i>Gymnura marmorata</i>	Machos	Juveniles	44% - 50%	34 - 51	300 - 600	41% - 46%	30 - 38	200 - 400
		Adultos	44% - 57%	37 - 45	250 - 500	40% - 48%	32 - 35	200 - 300
	Hembras	Juveniles	44% - 49%	39 - 47	200 - 600	35% - 41%	36 - 45	200 - 400
		Adultos	44% - 49%	48 - 54	350 - 850	40% - 45%	45 - 52	300 - 550
<i>Gymnura micrura</i>	Machos	Juveniles	41% - 46%	25 - 29	280 - 300	34% - 36%	24 - 26	269 - 282
		Adultos	43% - 47%	36 - 46	416 - 600	36% - 39%	29 - 38	381 - 529
	Hembras	Juveniles	41% - 48%	36 - 42	362 - 421	34% - 38%	29 - 37	301 - 347
		Adultos	43% - 46%	38 - 54	550 - 854	34% - 38%	32 - 44	493 - 543

Placas Dentales

La placa dental se localiza en la zona central de ambos cartílagos, la placa presenta una forma trapezoidal en ambas especies (figura 10).

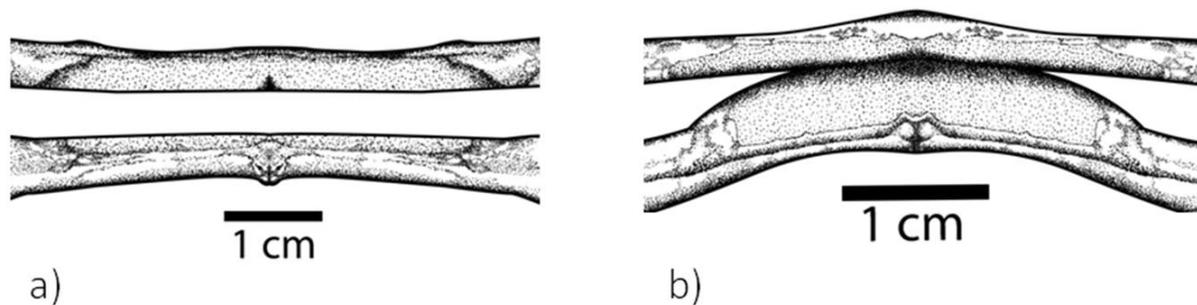


Figura 10. Forma de las placas dentales de *G. marmorata* (a) y *G. micrura* (b).

Gymnura marmorata

En ambos géneros y en ambos estadios de *G. marmorata*, las placas dentales son muy anchas, esto se aprecia más en el palatocadrado, como se observa en la figura 10a y en los porcentajes que ocupan las placas dentales de los cartílagos de la tabla 2 que se describirán a continuación: en machos es de 44% a 50% y de 44% a 57% en juveniles y adultos, respectivamente; mientras que en hembras de ambos estadios es de 44% a 49%. En el cartílago de Meckel, el porcentaje que ocupa la placa en machos juveniles es de 41% a 46% y en adultos a 48%; en hembras de 35% a 41% en juveniles y de 40% a 45% en adultos.

En cuanto a las hileras dentales, la placa del cartílago de Meckel es la que posee menor cantidad (tabla 2), los machos adultos presentan de 37 a 45 en el cartílago superior y en el inferior en 32 a 35; mientras que en juveniles, en el palatocadrado y en el cartílago de Meckel son de 34 a 51 y 30 a 38, respectivamente. En lo referente a las hileras dentales del palatocadrado en hembras adultas y juveniles hay de 48 a 54 y de 39 a 47, respectivamente; y en el cartílago de Meckel hay de 45 a 52 en hembras adultas y para juveniles hay de 36 a 45 hileras.

El ancho que presentan las placas dentales se refleja en la cantidad de dientes que poseen los organismos, como se muestra en la tabla 2, en juveniles de ambos sexos la cantidad de dientes que tienen es similar, en el palatocadrado para machos son de 300 a 600 dientes y para hembras de 200 a 600 y en el cartílago de Meckel de 200 a 400 para ambos sexos; mientras que en adultos se registró que en el palatocadrado los machos poseen de 250 a 500 y hasta 850 dientes en hembras, en cuanto al de Meckel de 200 a 300 y de 300 a 550 en machos y hembras, respectivamente.

Gymnura micrura

Como se aprecia en la figura 10b y en la tabla 2, el porcentaje que ocupa la placa dental en los cartílagos de ambos géneros y en ambos estadios de *G. micrura*, las placas son muy anchas, esto se refleja más en el palatocadrado; en machos es de 41% a 46% en juveniles y en adultos de 43% a 47%, en cuanto a hembras juveniles es de 41% a 48% y para adultos de 43% a 46%. Mientras que en el cartílago inferior, en machos juveniles y adultos es de 34% a 36% y de 36% a 39%, respectivamente; y de 34% a 38% para hembras juveniles y adultos.

Los dientes del palatocadrado en machos juveniles se encuentran distribuidos de 25 a 29 hileras dentales y de 34 a 46 en adultos; mientras que en hembras juveniles y adultos de 36 a 42 y de 38 a 54, respectivamente. En cuanto a los del cartílago de Meckel, se encuentran organizados de 24 a 26 y de 29 a 38, en machos juveniles y adultos, respectivamente; y de 29 a 37 en hembras juveniles y de 32 a 44 en adultos.

Respecto a los dientes, el palatocadrado es el que posee mayor cantidad en ambos géneros, los machos juveniles en el cartílago superior es de 280 a 300 y de 416 a 600 en adultos; las hembras juveniles y adultos poseen de 362 a 421 y de 550 a 854 dientes, respectivamente. Mientras que en el inferior, los machos juveniles de 269 a 282 y los adultos de 381 a 529 dientes, en hembras juveniles de 301 a 347 y de 493 a 543 en adultos.

Análisis de varianza (ANOVA)

Tabla 3. Resultados del análisis de varianza utilizando los resultados del cartílago de Meckel.

Prueba univariada de significancia para TDCM (total de dientes del cartílago de Meckel). Parametrización sigma-restringido. Effective hypothesis decomposition.					
	Suma de cuadrados (SS)	Grados de libertad	Cuadrado medio (MS)	Valor de F	Pr > F
Especie	111786	1	111786	11,2399	0,002178
Sexo	8043	1	8043	0,8087	0,375653
Especie*Sexo	5671	1	5671	0,5702	0,456058
Error	298363	30	9945		

Se puede apreciar que existen diferencias significativas en la cantidad total de dientes del cartílago de Meckel que poseen los organismos entre especies (tabla 3). Los ejemplares de *G. micrura* poseen mayor cantidad de dientes en este cartílago (promedio=418,93) (tabla 4).

Tabla 4. Prueba de Fisher.

Prueba de Fisher; variable TDCM (total de dientes del cartílago de Meckel). Probabilidades para Post Hoc. Error: entre MS = 9945,4, df = 30,000			
	Especie	{1} - 295,25	{2} - 418,93
1	<i>G. marmorata</i>		0,001262
2	<i>G. micrura</i>	0,001262	

Tabla 5. Resultados del análisis de varianza utilizando los resultados del palatoc cuadrado.

Prueba univariada de significancia para TDP (total de dientes del palatoc cuadrado). Parametrización sigma-restringido. Effective hypothesis decomposition.					
	Suma de cuadrados (SS)	Grados de libertad	Cuadrado medio (MS)	Valor de F	Pr > F
Especie	60755	1	60755	2,6061	0,116921
Sexo	55140	1	55140	2,3653	0,134545
Especie*Sexo	5092	1	5092	0,2184	0,643617
Error	699371	30	23312		

La cantidad total de dientes del palatoc cuadrado no presenta una diferencia significativa entre especies, ni sexos.

Dientes

Los dientes en ambas especies son muy pequeños y numerosos. A lo largo de la placa dental presentan variaciones en su anchura, en la cantidad, la forma y el grado de desarrollo de las cúspides y en la forma y cantidad de los lóbulos de la raíz.

Gymnura marmorata

En *G. marmorata* se observan los tres tipos de heterodoncias: ontogénica, dignática y monognática, además la morfología dental de las hembras es diferente a la de los machos, es decir, presentan dimorfismo sexual dental o heterodoncia ginándrica.

Adultos

En los dientes de adultos de ambos sexos se pueden observar perfectamente las tres partes que lo conforman: corona, cuello y raíz. Se describirá la morfología dental que se observa comúnmente en la placa dental de los dos cartílagos de ambos sexos. En las figuras 11b y 11c se puede observar que la corona es más alta, ancha y se encuentra perfectamente delimitada de la raíz por medio del cuello, presenta tres cúspides: dos laterales y una central, esta última se encuentra dirigida lingualmente (11a). Las dos cúspides laterales son relativamente cortas y pueden o no estar muy desarrolladas (11e y 11f), entre ambas hay una concavidad que abarca desde el cuello hasta el inicio de la cúspide central (11a). La raíz es bilobulada y asimétrica, los lóbulos se encuentran separados por un surco y puede o no presentar foramen (11d).

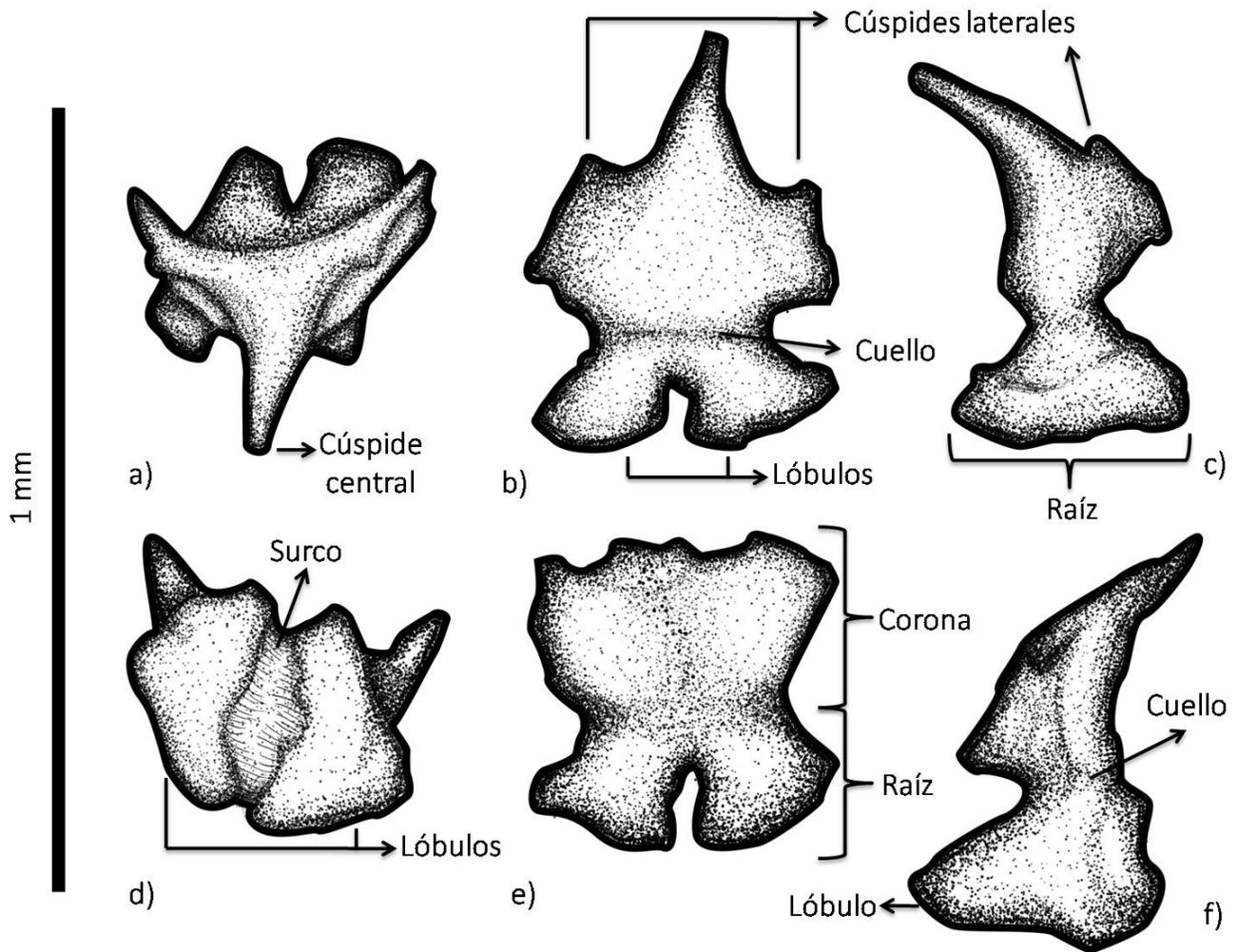


Figura 11. Diente de hembra en sus seis diferentes vistas oclusal (a), labial (b), mesial (c), basal (d), lingual (e) y distal (f).

A continuación, se describirán las variaciones que presentan los dientes de organismos adultos del diente general (figura 11) de *G. marmorata* y donde se localizan las mismas.

Variación I

Este tipo de diente se localiza en las zonas medio-laterales de la placa dental del cartílago de Meckel en hembras y es poco frecuente. En la figura 12, se observa como los lóbulos asimétricos se encuentran unidos entre sí, por lo que no presenta surco.

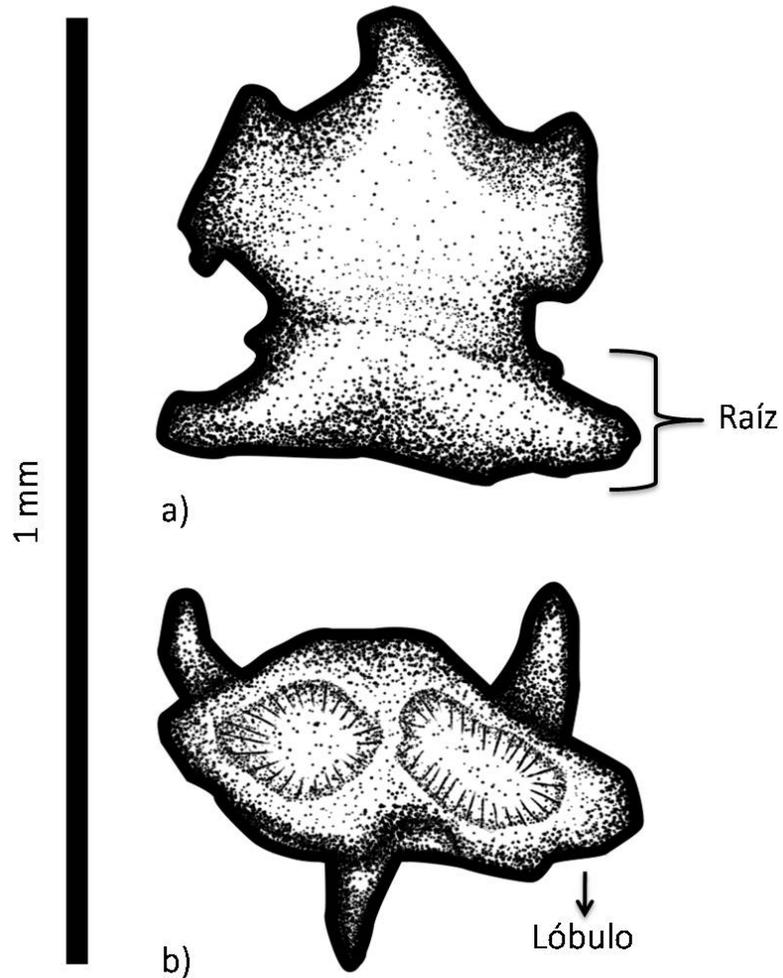


Figura 12. Diente de hembra de la zona media-lateral de la placa dental del cartílago inferior en vistas labial (a) y basal (b).

Variación II

Esta variación es muy poco frecuente y se encuentra en las zonas medio-laterales de las placas dentales de ambos cartílagos en hembras. Como se observa en la figura 13, los lóbulos presentan forma triangular casi equilátera y se encuentran bien separados por un surco; las cúspides laterales están bien desarrolladas.

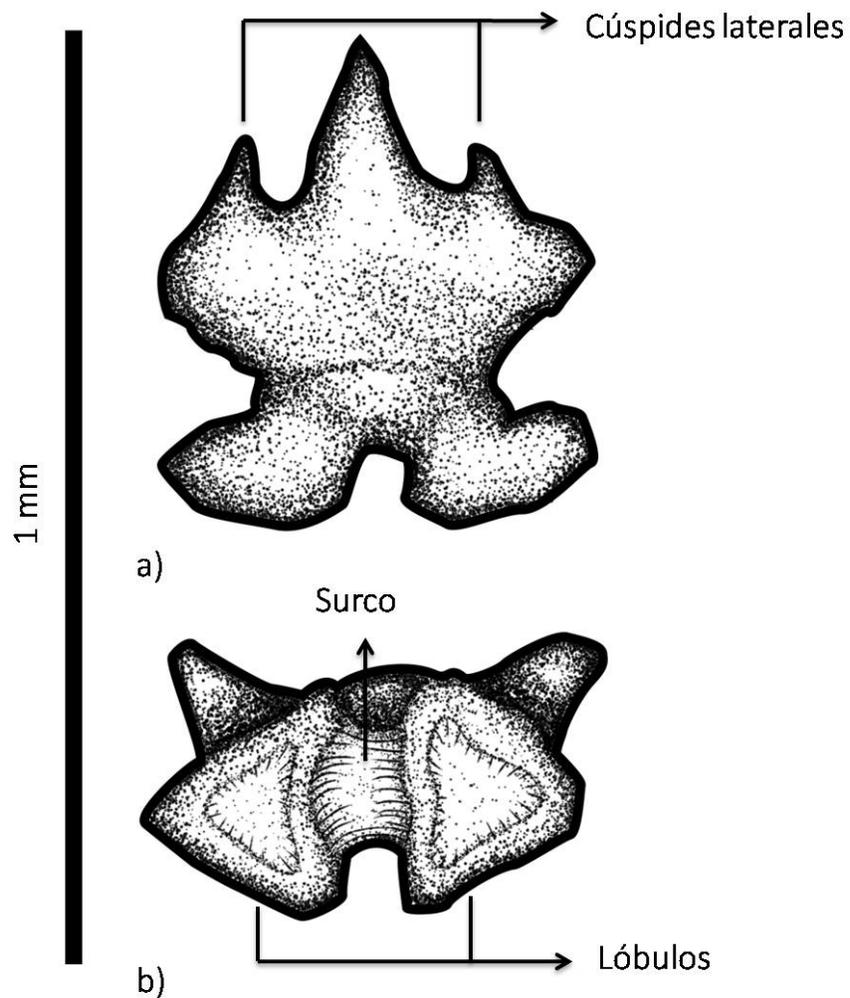


Figura 13. Diente de hembra de la zona medio-lateral de la placa dental del cartílago de Meckel en vistas labial (a) y basal (b).

Variación III

Este diente se presenta en machos y se ubica en las mismas zonas que la variación II. En la figura 14 se observa que el diente es angosto; presenta un foramen entre los dos lóbulos, estos tienen forma triangular alargada; las cúspides laterales están desarrolladas. Es muy común encontrar este tipo de variación.

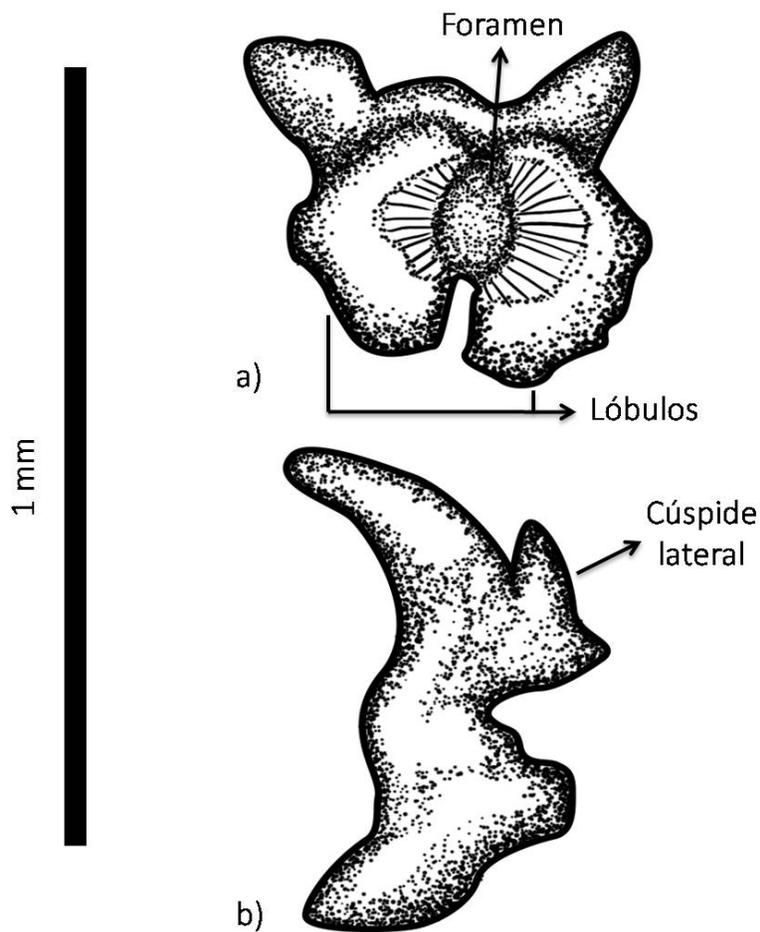


Figura 14. Diente de macho de la zona media-lateral de la placa dental del cartílago de Meckel en vistas: basal (a) y mesial (b).

Variación IV

Se encuentra en la zona sinfisial de la placa dental del cartílago de Meckel en machos adultos, esta variación es muy poco frecuente. Como se aprecia en la figura 15, el diente es muy ancho; la raíz presenta tres lóbulos asimétricos, el de en medio es más pequeño.

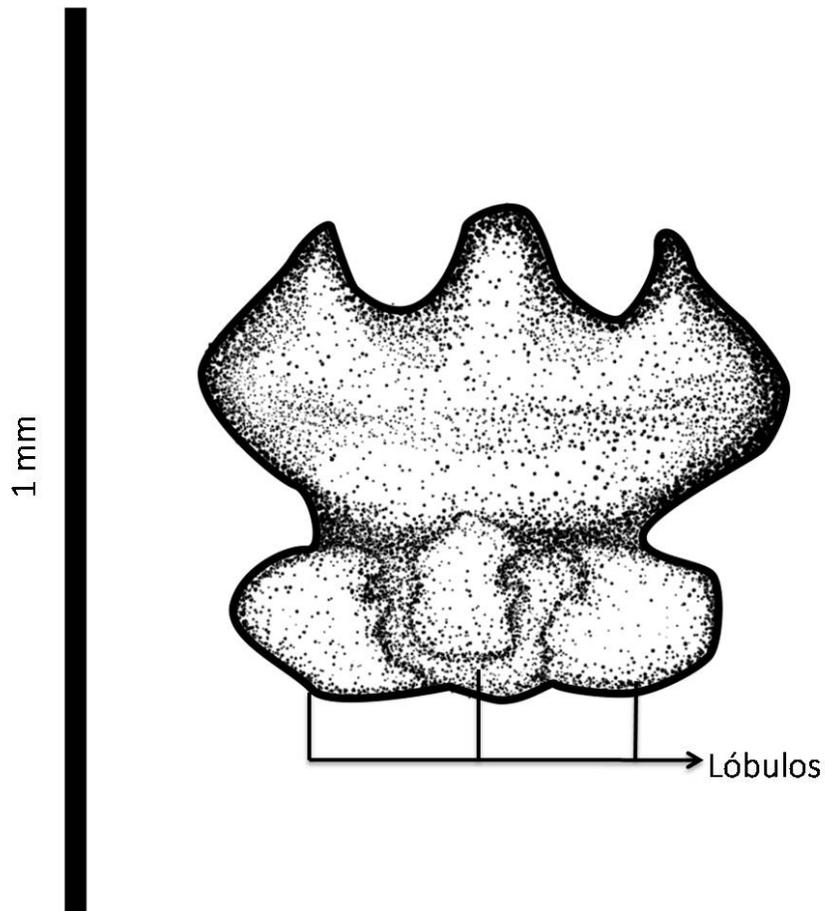


Figura 15. Diente de macho de la zona sinfisial de la placa dental del cartílago de Meckel en vista labial.

Variación V

Se ubica en las zonas laterales de las placas dentales de ambos cartílagos, tanto en hembras como en machos es frecuente encontrar esta variación. Como se observa en la figura 16, los lóbulos de la raíz son alargados, asimétricos y están separados por un surco.

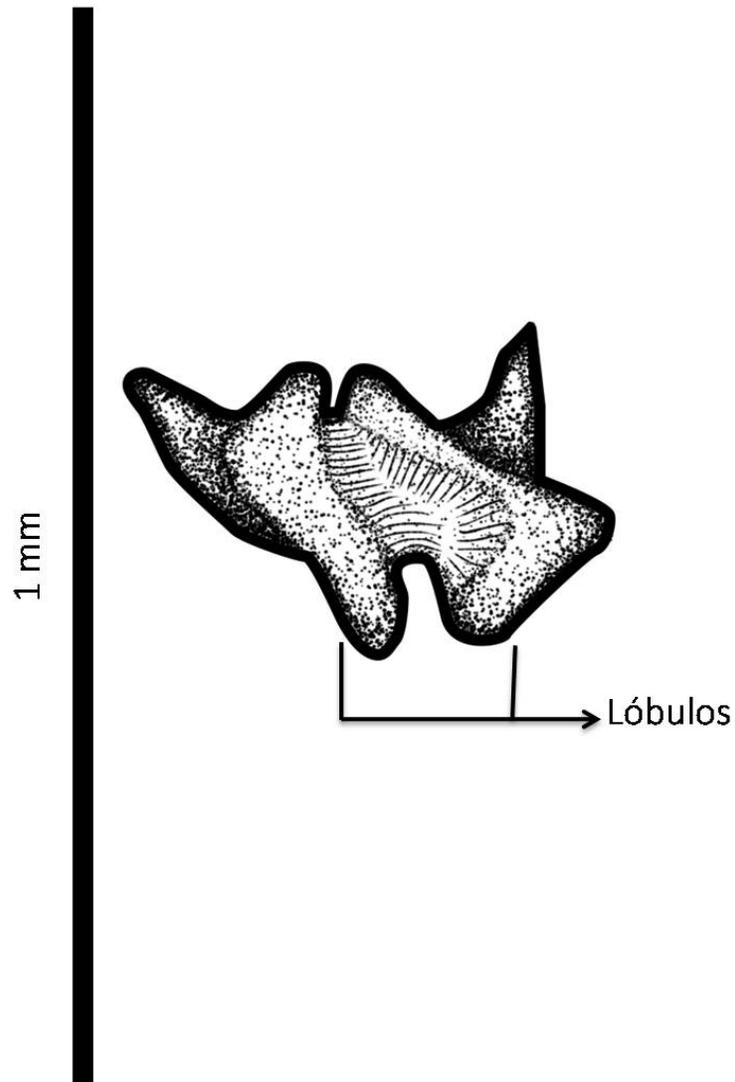


Figura 16. Diente de hembra de la zona lateral de la placa dental del palatoc cuadrado en vista basal.

Variación VI

Variación poco frecuente que se encuentra en la zona sinfisial de las placas dentales de los dos cartílagos de ambos sexos. En la figura 17 se puede observar que los lóbulos presentan forma rómbica y se encuentran separados por un surco.

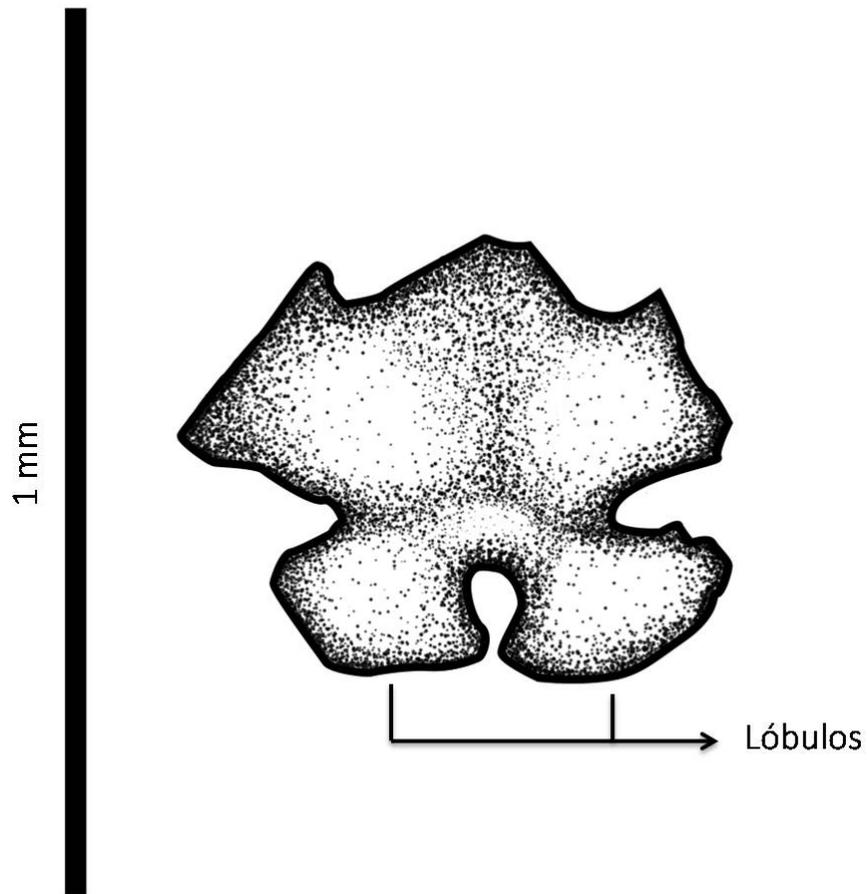


Figura 17. Diente de hembra de la zona sinfisial de la placa dental del cartílago de Meckel en vista labial.

Variación VII

Este tipo de variación es frecuente y se encuentra principalmente en la zona sinfisial de las placas dentales de los dos cartílagos en adultos de ambos sexos. Los dientes son muy anchos (figura 18a), más en hembra; los lóbulos son asimétricos, uno más grande que el otro (figura 18b); las cúspides laterales se encuentran bien desarrolladas, en machos son más agudas y altas (figura 18c); presentan dos cúspides centrales, en hembra son romas y en machos agudas.

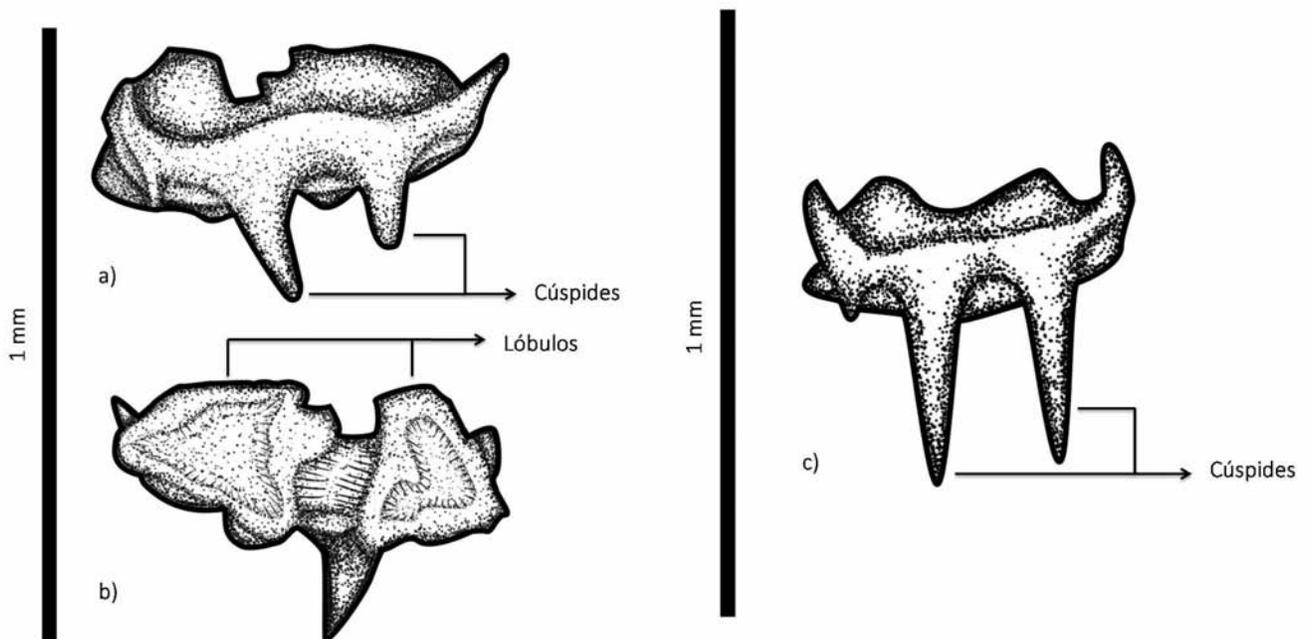


Figura 18. Dientes de la zona sinfisial de la placa dental del cartílago de Meckel en vistas oclusal (a y c) y basal (b).
Izquierdo hembra y derecha macho.

Juveniles

Los dientes en los juveniles son más pequeños y no se encuentran muy desarrollados. Se describirá detalladamente la morfología dental más común a lo largo de las placas dentales de los dos cartílagos en organismos de ambos sexos. La corona y la raíz son del mismo ancho, la base de la primera es larga y angosta como se observa en las figuras 19b y 19d, en vista oclusal (figura 19a) se puede observar la cúspide central, las laterales no están desarrolladas y en vista basal se aprecian dos lóbulos perfectamente separados por un surco (figura 19c).

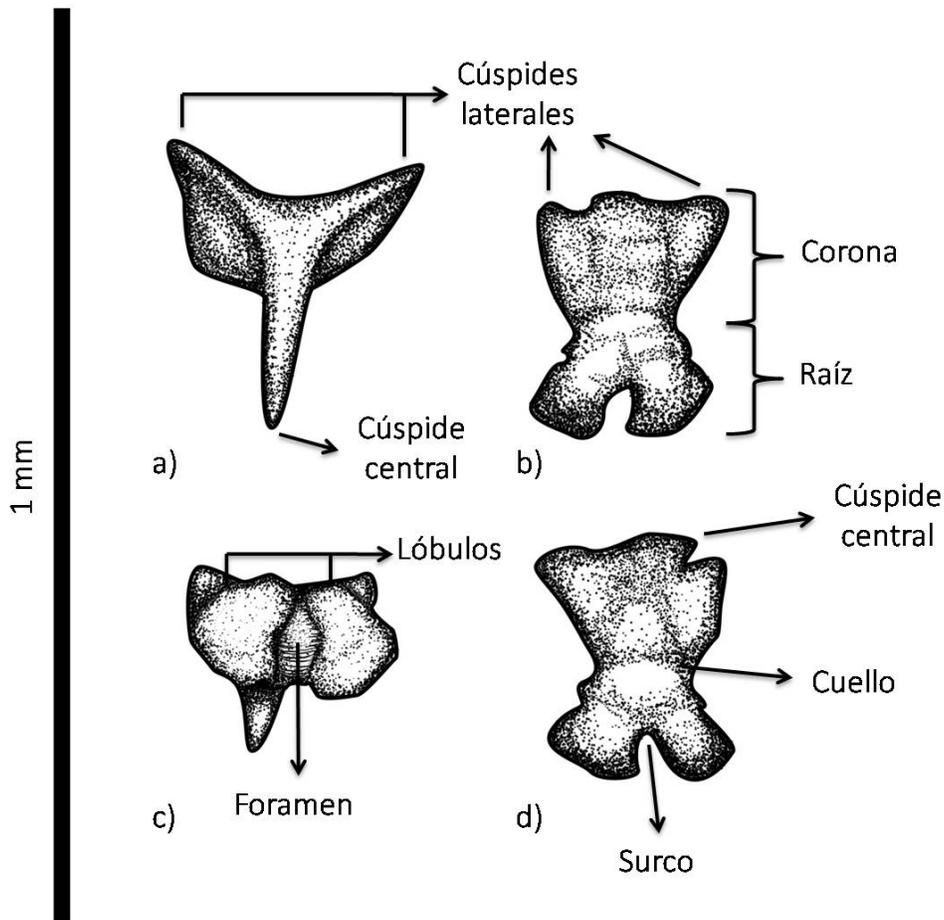


Figura 19. Diente de macho de la zona medio-lateral de la placa dental del cartílago de Meckel en vistas oclusal (a), labial (b), basal (c) y lingual (d).

Las variaciones que presentan los organismos juveniles del diente general (figura 19) serán descritas a continuación:

Variación I

En la raíz se puede apreciar que ambos lóbulos son sumamente delgados, además el lóbulo mesial es más ancho (figura 20). Esta variación dental es poco frecuente y se puede encontrar en las zonas laterales de la placa dental del cartílago de Meckel en hembras.

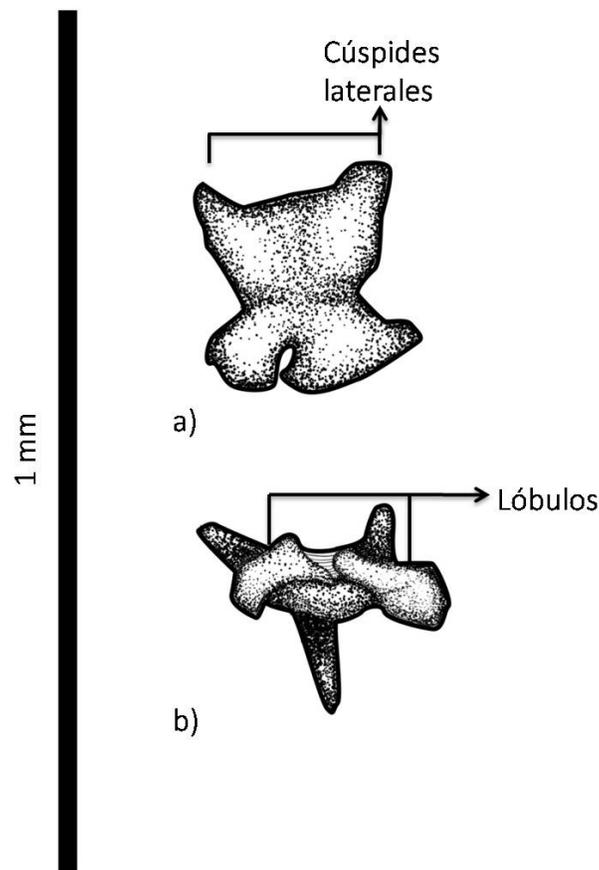


Figura 20. Diente de hembra de la zona lateral de la placa dental del cartílago de Meckel en vistas labial (a) y basal (b).

Variación II

Las cúspides laterales se encuentran desarrolladas, ambos lóbulos de la raíz tienen forma triangular (figura 21). Esta variación es frecuente y se encuentra en las zonas medio-laterales de las placas dentales de los dos cartílagos en machos.

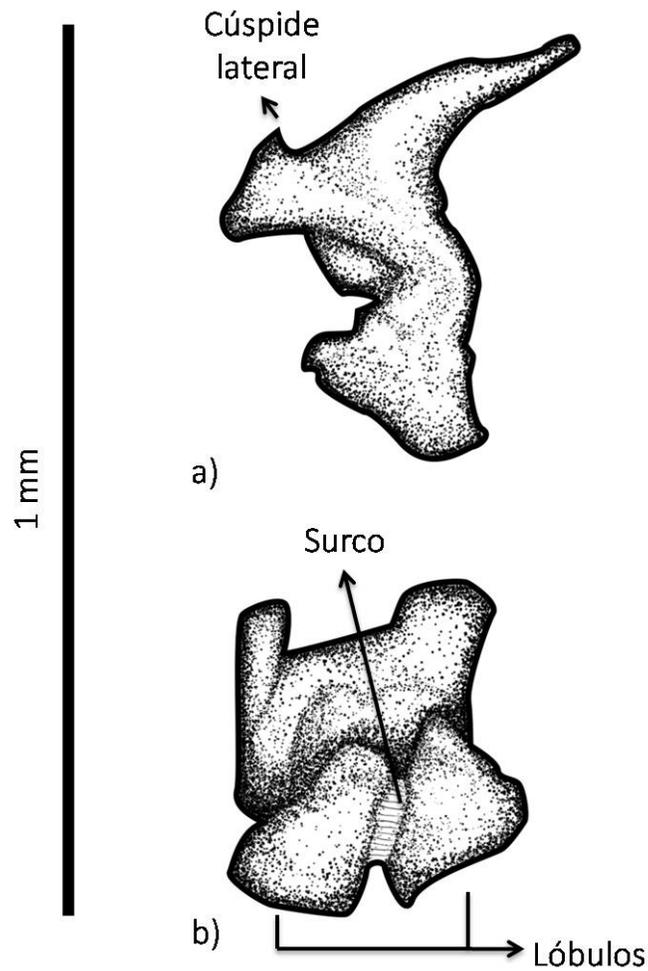


Figura 21. Diente de macho de la zona media-lateral de la placa dental del cartílago de Meckel en vistas mesial (a) y basal (b).

Variación III

Esta variación solo se encuentra en la zonas sinfisiales o centrales de la placa dental del cartílago de Meckel en machos y es muy poco frecuente, el diente es ancho y todas las cúspides están desarrolladas (figura 22).

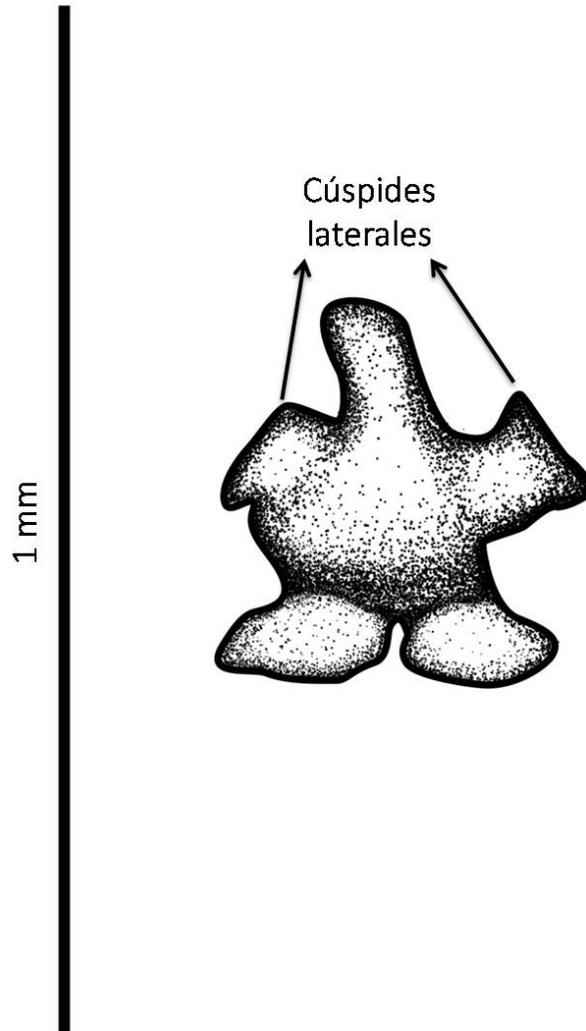


Figura 22. Diente de macho de la zona central de la placa dental del cartílago de Meckel en vista labial.

Variación IV

Esta variación dental es poco frecuente y se encuentra en las zonas medio-laterales y sinfisiales de la placa dental del palatoc cuadrado en machos. Todas las cúspides están desarrolladas, la raíz es más ancha que la corona (figura 23).

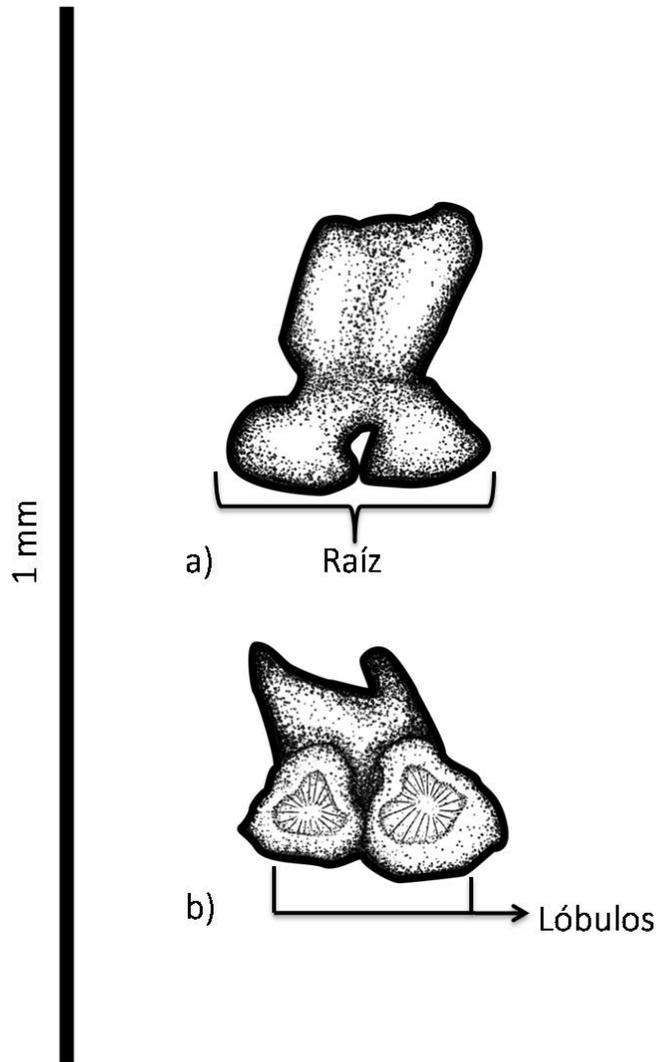


Figura 23. Diente de macho de la zona sinfisial de la placa dental del palatoc cuadrado en vistas labial (a) y basal (b).

Variación V

Esta variación es poco frecuente y se encuentra en machos en la zona medio-lateral de la placa dental del palatoc cuadrado. Las cúspides están desarrolladas, se puede observar una ligera concavidad debajo de la base de la cúspide central, los lóbulos de la raíz presentan forma triangular y uno es más ancho que el otro (figura 24).

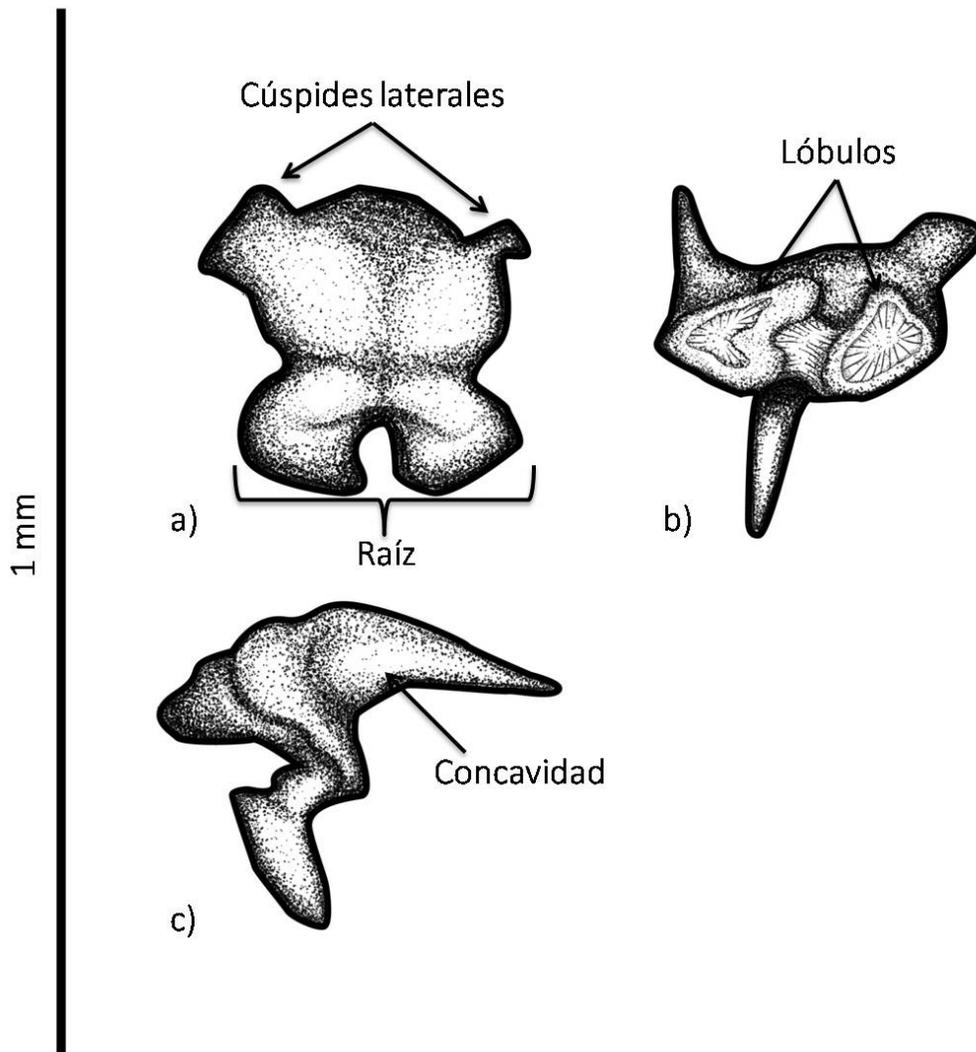


Figura 24. Diente de macho de la zona media-lateral de la placa dental del palatoc cuadrado en vistas labial (a), basal (b) y distal (c).

Variación VI

Los lóbulos en la raíz son alargados y uno de ellos es más ancho que el otro (figura 21b). No hay presencia de foramen (figura 25). Esta variación de diente es frecuente y se localiza en todas las zonas de las placas dentales, principalmente en las zonas laterales de los dos cartílagos en ambos sexos.

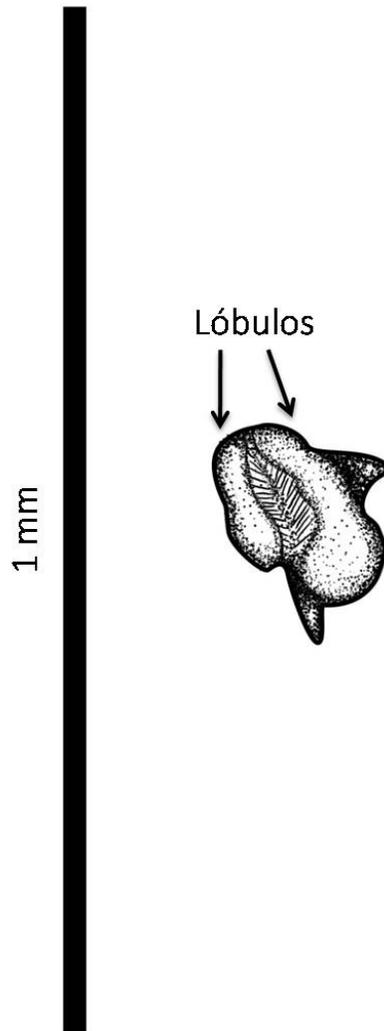


Figura 25. Diente de macho de la zona lateral de la placa dental del cartílago de Meckel en vista basal.

Variación VII

Como se observa en la figura 26 los dientes son sumamente pequeños, las cúspides laterales no están desarrolladas y la central está poco desarrollada; la raíz es más ancha que la corona, además presenta solamente un lóbulo con foramen. Esta variación es poco frecuente y solamente se localiza en las zonas laterales de la placa dental del cartílago de Meckel en ambos sexos.

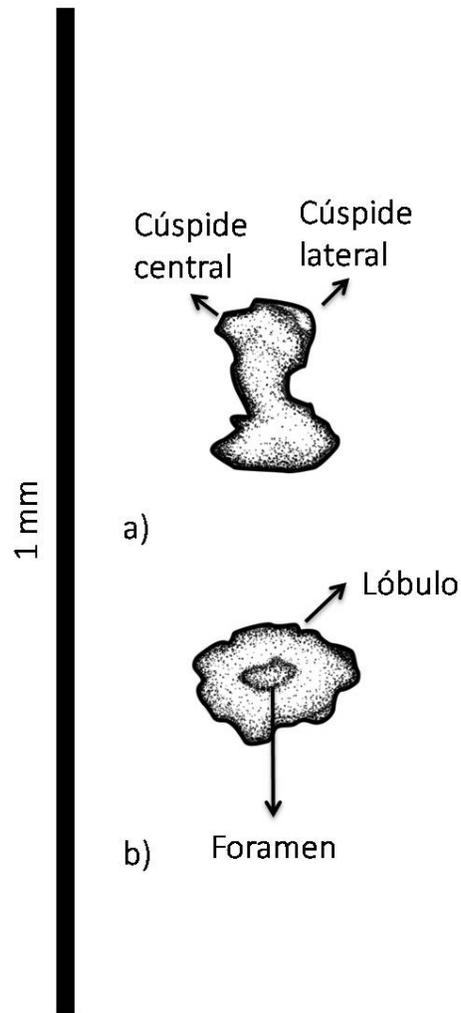


Figura 26. Diente de hembra de la zona lateral de la placa dental del cartílago de Meckel en vistas distal (a) y basal (b).

Gymnura micrura

Los organismos de *G. micrura* presentan todos los tipos de heterodoncia: ontogénica, dignática y monognática; así como dimorfismo sexual dental o heterodoncia ginándrica.

Adultos

A continuación, se describirá la morfología dental que es la más común en los organismos adultos de *G. micrura*, tanto en el palatoc cuadrado como en el cartílago de Meckel en machos y en hembras. En la figura 27b se pueden observar las tres partes del diente: corona, cuello y raíz; además se puede apreciar en las figuras 27a, 27b y 27d la anchura que presenta el diente. En vistas oclusal y labial (figuras 27a y 27b, respectivamente) se observa la presencia de una sola cúspide central y dos procesos laterales en los costados del diente. En la figura 27d se pueden observar dos ligeras concavidades, divididas por la base de la cúspide central, además se puede apreciar una de las concavidades en la figura 27c; la raíz está conformada por dos lóbulos que se encuentran perfectamente separados por un surco y presenta un foramen (figura 27d).

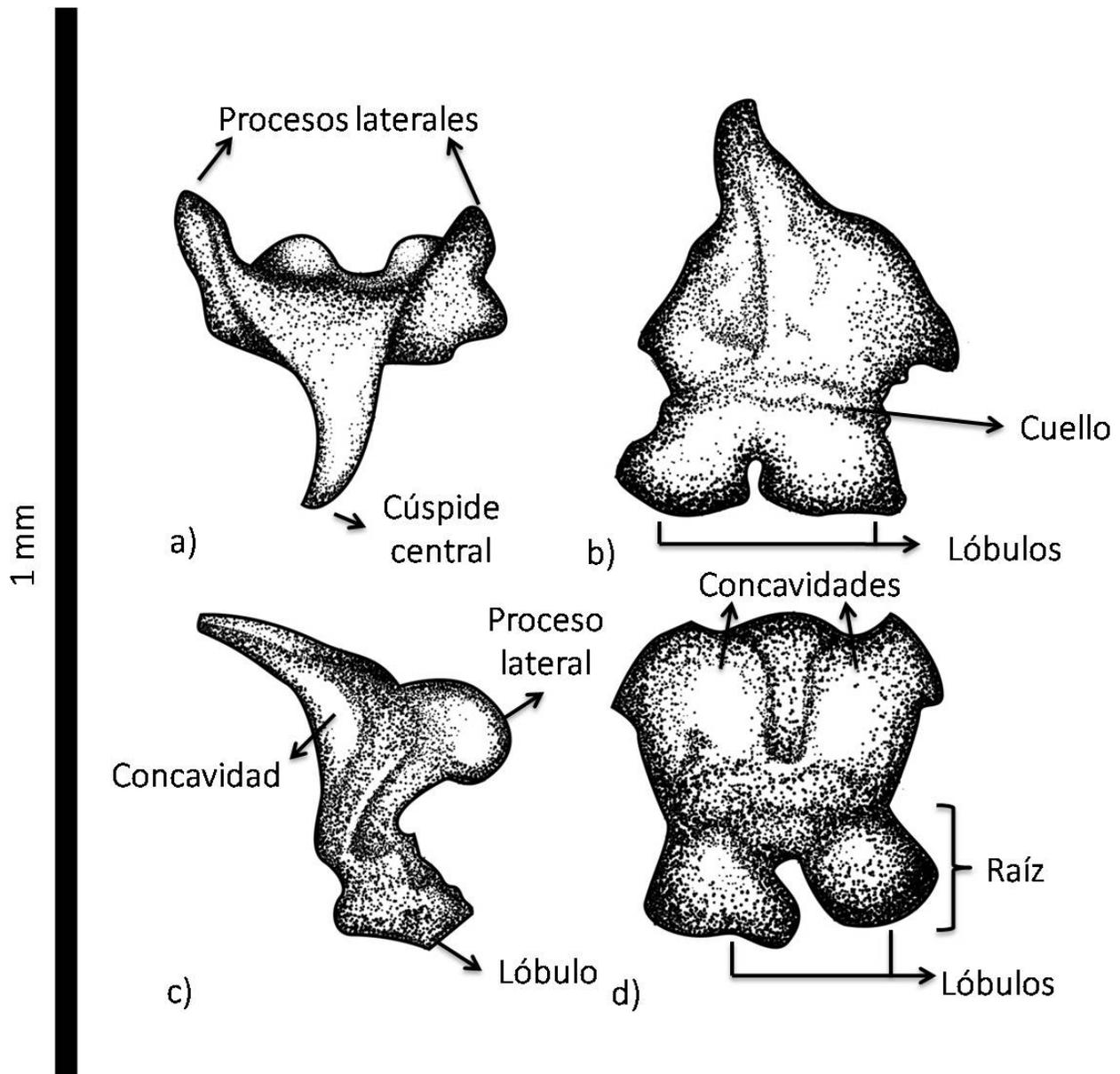


Figura 27. Diente de hembra de la zona medio-lateral de la placa dental del cartílago de Meckel en vistas oclusal (a), labial (b), mesial (c) y lingual (d).

A continuación se describirán solamente las variaciones que presentan los organismos adultos del diente general (figura 27), la frecuencia y donde se encuentran dentro de la placa dental de los cartílagos.

Variación I

Esta variación es muy frecuente y se localiza en las zonas laterales de la placa dental de ambos cartílagos en hembras. El diente es ancho; en la corona las dos concavidades que se encuentran separadas por la base de la cúspide central están muy marcadas, los lóbulos de la raíz presentan forma triangular (figura 28).

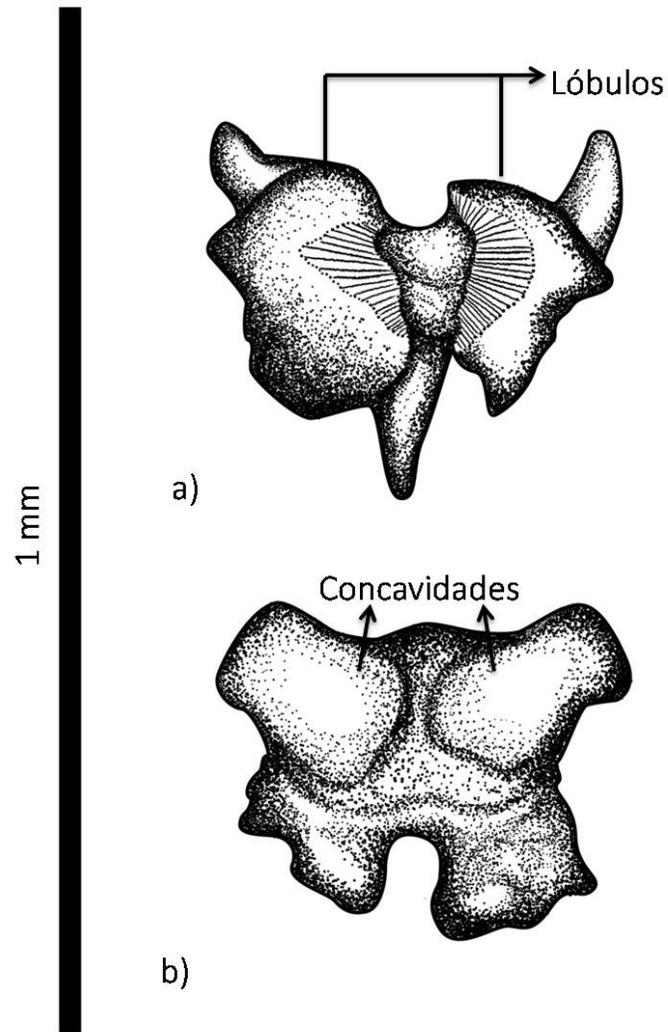


Figura 28. Diente de hembra de la zona lateral de la placa dental del cartílago de Meckel en vistas basal (a) y lingual (b).

Variación II

Diente más pequeño, la base de la corona es sumamente delgada y la región de la base de la cúspide central se proyecta formando un borde (figura 29). Esta variación es poco frecuente y solamente se localiza en la zona sinfisial de las placas dentales de ambos cartílagos en hembras.

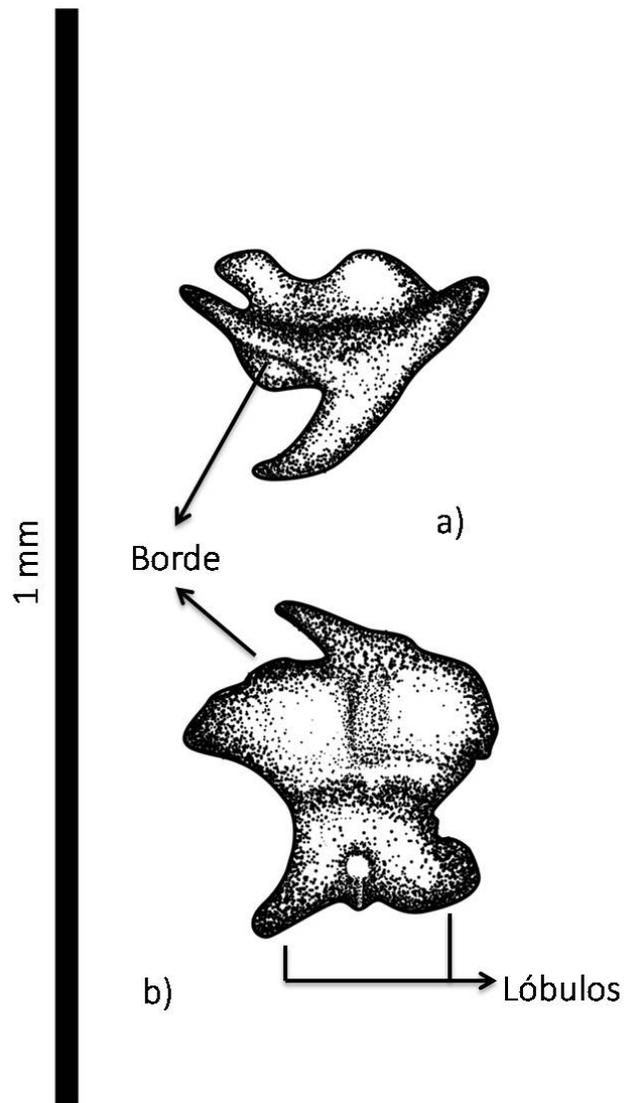


Figura 29. Diente de hembra de la zona sinfisial de la placa dental del cartílago de Meckel en vistas oclusal (a) y labial (b).

Variación III

El diente es delgado, la distancia entre los procesos laterales es muy reducida y la concavidad entre ambos es muy marcada, los lóbulos de la raíz se encuentran perfectamente separados por un surco (figura 30). Esta variación es poco frecuente, localizándose solamente en la zona sinfisial de la placa dental del palatoc cuadrado en machos.

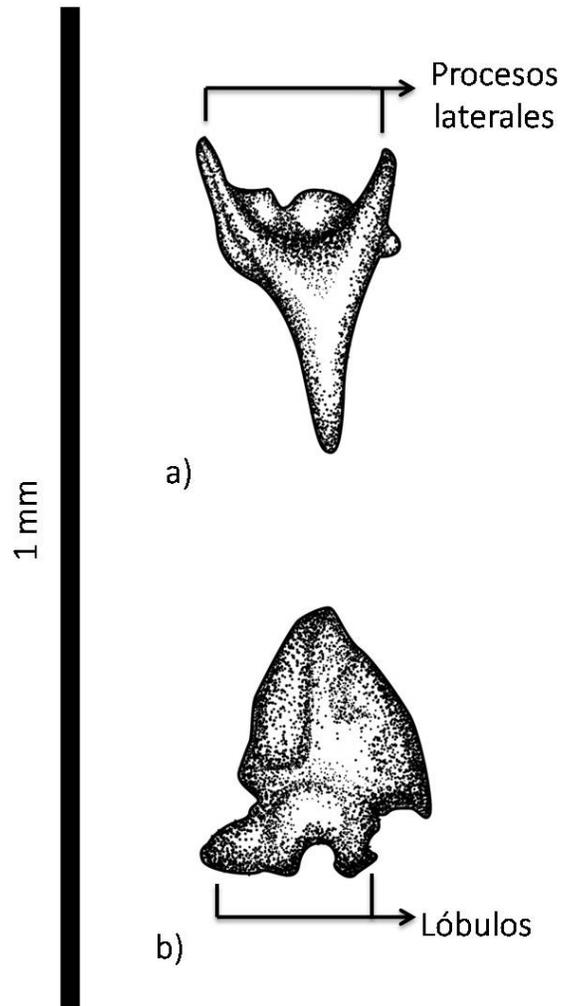


Figura 30. Diente de macho de la zona sinfisial de la placa dental del palatoc cuadrado en vistas oclusal (a) y labial (b).

Variación IV

El diente es sumamente ancho, en la región de la base de la cúspide central se observa otra cúspide en proceso de formación y en la raíz uno de los lóbulos es más ancho (figura 31). Esta variación es poco frecuente y se localiza solamente en la zona central de la placa dental del cartílago de Meckel en ambos sexos.

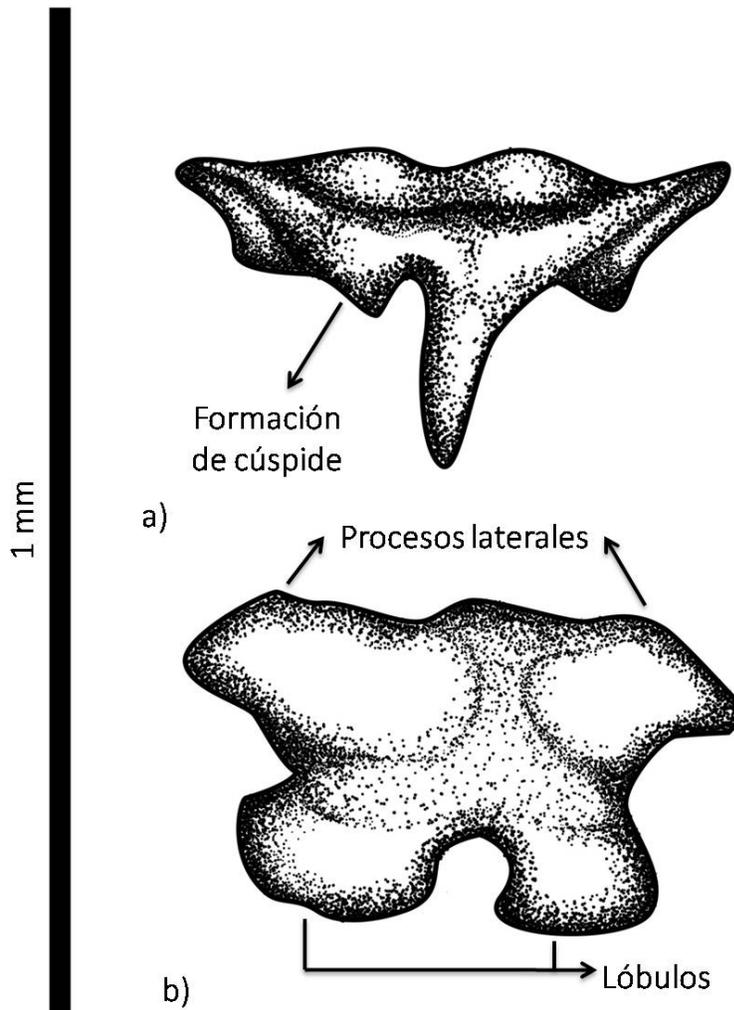


Figura 31. Diente de hembra de la zona central de la placa dental del cartílago de Meckel en vistas oclusal (a) y labial (b).

Juveniles

Los dientes de los organismos juveniles de *G. micrura* son muy delgados, en la corona en vista oclusal (figura 32a) se puede observar una cúspide central y dos procesos laterales (figura 32c y 32f), estos se encuentran separados por una concavidad que abarca desde el cuello hasta la base de la cúspide (figura 32a y 32b); en vista lingual se puede apreciar dos concavidades, una de cada lado, se extienden desde la parte lateral del diente hasta la zona media donde se encuentra la base de la cúspide central (figura 32e). La raíz es muy corta y está conformada por dos lóbulos asimétricos que presentan una inclinación hacia vista lingual, como se observa en las figuras 32d, 32c y 32f.

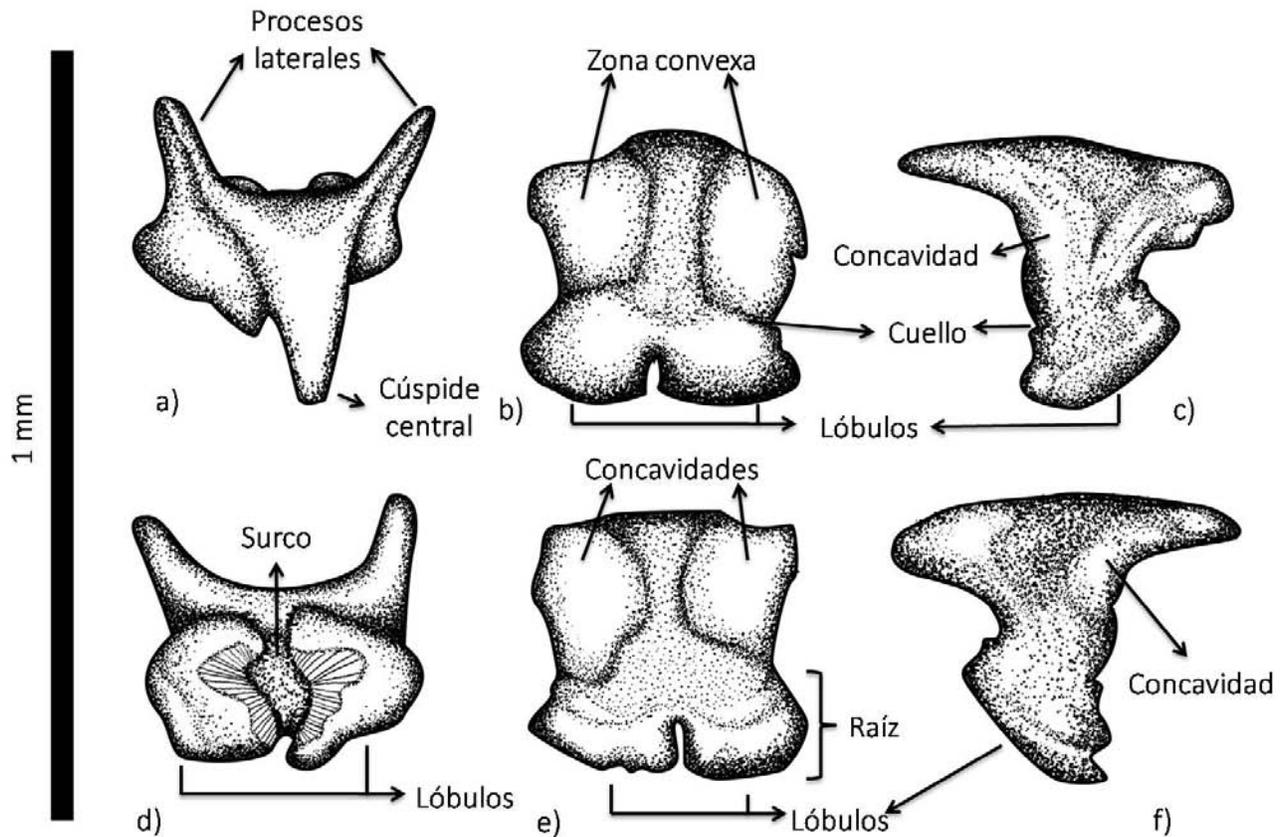


Figura 32. Diente de macho de la zona lateral de la placa dental del cartílago de Meckel en vistas oclusal (a), labial (b), mesial (c), basal (d), lingual (e) y distal (f).

A continuación se describirán las variaciones que presentan los organismos juveniles del diente general (figura 32) de *G. micrura*.

Variación I

Este tipo de variación es frecuente y se encuentra distribuida en todas las zonas de las placas dentales de los dos cartílagos en hembras. Se caracteriza por presentar dos cúspides centrales, como se observa en la figura 33.

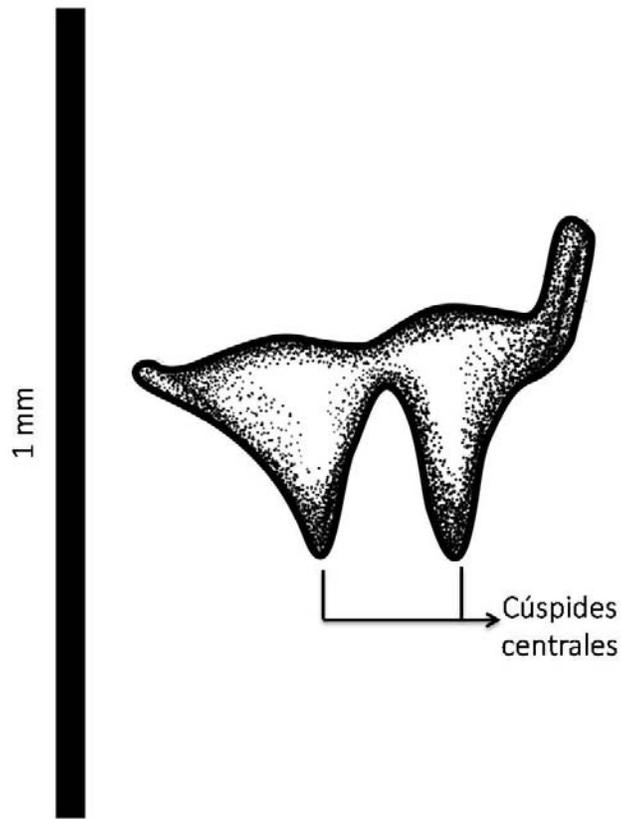


Figura 33. Diente de hembra de la zona media de la placa dental del cartílago de Meckel en vista oclusal.

Variación II

Esta variación es poco frecuente y se observa en dientes de machos localizados en la zona medio-lateral de la placa dental del cartílago de Meckel. El lóbulo del lado más distal es más ancho que del lado mesial (figura 34).

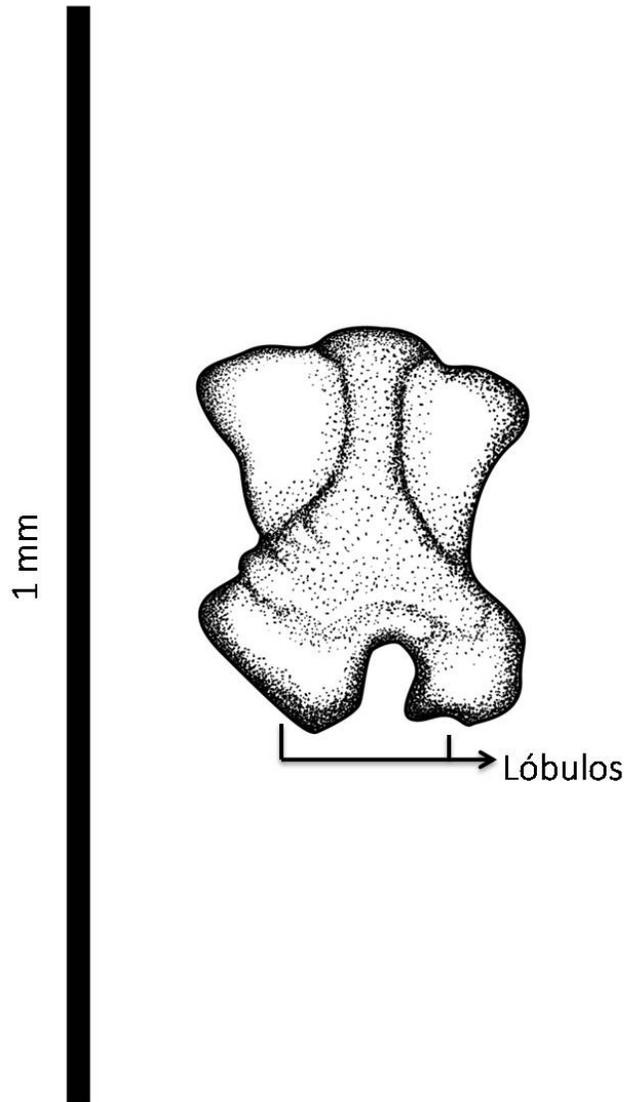


Figura 34. Diente de macho de la zona medio-lateral de la placa dental del cartílago de Meckel en vista labial.

Variación III

Esta variación es poco frecuente y se localiza en la zona sinfisial de las placas dentales de ambos cartílagos en machos, los dientes son más anchos, los procesos laterales están pronunciados (figura 35).

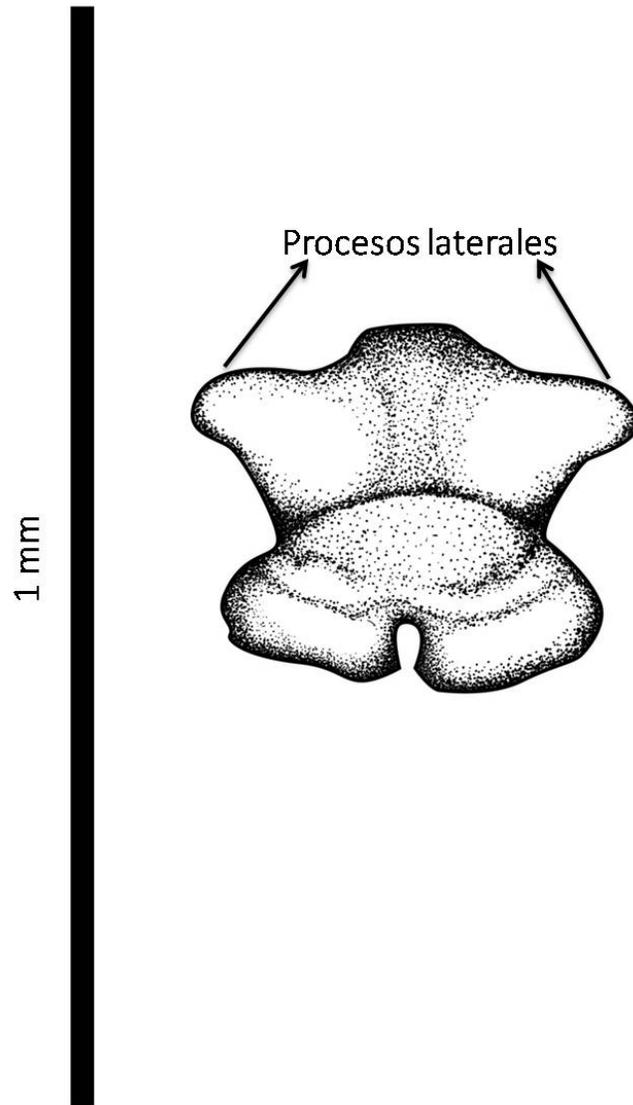


Figura 35. Diente de macho de la zona sinfisial de la placa dental del cartílago de Meckel en vista labial.

Variación IV

Esta variación es poco frecuente y se encuentra en la misma zona que la variación III en ambos cartílagos tanto en machos como en hembras, los procesos laterales de la corona son más largos y los lóbulos de la raíz se encuentran muy inclinados (figura 36).

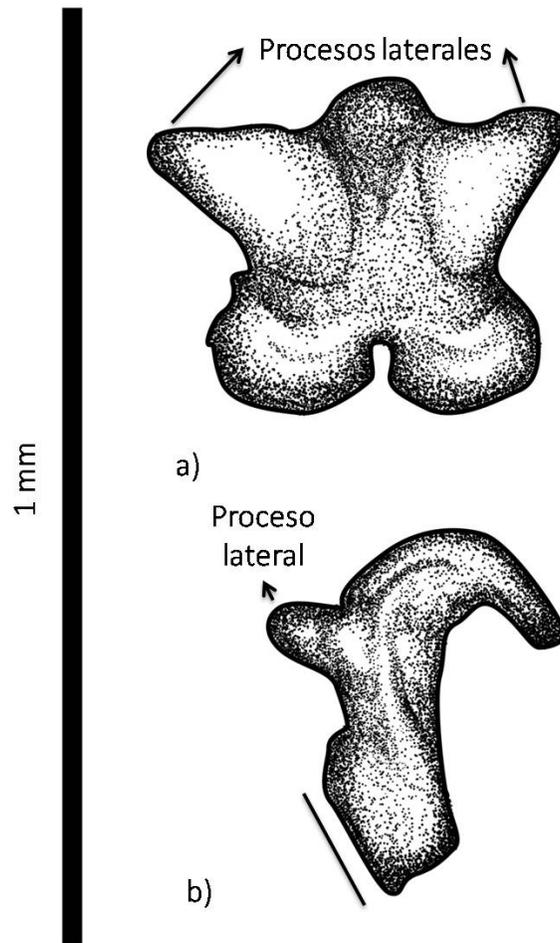


Figura 36. Diente de macho de la zona sinfisial de la placa dental del cartílago de Meckel en vistas labial (a) y mesial (b).

Variación V

Esta variación es poco frecuente y se encuentra en todas las zonas de las placas dentales de los dos cartílagos en ambos sexos, presenta una gran similitud con la variación IV de adultos. En la base de la cúspide central se observa una segunda cúspide central en proceso de formación (figura 37).

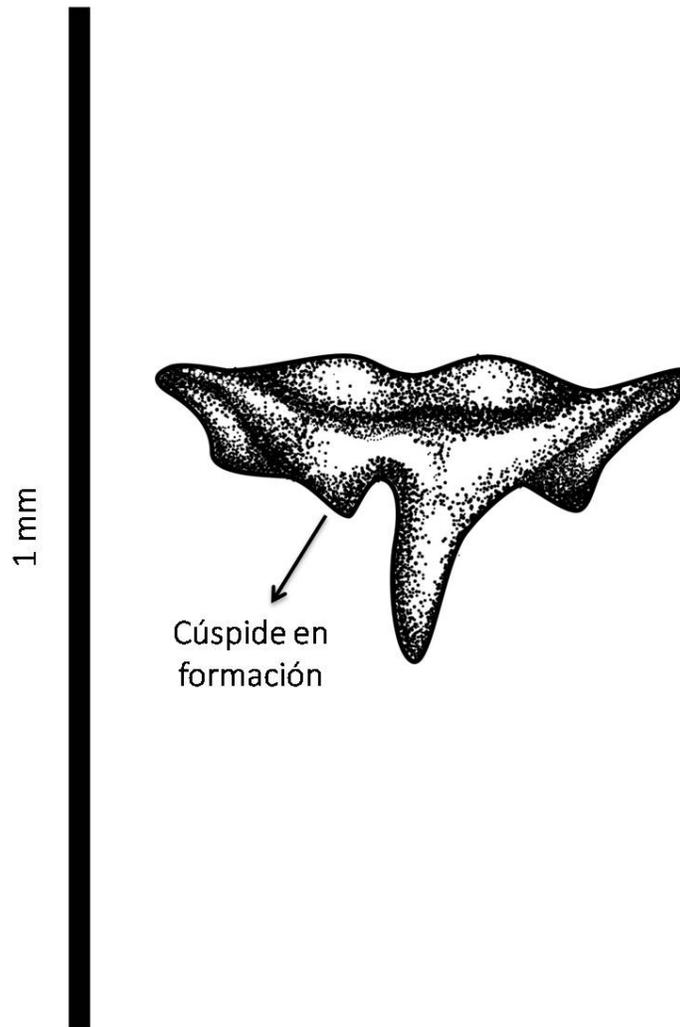


Figura 37. Diente de hembra de la zona lateral de la placa dental del cartílago de Meckel en vista oclusal.

Variación VI

Esta variación es poco frecuente y se localiza en las zonas medio-laterales y sinfisial de las placas dentales de los dos cartílagos en ambos sexos. El diente es delgado y más largo, la base de la cúspide central es angosta y larga (figura 38).

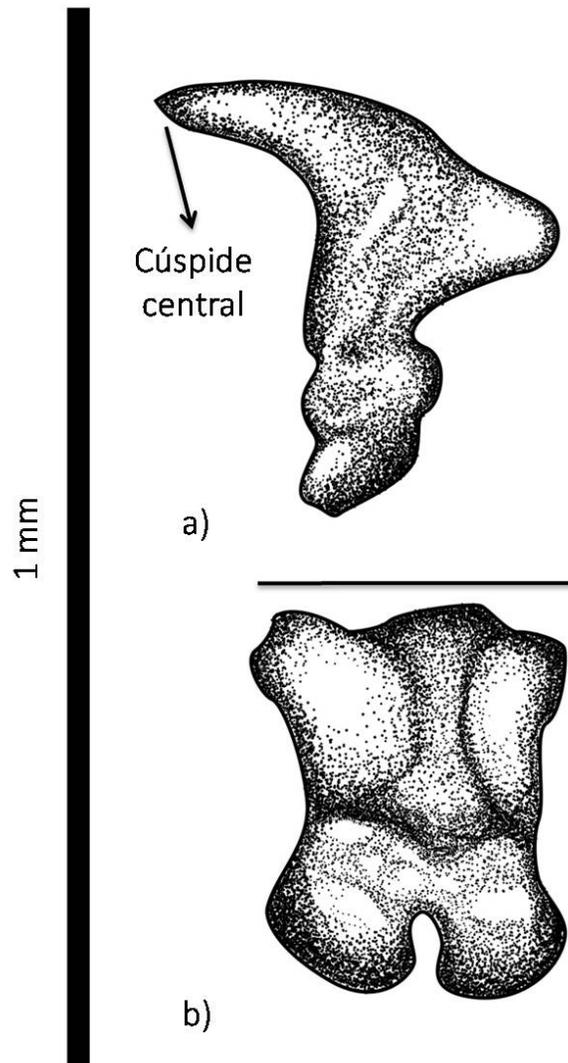


Figura 38. Diente de macho de la zona media de la placa dental del cartílago de Meckel en vistas mesial (a) y lingual (b).

En las figuras 39 y 40 se pueden observar las variaciones dentales que presentan los juveniles de *G. marmorata* y *G. micrura*, respectivamente.

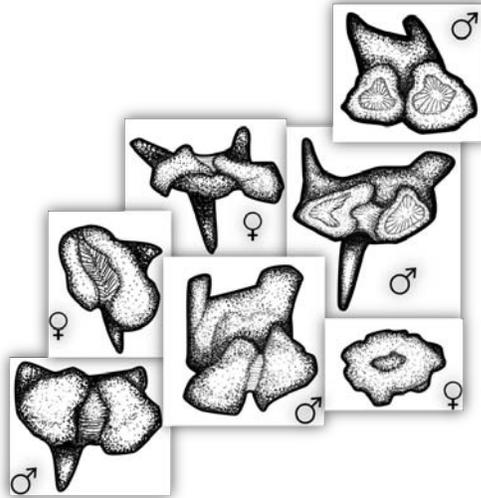


Figura 39. Estructura con mayor variación (raíz) en cuanto a su forma, tamaño y cantidad de lóbulos que la conforman de *G. marmorata*.

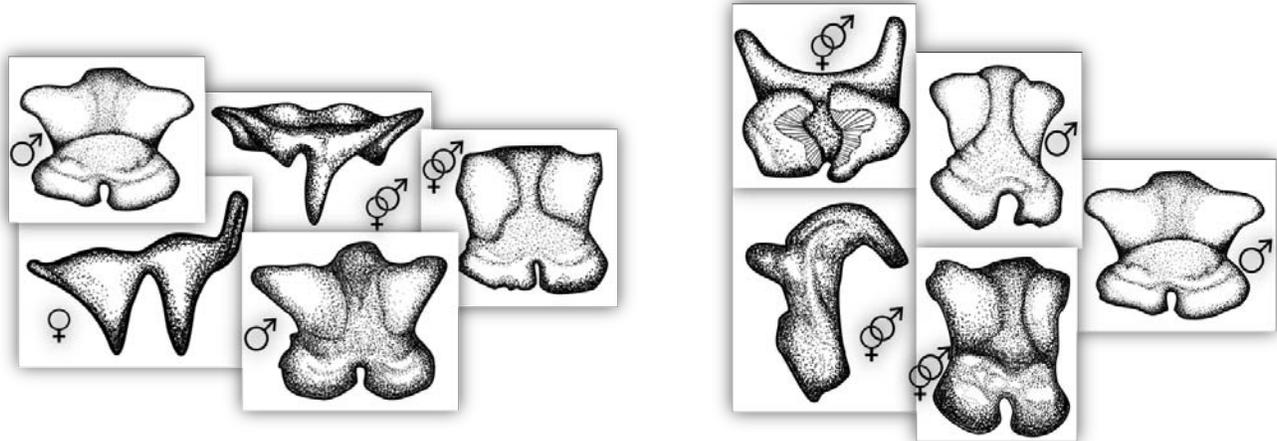


Figura 40. Estructuras con mayor variación (prolongaciones y raíz, respectivamente) en cuanto a su forma y tamaño de *G. micrura*.

Las figuras 41 y 42 se observan las variaciones de los dientes de adultos de *G. marmorata* y *G. micrura*, respectivamente.

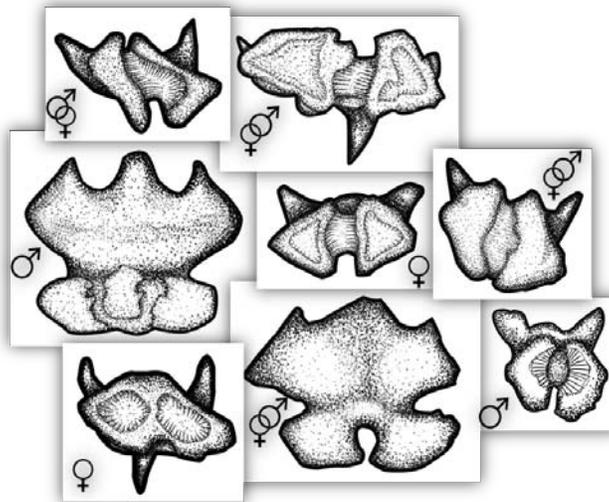


Figura 41. Estructura con mayor variación (raíz) en cuanto a su forma, tamaño y cantidad de lóbulos que la conforman *G. marmorata*.

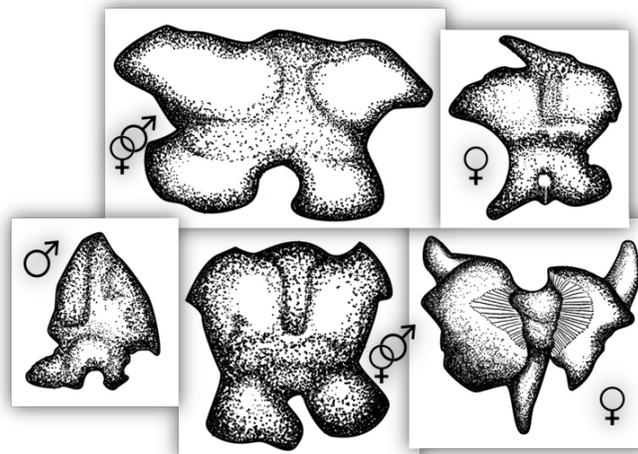


Figura 42. Estructura con mayor variación (raíz) en cuanto a su forma y tamaño *G. micrura*.

Discusión

Mandíbulas

Al examinar las mandíbulas de *Gymnura marmorata* y *Gymnura micrura* se observó que existe una variabilidad morfológica entre las especies estudiadas.

El cartílago superior o palatocadrado de *G. micrura* es más delgado y no están marcados los cóndilos anteriores como sucede en *G. marmorata* que son muy evidentes, principalmente en hembras.

En ambas especies el cartílago de Meckel es más ancho que el palatocadrado, como se observa en la tabla 1; en este cartílago, los procesos alares se observan perfectamente en ambos sexos de *G. marmorata*, mientras que en *G. micrura* el cartílago es continuo y redondeado, por lo que no se evidencian; además, los procesos laterales en los organismos de *G. marmorata* son más largos que los de *G. micrura*, principalmente en hembras.

Placas dentales

Para ambas especies, las placas del palatocadrado son más anchas que las del cartílago de Meckel, principalmente las de *G. micrura*, la diferencia de la anchura de las placas dentales de los dos cartílagos se aprecia mejor en organismos adultos. Esto se ve reflejado en la cantidad de hileras dentales y cantidad de dientes que presentan los cartílagos, el cartílago superior presenta mayor cantidad que el inferior.

Las mandíbulas de las hembras son más anchas que las de los machos, sin embargo las placas dentales de los machos son más anchas, por lo que el porcentaje que ocupa la placa dental en cada uno de los cartílagos es menor en hembras que en machos.

En lo referente a las hileras dentales de *G. marmorata*, el palatocadrado es el que presenta mayor cantidad que el cartílago de Meckel, otra diferencia en hileras dentales es que en machos juveniles presentan más que hembras juveniles y en adultos es lo contrario.

En la tabla 2, se puede observar que la cantidad de dientes que presentaron los organismos juveniles de ambas especies es constante para los dos cartílagos, mientras que en adultos se observa una gran diferencia entre hembras y machos. En ambos cartílagos las hileras dentales y el número total de dientes aumentan conforme el organismo crece.

El palatocadrado es el cartílago que posee mayor cantidad de dientes tanto en hembras como en machos, ya sean juveniles o adultos.

La pérdida de dientes en la zona funcional de la placa dental, solo se observó en organismos de la especie de *G. marmorata*, principalmente en machos; mientras que para *G. micrura* no se observa esta pérdida dental.

Existe una diferencia significativa en la cantidad de dientes del cartílago de Meckel entre especies, pero no entre sexos, por lo que *G. micrura* es la especie que posee mayor cantidad con un promedio de 418,93, mientras que *G. marmorata* posee 295,25 en promedio. Sin embargo, no se observó una diferencia significativa en la cantidad de dientes del palatocadrado entre especies, ni entre sexos.

Dientes

En los dientes en *G. marmorata* y en *G. micrura* se distinguen perfectamente las tres partes que los constituyen: corona, cuello y raíz. Cabe mencionar, que hay variaciones que están presentes en los dos cartílagos y/o en ambos sexos.

En organismos juveniles de *G. marmorata*, los dientes son muy pequeños y angostos, principalmente los que se encuentran en las zonas laterales y medio-laterales (figuras 19, 20, 21, 23, 25 y 26). Además, las cúspides centrales y laterales se encuentran generalmente más desarrolladas en machos que en hembras (figuras 21, 22 y 24). En el palatocadrado de machos se observan tres variaciones en los dientes (figuras 21, 23 y 24) y dos en el cartílago de Meckel figuras 21 y 22), además hay variaciones dentales que se presentan en ambos sexos: dos en el cartílago superior (figuras 19 y 25) y tres en el inferior (figuras 19, 25 y 26). Siendo la raíz la estructura con mayor variación, en cuanto a su forma, tamaño y número de lóbulos (figura 39). En las placas dentales de machos la zona que presenta mayor variación dental es la medio-lateral, mientras que para hembras es la zona lateral.

Los dientes de juveniles de *G. micrura* son pequeños y anchos (figura 32), principalmente los que se encuentran en la zona sinfisial (figuras 35 y 36). En el cartílago superior de machos se presenta una variación (figura 35) y dos en el inferior (figuras 34 y 35), en hembras hay una variación dental en el palatocadrado (figura 33) y una en el cartílago de Meckel (figura 33). En ambos sexos se presentaron cuatro variaciones en los dos cartílagos (figuras 32, 36, 37 y 38). La zona sinfisial es la que presenta mayor variabilidad en los dientes tanto para hembras como para machos. Además, la raíz y las prolongaciones laterales son las estructuras dentales con más variaciones (figura 40).

La morfología dental de los ejemplares juveniles de ambas especies difiere en cuanto a su forma, tamaño y estructuras, ya que los dientes de *G. micrura* son más anchos que los de *G. marmorata*, como se puede observar en las figuras 19 y 32; además de que esta última tiene cúspides laterales y *G. micrura* presenta prolongaciones laterales (figuras 21 y 35). La especie que presenta mayor variabilidad en los dientes es *G. marmorata*; en cuanto a la estructura dental con mayor grado de variación para ambas especies es la raíz.

Los dientes de los organismos adultos de *G. marmorata* presentan un mayor grado de desarrollo en las cúspides laterales y centrales que en los juveniles (figuras 13, 14, 20 y 21), esto se observa principalmente en machos. En el palatocadrado de machos se observa una variación (figura 14) y dos en el cartílago de Meckel (figuras 14 y 15), en cuanto para las hembras hay una en el cartílago superior (figura 13) y dos en el inferior (figuras 12 y 13); además en ambos sexos se observan cuatro variaciones dentales en los dos cartílagos (figuras 11, 16, 17 y 28). La zona con mayor grado de variabilidad para ambas especies es la medio-lateral; la raíz es la estructura con mayor variabilidad, tanto en hembras como para machos en ambos cartílagos (figura 41).

En organismos adultos de *G. micrura*, los dientes continúan siendo anchos como en los juveniles (figuras 27 y 32); en cuanto a los procesos laterales, en machos se proyectan más que en hembras, principalmente en la zona sinfisial (figuras 28, 30 y 31). En machos solo se observó una variación presente en el palatocadrado (figura 30), mientras que en hembras hay dos en este mismo cartílago (figuras 28 y 29) y dos en el cartílago de Meckel (figuras 28 y 29); cabe mencionar que en ambos sexos se presenta una variación en el cartílago superior (figura 27) y dos en el inferior (figuras 27 y 31). La

zona sinfisial es la que tiene mayor grado de variabilidad en ambos sexos y la estructura con mayor variación es la raíz.

En ambas especies, principalmente en *G. marmorata*, los dientes del palatoc cuadrado son más angostos y estilizados, mientras que los del cartílago de Meckel son más anchos. En cuanto a los dientes que se encuentran en la zona sinfisial, son más anchos que los que se encuentran en la zona lateral y la zona media de la placa dental, además es donde se observa principalmente los dientes con dos cúspides centrales en el caso de *G. marmorata*, sin embargo en *G. micrura* no es tan frecuente.

Ambas especies presentaron dimorfismo sexual dental o heterodoncia ginándrica (Cappetta, 1987); en *G. marmorata*, las cúspides de los dientes de machos son agudas y están más desarrolladas, mientras que las de las hembras son romas y no están tan desarrolladas (figuras 11, 12, 14 y 15), además los dientes de estas son más anchos que los de los machos; en cuanto a los de *G. micrura*, los dientes de ambos sexos son anchos, principalmente los de las hembras y los dientes de los machos son más estilizados (figuras 28 y 31). Cabe mencionar, que en los dientes de *G. marmorata* en ambos sexos se presentan dientes con doble cúspide central, mientras que para *G. micrura* solo se observa en hembras (figuras 18 y 33).

El dimorfismo sexual dental presente en *G. marmorata* y *G. micrura* se puede relacionar con el comportamiento que presentan estos organismos durante el periodo reproductivo; autores como Feduccia y Slaughter en 1974 y McEachran en 1977 observaron dimorfismo sexual dental en diferentes especies de la familia Rajidae, así mismo se ha reportado para *Mobula japonica* y *Mobula thurstoni* por Chávez en 2009. Además McCourt y Kerstitch en 1980, Kajiura y Tricas en 1996, y Yano y colaboradores en 1999 observaron que durante la copulación el macho muerde la punta de la aleta pectoral de la hembra.

Conclusiones

- ★ El palatoc cuadrado es el cartílago mandibular más delgado en ambas especies.
- ★ La placa dental de ambos cartílagos y especies presenta forma trapezoidal.
- ★ Existen diferencias significativas en la cantidad total de dientes que posee el cartílago de Meckel entre especies, pero no entre los sexos.
- ★ Los organismos de *G. micrura* poseen mayor cantidad de dientes que *G. marmorata*.
- ★ El palatoc cuadrado posee mayor cantidad de dientes que el cartílago de Meckel, además el número de dientes incrementa con el crecimiento de los organismos.
- ★ En adultos de ambas especies, principalmente de *G. marmorata*, los dientes pueden estar fusionados generalmente en la zona media de la placa dental, en hembras es más común que en machos.
- ★ Los dientes de *G. micrura* son más anchos que los de *G. marmorata* en ambos sexos.
- ★ Los dientes de los organismos de *G. micrura* presentaron menos tipos de variaciones en su morfología dental, que los de *G. marmorata*.
- ★ La estructura con mayor variabilidad morfológica dental en ambas especies fue la raíz.
- ★ Ambas especies presentan los cuatro tipos de heterodoncia: ontogénica, monognática, dignática y ginándrica, sin embargo la variación no es tan marcada como la reportada para *Mobula*.

Glosario y terminología empleada

- Abertura branquial. En los elasmobranquios, son de forma alargada, se disponen vertical e inmediatamente por delante de las aletas pectorales. En algunos casos las dos últimas hendiduras están colocadas posteriormente con respecto al borde anterior de las aletas. En los tiburones las branquias se abren en los flancos del cuerpo (Pleurotremata) y en las rayas en su cara ventral (Hipotremata). El espiráculo, presente en muchos elasmobranquios está situado entre el ojo y la primera abertura branquial y representa la hendidura branquial del arco hioideo en proceso de separación ⁽⁵⁾.
- Ángulo. Donde dos caras o superficies se juntan ⁽¹⁾.
- Arco Mandibular. Conjunto de piezas cartilaginosas y óseas derivadas del esqueleto visceral que forman el núcleo de ambas mandíbulas. El arco mandibular forma un arco completo en los peces cartilaginosos. Las dos ramas superiores (cartílagos palatocuadrados o pterigocuadrados) unidos en la sínfisis maxilar forman la mandíbula superior o maxila. Los cartílagos inferiores (cartílago de Meckel) se unen en la sínfisis mandibular formando la mandíbula inferior ⁽⁵⁾.
- Basal. Hacia la raíz ⁽²⁾.
- Bifurcación. Lugar de la división de una raíz en dos ramas o cuerpos de la raíz ⁽²⁾.
- Boca. Abertura anterior del aparato digestivo, cuyas funciones principales en los peces, son la alimentaria por medio de la captura del alimento y la respiratoria, permitiendo la entrada del agua que va a regar las branquias. Boca ínfera (posición ventral), peces demersales que se alimentan de detritus orgánicos o de los invertebrados que viven en los suelos fangosos de los ríos o el mar (la mayoría de las rayas) ⁽⁵⁾.
- Cartílago. Tejido esquelético, firme, elástico y translúcido, formado por células redondas incluidas en una matriz de colágeno, que puede contener numerosas fibras ⁽³⁾.
- Cartílago de Meckel. Cartílago descrito por Meckel (1829), se deriva del primer arco faríngeo, que forma la mandíbula inferior de vertebrados primitivos; además es la matriz o patrón sobre

el cual se forman los huesos dérmicos de la mandíbula. También es llamado cartílago mandibular o mandíbula primaria. Adquiere su máximo desarrollo en los peces cartilagosos, en los cuales perdura toda su vida ^(3 y 5).

- Cóndilo. Protuberancia ósea de forma redonda que encaja en las cavidades glenoideas de los huesos que con ella se articulan ^(3 y 5).
- Corona. Porción del diente cubierta por un esmalte, que está visible fuera de la encía ⁽¹⁾.
- Cresta. Elevación o eminencia alargada de esmalte, con aspecto de cordillera alargada ⁽¹⁾.
- Cuello. Porción del diente que une la corona y la raíz, desde el punto de vista anatómico ⁽¹⁾.
- Cúspide. Elevación o prominencia conoide o piramidal ^(1 y 2).
- Cúspides laterales o cusplet. Pueden ser una o más, frecuentemente en pares, cúspides pequeñas usualmente situadas en la base mesial y/o distal de la base de la cúspide central ⁽²⁾.
- Dentición. Conjunto de piezas dentales implantadas en la cavidad bucal ⁽³⁾.
- Diente. Nombre genérico de la unidad anatómica de la dentadura ⁽¹⁾. Sirven para masticar, desgarrar, morder, retener las presas o el alimento. Típicamente están formados por dentina, que envuelve a una pulpa central y está cubierta por esmalte. El tipo y número de dientes varía mucho de una especie a otra ⁽³⁾.
- Diente general o más común. Es la morfología dental que se observa comunmente en las placas dentales de ambos cartílagos, ver Anexo II.
- Dientes heterodontos. Dientes que presentan diferentes formas y tamaños dentro de la misma especie ⁽⁵⁾.
- Dientes homodontos. Dientes que presentan formas y tamaños similares dentro de la misma especie ⁽⁵⁾.
- Dimorfismo: Es la existencia de dos clases de individuos o caracteres diferentes en cuanto forma o apariencia, en una misma especie u organismo. Es sexual cuando los machos presentan un aspecto diferente al de las hembras ⁽³⁾.

- Distal. Dientes distantes de la línea media. Distante, lejano lejos del plano medio ⁽¹⁾.
- Espiráculo. Pequeña abertura de forma más o menos circular, situada entre el ojo y la primera hendidura branquial. El espiráculo representa la abertura de la segunda branquia, es decir, la correspondiente al arco hioideo. En las rayas ocupa una posición dorsal: el agua entra y sale por el espiráculo cuando el pez descansa sobre el fondo ⁽⁵⁾.
- Foramen. Agujero apical ^(1 y 2). Abertura natural presente en los huesos que deja paso a un nervio o vaso sanguíneo ⁽⁵⁾.
- Hendiduras branquiales. Las largas y estrechas aberturas branquiales de los elasmobranquios. Alcanzan su máximo desarrollo en los elasmobranquios primitivos y en los que se alimentan de plancton ⁽⁵⁾.
- Heterodoncia dignática. Diferentes morfologías dentales de las placas dentales superior e inferior ⁽⁴⁾.
- Heterodoncia monognática. Diferentes morfologías dentales de una misma placa dental ⁽⁴⁾.
- Heterodoncia ginándrica. Dimorfismo sexual dental. Diferentes morfologías dentales entre hembras y machos ⁽⁸⁾.
- Heterodoncia ontogénica. Diferencia en la morfología dental en las diferentes etapas de crecimiento del organismo ⁽⁴⁾.
- Interespecífico. Interacción dentro de un grupo de organismos heteroespecíficos (especies diferentes) ⁽⁷⁾.
- Intraespecífico. Interacción dentro de un grupo de organismos conspecíficos (misma especie) ⁽⁷⁾.
- Labial. Lado del diente hacia los labios (cara externa) ⁽²⁾.
- Lingual. Que está cerca, junto a, o con relación a la lengua ⁽¹⁾.
- Lóbulo. Usualmente, una o dos bifurcaciones, los lóbulos mesiales y distales, pueden ser simétricos o asimétricos ⁽²⁾.
- Mandíbula. En peces cartilagosos, forma un arco completo compuesto de dos barras

superiores (palatocadrado), las cuales unidas por la sínfisis maxilar forman la mandíbula superior o maxila; mientras que las dos barras inferiores (cartílago de Meckel) están fusionadas a la sínfisis mandibular y forman la mandíbula inferior ⁽⁵⁾.

- Mesial. Que está cerca o junto a la parte media. Línea media ⁽¹⁾.
- Oclusal. Cara masticatoria de los dientes que hacen contacto al cerrar la mandíbula ⁽¹⁾.
- Palatocadrado. Barra cartilaginosa que forma la mandíbula superior de los embriones de los peces, en condictios se mantiene cartilaginosa durante toda la vida ⁽⁵⁾. Nombre del segmento cartilaginosa dorsal del primer arco visceral, el cual forma parte del esplanocráneo o branquiocráneo, que en peces primitivos se selecciona íntimamente con el neurocráneo y forma la base de la mandíbula superior ⁽³⁾.
- Placas dentales. Son láminas cartilaginosas u óseas de forma variable cuya superficie externa está provista de dientes ⁽⁵⁾.
- Proceso. Cualquier prominencia o proyección que sobresale del cuerpo o masa de hueso ⁽⁵⁾.
- Protuberancia. Expansión de la corona en vistas labial o lingual ⁽²⁾.
- Raíz. Estructura de osteodentina que soporta la corona y sujeta el diente a la placa dental ⁽²⁾.
- Sínfisis. Articulación cartilaginosa que une dos superficies óseas por medio de una placa fibroso-cartilaginosa, como ocurre en la articulación mandibular (punto de contacto entre la mandíbula derecha e izquierda) ^(3 y 5).
- Surco. Hendidura larga y angosta bien definida ⁽¹⁾.

Anexo I

Tabla 6. Medidas morfométricas de juveniles (J) y adultos (A) de *G. marmorata*.

Ejemplar	Longitud Total	Longitud del Disco	Anchura del Disco	Ejemplar	Longitud Total	Longitud del Disco	Anchura del Disco
M (J)	30	24	42.5	H (J)	31	23.5	43.5
M (J)	31.5	27.5	46	H (J)	31	25.5	45
M (J)	34.5	26.5	43.5	H (J)	---	---	---
M (J)	35	27.5	45.5	H (J)	---	31	60
M (A)	35	28.5	46	H (A)	46.5	35.5	65.7
M (A)	37	29	48	H (A)	51.5	40	72
M (A)	39	32	51	H (A)	55	44	81
M (A)	40	32	53				

Tabla 7. Medidas morfométricas de juveniles (J) y adultos (A) de *G. micrura*.

Ejemplar	Longitud Total	Longitud del Disco	Anchura del Disco	Ejemplar	Longitud Total	Longitud del Disco	Anchura del Disco
M (J)	16.99	13.72	---	H (J)	18.43	14.4	32.8
M (J)	18.3	14.2	---	H (J)	24	19.2	40.2
M (J)	27.7	21.4	33.9	H (J)	30.9	24.4	---
M (J)	28.2	24.3	---	H (A)	31.7	40.7	54
M (J)	29.2	23.5	37.2	H (A)	38.5	47.7	64.8
M (A)	29.6	26.6	42.2	H (A)	40.7	31.7	---
M (A)	30.9	25.4	41.5	H (A)	47.7	38.5	---
M (A)	40.1	31.2	47.8				

Anexo II

Tabla 8. Datos establecidos para determinar la frecuencia con la que se observan los dientes extraídos dentro de las placas dentales en ambos cartílagos.

Frecuencia	Cantidad de dientes	Porcentaje obtenido
Muy poco frecuente	1 – 2	3.33% – 6.66%
Poco frecuente	3 – 4	10% – 13.33%
Frecuente	5 – 8	16.66% – 26.66%
Muy frecuente	9 – 11	30% – 36.66%
General	>12	>40%

Literatura Citada

- Álvarez del Villar, J.; Alvarez, S. & Álvarez-Castañeda T. 2007. Diccionario de anatomía comparada de vertebrados. Instituto Politécnico Nacional. México. 252 p. ⁽³⁾
- Begon, M.; Townsend, C. R. & Harper, J. L. 2006. Ecology, from individuals to ecosystems. Blackwell Publishing. Australia. 738 p. ⁽⁷⁾
- Cappetta, H. 1984. Découverte du genre *Gymnura* (Batomorphii, Myliobatiformes) dans le Thanétien des Ouled Abdoun, Maroc. Observations sur la denture de quelques espèces actuelles. Géobios. 17:631-635.
- Cappetta, H. 1987. Handbook of paleoichthyology: Chondrichthyes II, vol. 3B. Mesozoic and Cenozoic elasmobranchs. Gustav Fischer, New York. 193 p. ⁽⁸⁾
- Chávez, C. J. 2009. Contribución al estudio morfológico dental de *Mobula japonica* y *Mobula thurstoni* (Myliobatoidei: Mobulidae). Tesis de Licenciatura, Universidad Nacional Autónoma de México. 74 p.
- Compagno, L. J. V. 1973. Interrelationships of living elasmobranchs. Zoological Journal of the Linnean Society, 53 (Supplement 1): 15-61.
- Compagno, L. J. V. 1977. Phyletic relationships of living sharks and rays. Amer Zool. 17:303-322.
- Esponda, V. R. 2002. Anatomía dental. 7A ed. Dirección General de Publicaciones y Fomento Editorial. UNAM, México. 390 p. ⁽¹⁾
- Feduccia, A., & B. H. Slaughter. 1974. Sexual dimorphism in skates (Rajidae) and its possible role in differential niche utilization. Evol. 28:164-168.
- González, I. M. 2003. Estudio de anatomía comparada de la superfamilia Myliobatoidea (Chondrichthyes) en México, con algunos comentarios de filogenia. Tesis de Doctorado, Universidad Nacional Autónoma de México. 178 p.
- González-Isáis M., Montes D. H. M. & Chávez C. J. 2012. Morfología dental de *Mobula japonica* y

Mobula thurstoni (Chondrichthyes: Mobulidae) con algunos comentarios sobre filogenia. En: Tópicos ictiológicos en honor del Dr. José Luis Castro Aguirre. Eds. Del Moral FF. Martínez SJA. México. ⁽⁴⁾

- ITIS, obtenido [05/ 16/ 2014], desde la base de datos en línea: Integrated Taxonomic Information System, <http://www.itis.gov>.
- Kajiura, S.M., & T.C. Tricas. 1996. Seasonal dynamics of dental sexual dimorphism in the atlantic stingray *Dasyatis sabina*. J Exp Biol. 199:2297-2306.
- Kobelkowsky, A. 2013. Morfología del sistema digestivo de la raya mariposa *Gymnura micrura* (Batoidea: Gymnuridae). Bol. Invest. Mar. Cost. 42(1) 57-71.
- Last, P. R., & J. D. Stevens. 1994. Sharks and Rays of Australia. CSIRO, Australia. 513 p.
- McCourt, R. M., & 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. Reply to "Sexual dimorphism in skates (Rajidae)". Evol. 31:218-220.
- McEachran, J.D., & G. Notarbartolo-Di-Sciara. 1995. Peces Batoideos. En: Fischer, W., F. Krupp, F. Schneider, C. Summer, K. E. Carpenter, V. H. Niem (Eds). Guía FAO para la identificación de especies para los fines de la pesca. Pacífico centro-oriental. Vol. 2. Vertebrados. Parte 1. Roma:FAO. p. 745-792.
- Miller, W. A. 1974. Observations on the Developing Rostrum and Rostral Teeth of Sawfish: *Pristis perotteti* and *P. cuspidatus*. Copeia. 2:311-318.
- Montes, D. H. M. 2001. Sistemática de las especies del género *Urotrygon* (Myliobatoidei: Urolophidae). Tesis de Maestría, Universidad Nacional Autónoma de México. 159 p.
- Navarro, G. J. A. 2011. Ecomorfología del aparato mandibular de peces batoideos. Tesis de Maestría, Instituto Politécnico Nacional. 128 p.
- Nelson, J. S. 2006. Fishes of the world. 4th ed. John Wiley and Sons, New York. 601 p.
- Purdy, R. W., V. P. Schneider, S. P. Applegate, J. H. McLellan, R. L. Meyer, & B. H. Slaughter. 2001.

The neogene sharks, rays and bony fishes from Lee Creek Mine, Aurora North Caroline. En: Geology and Paleontology of the Lee Creek Mine, North Caroline, III. Ray, C. E. , D. J. Bohaska (Eds). Smithsonian Contribution to Paleobiology. No. 90 Smithsonian Institution Press, Washington DC. P 71-202.

- Rojo, A. L. 1988. Diccionario encicopedico de anatomía de peces. Ministerio de agricultura, pesca y alimentación. Madrid. 566 p. ⁽⁵⁾
- Slaughter, B. H., & S. Springer. 1968. Replacement of Rostral Teeth in Sawfishes and Sawsharks. Copeia. 3:499-506.
- StatSoft, Inc. (2007). STATISTICA (data analysis software system), version 8.0. www.statsoft.com.
- Tricas T.C., Deacon, K., Last, P., McCosker, J.E., Walker, T.I., & L. Taylor. 1998. Tiburones y Rayas. Omega, Barcelona. 288 p.
- Welton, B. J. & Farish, R. F. 1993. The Collector's Guide to Fossil Sharks and Rays from the Cretaceous of Texas. Before TIME, United States of America. 204 p. ⁽²⁾
- Wilga, C. & Motta, P. 1998. Feeding mechanism of the Atlantic guitarfish *Rhinobatos lentiginosus*: modulation of kinematic and motor activity. J. Exp. Biol., 201:3167-3184. ⁽⁶⁾
- Yano, K., F. Sato, & T. Takahashi. 1999. Observations of mating behavior of the manta ray, *Manta birostris*, at the Ogasawara Islands, Japan. Ichthyol Res. 46(3): 289-296.