

## Anatomía de la cavidad bucofaringea del “jurel” *Caranx hippos* (Linnaeus, 1766) (Teleostei: Carangidae)

## Anatomy of the oropharyngeal cavity of the “crevalle jack”, *Caranx hippos* (Linnaeus, 1766) (Teleostei: Carangidae)

Beltrán-Vinalay, Omar<sup>1,2</sup> y Kobelkowsky, Abraham<sup>2</sup>

Recibido: 30 de septiembre de 2022.

Aceptado: 24 de enero de 2023.

Publicado: abril de 2023.

### RESUMEN

**Antecedentes.** Entre las especies de jureles, en México se pesca *Caranx hippos*, el cual tiene importancia económica y ecológica. Sin embargo, los estudios sobre su anatomía trófica son escasos. **Objetivos.** Analizar y describir el esqueleto visceral, la musculatura visceral y la dentición de *C. hippos*. **Métodos.** Se analizaron 20 ejemplares de esta especie, previamente fijados en formaldehído y conservados en alcohol etílico. Se comparó su anatomía con otras cuatro especies de carángidos del Golfo de México. **Resultados.** Se reconoce que la organización de la cavidad bucofaringea de *C. hippos* corresponde al patrón morfológico de los teleosteos piscívoros, sin embargo, se identifican diferencias importantes en el esqueleto visceral, particularmente en los huesos palatino, hiomandibular y esfenótico, reconociéndose la participación del suborbital 3; asimismo, en la musculatura visceral resaltan modificaciones de los músculos *dilatador operculi*, *levator arcus palatini* y *adductor mandibulae*. Además, se registra la presencia en varias partes de la mucosa bucofaringea de pequeñas placas con dientes finos. **Conclusiones.** El análisis de la cavidad bucofaringea indica que *C. hippos* es una especie de hábitos carnívoros, principalmente piscívoro.

**Palabras clave:** braquiocráneo, dentición, esqueleto visceral, musculatura visceral

### ABSTRACT

**Background.** *Caranx hippos* is among the species of the jack family fished in Mexico, and it is of great economic importance and ecological. However, studies regarding its trophic anatomy are scarce. **Objectives.** Analyze and describe the visceral skeleton, visceral musculature, and dentition of *C. hippos*. **Methods.** 20 specimens of this species were fixed in formaldehyde, preserved in ethylic alcohol, and analyzed. Their anatomy was compared with the other four species of the Carangidae family of the Gulf of Mexico. **Results.** It is recognized that the organization of the buccopharyngeal cavity of *C. hippos* corresponds to the morphological pattern of the piscivorous teleostean, nevertheless, some important characters are identified in the visceral skeleton, particularly in the palatine, hyomandibular, sphenoid, and suborbital 3 bones. Additionally, in the visceral musculature, some modifications of the *dilatator operculi*, *levator arcus palatini*, and *adductor mandibulae* muscles stand out. The presence of small plates with thin teeth is notable in several parts of the buccopharyngeal mucosa. **Conclusions.** The analysis of the buccopharyngeal cavity indicates that *C. hippos* is a species with carnivorous habits, mainly piscivorous.

**Keywords:** brachioocranium, dentition, visceral skeleton, visceral musculature

<sup>1</sup> Doctorado en Ciencias Biológicas y de la Salud. Universidad Autónoma Metropolitana, Ciudad de México, México.

<sup>2</sup> Laboratorio de Peces. Departamento de Biología. Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Iztapalapa. Av. San Rafael Atlixco 186, Col. Vicentina, Iztapalapa, 09340, Ciudad de México, México

**\*Corresponding author:**

Abraham Kobelkowsky: e-mail: akd@xanum.uam.mx

**To quote as:**

Beltrán-Vinalay, O. & A. Kobelkowsky. 2023. Anatomía de la cavidad bucofaringea del “jurel” *Caranx hippos* (Linnaeus, 1766) (Teleostei: Carangidae). *Hidrobiológica* 33 (1): 25-38.

## INTRODUCCIÓN

De acuerdo con Nelson *et al.* (2016) el orden de los Carangiformes está formado por seis familias, entre las cuales se encuentra Carangidae, la cual agrupa 30 géneros, con 152 especies, de las cuales 24 se distribuyen en el Golfo de México.

En las costas mexicanas se comercializan bajo el nombre de “jurel” varias especies del género *Caranx*, con un promedio de pesca de 18.9 mil toneladas anuales (SAGARPA, 2019).

El “jurel” *Caranx hippos* (Linnaeus, 1766) llega a medir hasta 1.2 m de longitud y pesar 25 kg. Se distribuye desde Nueva Escocia, Canadá hasta Uruguay, incluyendo el Golfo de México (Castro-Aguirre *et al.*, 1999). De acuerdo con Arreguín-Sánchez & Arcos-Huitrón (2011) su explotación pesquera en México se encuentra en estado máximo de aprovechamiento.

La mayoría de los peces del género *Caranx* tienen un rol ecológico como depredadores, además forman parte de la dieta de depredadores tope como tiburones, marlines, dorados y túnidos, manteniendo el flujo de la energía en la cadena trófica (Hoffmayer & Parsons, 2003; Junior *et al.* 2004; Estupiñan-Montaño *et al.*, 2009; Vázquez-Ozuna *et al.*, 2020).

Son pocos los estudios previos sobre la anatomía de los carángidos, entre ellos destacan Kong & Iratchet (1998), quienes describen el neurocráneo de *Trachurus murphyi* (Nichols, 1920), *Caranx caballus* (Günther, 1868), *Seriola lalandi* (Valenciennes, 1833), *Trachinotus paitensis* (Cuvier, 1832), *Selene peruviana* (Guichenot, 1866) y *Selene brevoortii* (Gill, 1863), y el estudio de Kobelkowsky & Beltrán-Vinalay (2020) sobre la morfología de la cavidad visceral y la esplanología de *Selene vomer* (Linnaeus, 1758).

A pesar de su importancia ecológica y económica, los estudios que detallan aspectos anatómicos relacionados con la alimentación son escasos. El análisis anatómico de la cavidad bucal de un pez puede brindar información sobre los hábitos alimenticios, puesto que participa en la captura y primer procesamiento del alimento, en donde intervienen varias estructuras relacionadas al tipo de presa como dentición, número de branquiespinas, grado de desarrollo de ciertos músculos entre otras. Por otra parte, una de las características de la familia Carangidae es la diversidad de la forma corporal, lo que favorece la comparación de las estructuras de especies con diferentes hábitos alimenticios.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Los ejemplares de *C. hippos*, se colectaron mediante varias artes de pesca en un área cercana a la boca de las lagunas de Tampamachoco, Tuxpan y de laguna Grande en Vega de Alatorre, Veracruz, localidades del litoral del Golfo de México. Se fijaron en formaldehído al 10% y se conservaron en alcohol etílico al 70%. En total se procesaron 20 ejemplares adultos con un intervalo de talla de 35.7 a 64.9 cm.

Las disecciones se realizaron bajo un microscopio estereoscópico Olympus SZ6, siguiendo la técnica de disección del tracto digestivo de los teleosteos de Kobelkowsky & Figueroa (2018).

Se consideró a la cavidad bucofaringea o cavidad orobranchial como parte del tracto digestivo, que se inicia con la abertura de la boca y termina en el borde posterior de los huesos faríngeos. Se analizaron

anatómicamente y describieron los componentes de la cavidad bucofaringea, así como también las estructuras relacionadas indirectamente con la misma, y se ordenaron como esqueleto visceral, musculatura visceral y dentición.

Con el objetivo de hacer comparaciones anatómicas de estructuras relacionadas con la alimentación se seleccionaron los siguientes carángidos: *Chloroscombrus chrysurus* (Linnaeus, 1766), *Decapterus punctatus* (Cuvier, 1829) *Selene vomer* (Linnaeus, 1758) y *Trachinotus carolinus* (Linnaeus, 1766), que se distribuyen también en el Golfo de México y que representan la diversidad de la familia Carangidae.

Las ilustraciones se realizaron mediante un tubo de dibujo acoplado a un microscopio estereoscópico Wild M3Z.

La terminología osteológica siguió el criterio de Gregory (1959) y la miológica, el de Winterbottom (1974).

## RESULTADOS

**Cavidad bucofaringea.** La cavidad bucofaringea de *Caranx hippos* se extiende desde la boca hasta la región posterior del aparato branquial. A esta cavidad le da forma y sostén el esqueleto visceral y su correspondiente musculatura.

Posteriormente al borde de la boca se forman los componentes de la válvula oral.

El paladar está tapizado por un gran número de placas pequeñas con dientes finos; su borde posterior marca el inicio de la porción faríngea.

El piso de la cavidad bucofaringea muestra en su porción anterior a la lengua, estructurada por el cartílago glosohial y el hueso basihial; a continuación, se observan las ramas inferiores de los arcos branquiales y sus correspondientes branquiespinas. Tanto el paladar como el piso de la cavidad bucofaringea tienen hacia atrás continuidad con el esófago.

**Esqueleto visceral** (Fig. 1). Se compone en ambos lados por las siguientes series de huesos: las mandíbulas superior e inferior, la serie palatina, la suspensión mandibular, el aparato hioideo, la serie opercular y el aparato branquial. Algunos de los elementos esqueléticos se interconectan mediante cartílagos y ligamentos.

La mandíbula superior, de cada lado, está formada por el premaxilar, el maxilar y el supramaxilar. Entre los premaxilares se encuentra el cartílago rostral, de aspecto “ovoide”. La mandíbula inferior está constituida por los huesos dentario, ánguloarticular y retroarticular; en la cara interna de este último se ubica el coronomeckeliano y el cartílago de Meckel (Fig. 2).

El premaxilar desarrolla dos procesos ascendentes, articular y maxilar. El maxilar es delgado y ligeramente curvo; en su porción anterior o cabeza desarrolla un proceso articular dorsal y otro ventral. Se articula con el palatino y el premaxilar.

Entre el maxilar y el etmoides se extiende el ligamento etmo-maxilar, mientras que entre los procesos anteriores dorsales de ambos maxilares se forma el ligamento intermaxilar. El supramaxilar es alargado, comienza aproximadamente al nivel de la parte media del maxilar (Fig. 2a).

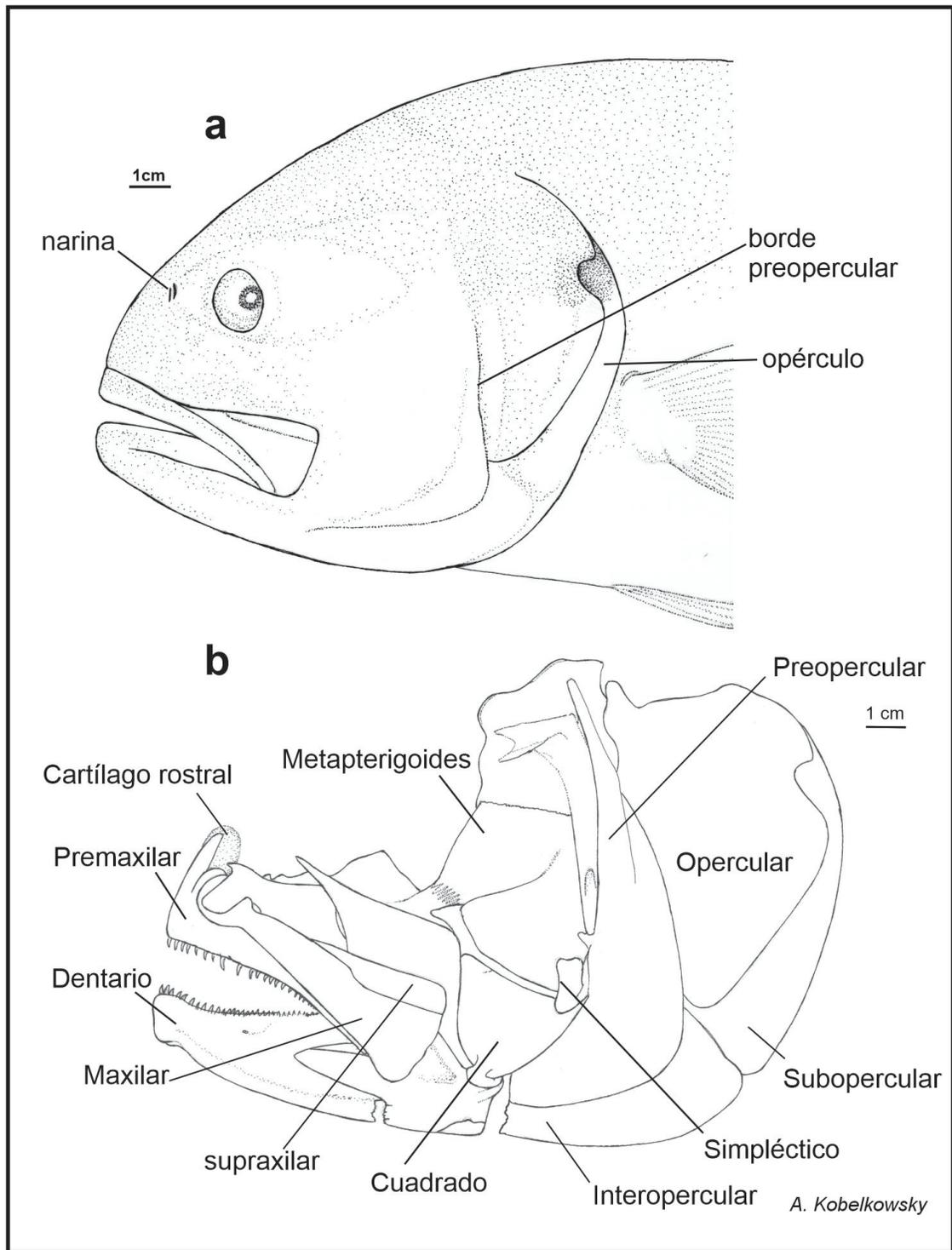
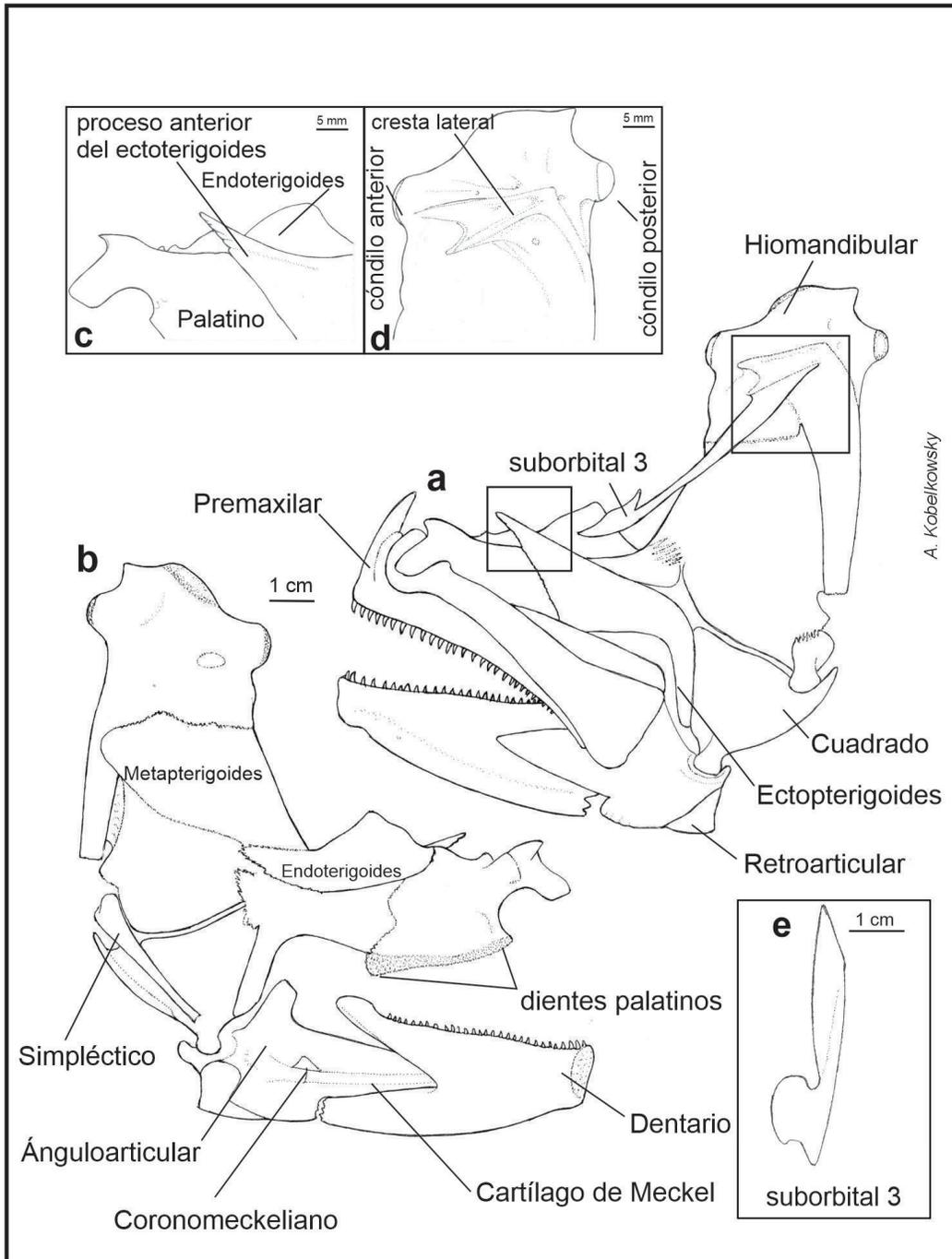


Figura 1. Región cefálica de *Caranx hipos*. a) Vista lateral izquierda de la región cefálica de *Caranx hipos*. b) Vista lateral del esqueleto visceral.

El dentario es robusto, presenta el proceso coronoides y en su superficie lateral lleva una rama de la línea lateral con varios orificios. En su borde bucal lleva dos filas de dientes cónicos y curvados hacia la cavidad oral. En su región posterior se encuentra la escotadura donde se intercala el hueso ánguloarticular.

El ánguloarticular es triangular, presenta el proceso coronoides y cerca de su extremo posterior desarrolla una fosea articular que recibe al cóndilo del cuadrado, posterior a la cual, se desarrolla un proceso corto que recibe desde el preopercular al ligamento preopérculo-ánguloarticular. En su superficie interna se observa el cartílago de Meckel y el coronomeckeliano de aspecto romboidal, bien desarrollado (Fig. 2b)



A. Kobelkowsky

Figura 2. Esqueleto visceral de *Caranx hippos*. Vista lateral izquierda. a) Arco mandibular, serie palatina, suspensión mandibular. b) Detalle de la cara interna del Arco mandibular, serie palatina, suspensión mandibular c) Aspecto del proceso anterior del ectoterygoides. d) Cresta lateral del hiomandibular de *Caranx hippos*. e) vista dorsal del suborbital 3.

El retroarticular es un hueso pequeño, unido firmemente a la porción posteroventral del ánguloarticular. Este hueso recibe desde del interopercular al ligamento interoperculo-retroarticular.

La serie palatina está formada por el palatino, endopterigoides, metapterigoides y ectopterigoides. El palatino desarrolla un proceso anterior que se articula con el maxilar y tiene contacto con el ligamento etmo-palatino y el ligamento maxilo-palatino (Fig. 2c). El hueso más amplio es el metapterigoides, mientras que el endopterigoides es laminar y recibe parte del músculo *adductor arcus palatini*. El ectopterigoides es amplio, desarrolla un proceso del cual se extiende un ligamento hasta el prefrontal.

La suspensión mandibular está constituida por los huesos hiomandibular, metapterigoides, simpléctico y cuadrado.

El hiomandibular tiene tres cóndilos, el anterior se articula al hueso esfenótico, el medio al pterótico, y el tercero se articula con el opercular. En su superficie lateral externa se inserta el músculo *levator arcus palatini*, el cual está limitado posteriormente por un reborde vertical del mismo hiomandibular. Cabe destacar que el hiomandibular tiene contacto con la extensión del suborbital 3 mediante una cresta con dos puntas que se origina del mismo (Fig. 2d).

Asimismo, el hiomandibular constituye la suspensión del aparato hioideo, mediante el hueso interhial y un ligamento corto (interhial-hiomandibular). El metapterigoides es laminar y se opone externamente a la parte posterior del endopterigoides, manteniendo un espacio para una porción del músculo *adductor arcus palatini*. El simpléctico es laminar, es el hueso más pequeño de esta serie, se ubica en la escotadura posterior del cuadrado y se une a este mediante sutura. El cuadrado es el hueso más grande de la serie, su porción anterior es triangular y forma un cóndilo que se articula al hueso ánguloarticular y la posterior es rectangular la cual se adosa ampliamente al preopercular.

La serie opercular está formada por los huesos preopercular, opercular, interopercular y subopercular. La superficie interna de los huesos interoperculares y subopercular recibe al conjunto de radios branquiostegos. El preopercular es semitriangular relativamente de tamaño medio, con borde ligeramente aserrado; se acopla fuertemente con el hiomandibular y el cuadrado; lleva una rama del sistema sensorial de la línea lateral, la cual continúa hasta la mandíbula inferior. El opercular es laminar de forma trapezoidal, su borde anterior es grueso y el posterior delgado, donde se aprecia una escotadura. Se articula mediante una fosa al cóndilo posterior del hiomandibular (Fig. 2d). Desde dicha fosa se extiende horizontalmente un reborde que delimita el área de inserción de los músculos *dilatador operculi* y *levator operculi*. El interopercular es laminar de borde inferior curvo, parcialmente cubierto por el preopercular, de su extremo anterior parte un ligamento hacia el hueso ánguloarticular. El subopercular es laminar y alargado, desarrolla un proceso antero dorsal que bordea el ángulo inferior del opercular. Además, se observó la presencia de un ligamento que va del opérculo a la cresta pterótica.

El aparato hioideo está suspendido desde el extremo inferior de los hiomandibulares, está constituido por dos barras hioideas y dos huesos impares. Cada barra hioidea está integrada por el hipohial dorsal, hipohial ventral, ceratohial, ephial y 7 radios branquiostegos; los huesos impares son el basihial y el urohial (Fig. 3).

El basihial está precedido por el cartílago glosohial, formando ambos elementos a la lengua. Cada hipohial ventral recibe ventralmente a un músculo *hyohyoidei abductor*. Los ceratohiales son largos y se unen con los huesos vecinos por sutura; cada ceratohial sostiene los branquiostegos del 1 - 4 y a los ephiales 6 y 7, quedando el 5 entre estos dos huesos (Fig. 3a y 3b).

Los ephiales están ligeramente curvados y se articulan con los interhiales, estos son relativamente pequeños y cilíndricos, se unen al extremo inferior de los hiomandibulares.

El urohial forma en su porción anterior un proceso ascendente que recibe al músculo *rectus communis*. La sección transversal de su porción anterior tiene forma de "Y" invertida y recibe al músculo *sternohyoideus* que también tiene contacto con el cleitrum (Fig. 3c y 3d).

Los radios branquiostegos, aumentan gradualmente su amplitud de adelante hacia atrás, mientras que los tres primeros son delgados y se fijan en unas concavidades que están sobre la cara interna del ceratohial, los restantes son planos y amplios, se unen a la cara externa del ceratohial y del ephial de la siguiente manera: el 4 está sobre el ceratohial, el 5 sobre la unión del ceratohial y el ephial y el 6 y 7 en el ephial.

El aparato branquial está suspendido desde la región ótica del neurocráneo por los faringobranquiales 1 y está constituido por cinco arcos branquiales, formados a su vez por los huesos impares basibranquiales 1-4, y los huesos pares hipobranquiales 1-3, ceratobranquiales 1-5, epibranquiales 1-4 y faringobranquiales 1-4.

Los basibranquiales son elementos esbeltos, de los cuales el más largo es el 3 y el más corto es el 1. El basibranquial 4 se curva hacia abajo y sirve como punto de inserción de los músculos *obliqui ventrales* III. Posterior al basibranquial 4 se localiza el cartílago basibranquial.

Los hipobranquiales son cortos y muestran su superficie ventral cóncava, de la cual se originan los músculos *obliqui ventrales* I, II y III.

Los ceratobranquiales son los elementos más largos del aparato branquial, los ceratobranquiales 1- 4 son acanalados ventralmente para dar paso a las arterias branquiales aferentes; los ceratobranquiales 4 muestran una concavidad ventral para la inserción del músculo *transversus ventralis* IV. Los ceratobranquiales 5 están modificados en los huesos "faringeos inferiores", cada uno con un proceso anterior y otro posterior relativamente largos. En su superficie dorsal llevan dientes, y en la ventral tienen una concavidad donde se inserta el músculo *transversus ventralis* V.

Cada epibranquial forma un proceso dorsal que recibe a un músculo *levator externi*; sus extremos superiores son de cartílago. Los cartílagos correspondientes a los epibranquiales 2 - 4 se unen a la superficie dorsal de los huesos faringobranquiales, mientras que del proceso dorsal del epibranquial 1 se une al faringobranquial 2 mediante el cartílago interarcual.

Los faringobranquiales superiores son de forma irregular y en total son 4; de ellos, solo del 2 al 4 llevan dientes que varían en tamaño. El 1 es corto, cilíndrico y constituye la suspensión del aparato branquial, desde la región ótica del neurocráneo. El 2 es rectangular, el 3 es de tendencia triangular, lleva los dientes más robustos y por último el 4 es ovalado. Los faringeos inferiores son triangulares y llevan dientes que varían en longitud y diámetro.

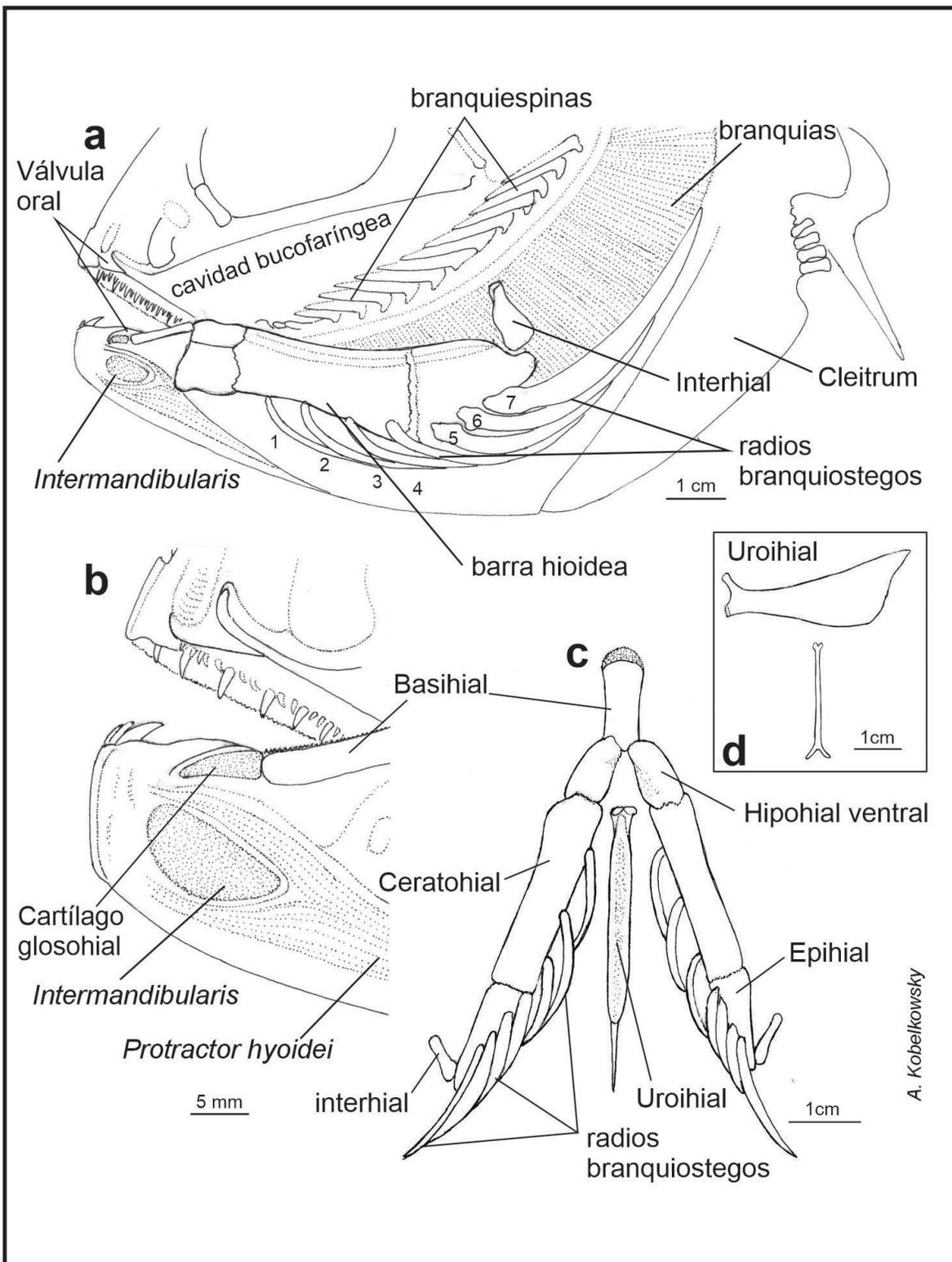


Figura 3. Cavidad bucofaringea de *Caranx hippos*. a) Vista de los componentes de la cavidad bucofaringea *in situ*. b) Detalle de la boca. c) Vista ventral del aparato hioideo. d) Vista lateral y posterior del uroihiial.

**Musculatura visceral** (Fig. 4). El músculo *adductor mandibulae*, está formado por las secciones A1, A2, A3 y Aw. La sección A1 se origina cerca del borde del preopercular; cerca de su extremo anterior tiene contacto con el hueso lacrimal y mediante un tendón se inserta al maxilar y la superficie externa del articular. La sección A2 se ubica en la región lateral de la mejilla; se inserta mediante un tendón al proceso coronoides del dentario (Fig. 4a). Entre las fibras musculares de esta sección pasa otro tendón que también se inserta en el dentario. La

sección A3 se ubica por debajo de la sección A2 y sobre el cuadrado. La sección Aw se ubica en la cara interna del dentario.

Los músculos que permiten el movimiento del paladar y la suspensión mandibular se originan en el neurocráneo y son el *adductor arcus palatini* que se inserta en el endoterigoides y metapterigoides, el *levator arcus palatini* que está dividido en dos secciones debido a la cresta que se desarrolla en hiomandibular (Fig. 4b) y el *adductor hyomandibular* que se inserta en la superficie interna del mismo hueso.

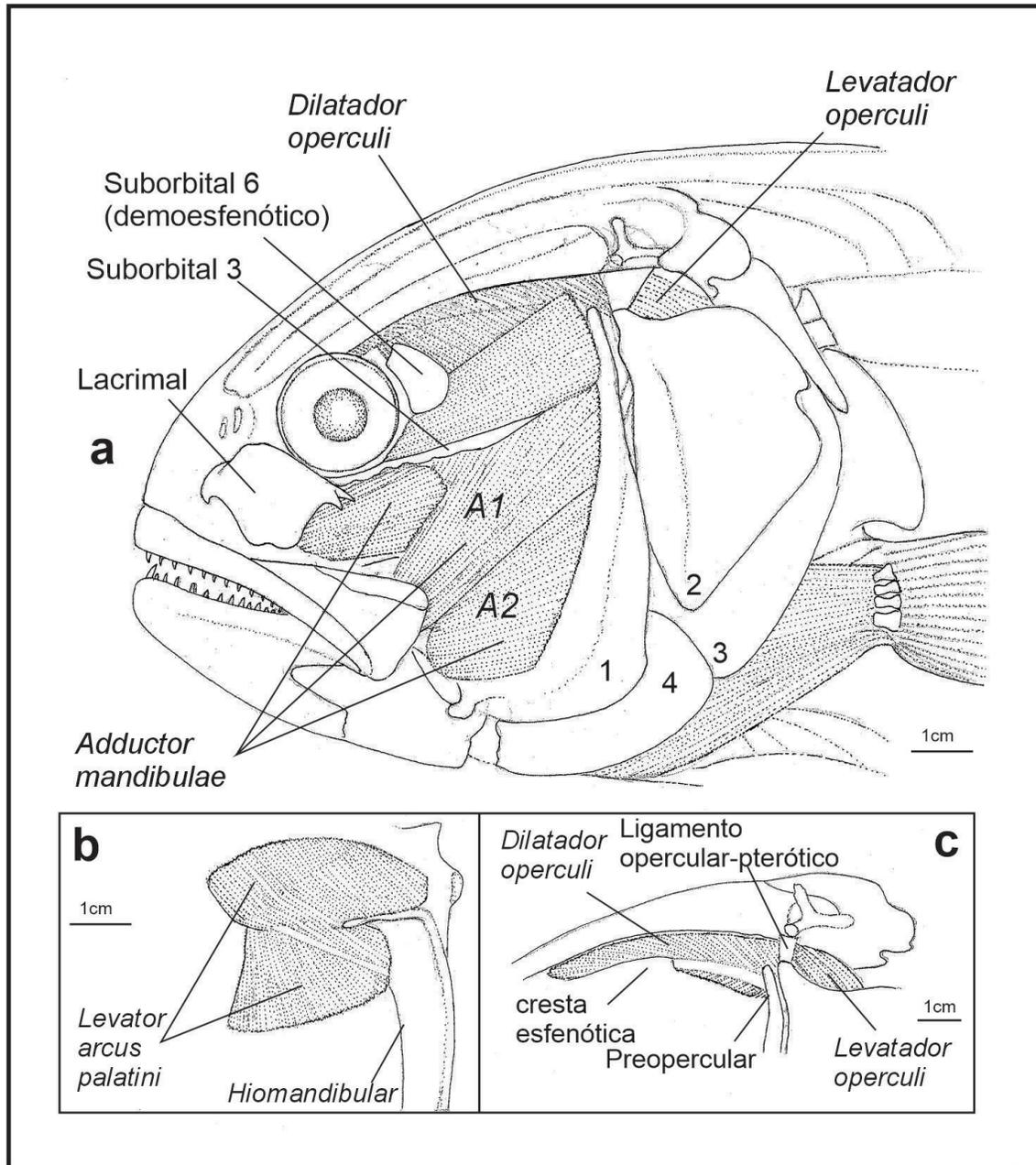


Figura 4. Musculatura visceral de *Caranx hippos*. Vista lateral izquierda. a) Relaciones topográficas del *adductor mandibulae*. b) Músculo *Levator arcus palatini*. c) Músculo *Dilatador operculi* y el Ligamento opercular-pterótico.

La musculatura hioidea está constituida por los músculos *protactor hyoidei* y *sternohyoidei*. El *protactor hyoidei* se origina de la superficie externa del aparato hioideo y se inserta mediante un ligamento a la parte interna de la sínfisis mandibular. El *sternohyoideus* se origina en el cleitrum y se inserta en ambas caras del urohial. Cabe mencionar que el músculo *dilatador operculi* se extiende hasta la cresta esfenótica (Fig. 4c).

Los músculos de los arcos branquiales se pueden dividir en dos grupos, dorsales y ventrales. Los dorsales se componen de cuatro *levatores externi*, que se originan en el pterótico y aumentan su longitud del primero al último. El *levator posterior* se origina de la cápsula ótica y se inserta en el epibranchial 4. El músculo *retractor dorsalis* está formado por varios paquetes que se originan de las partes laterales y ventrales de las vértebras 2 - 4 y se insertan en los faringobranquiales.

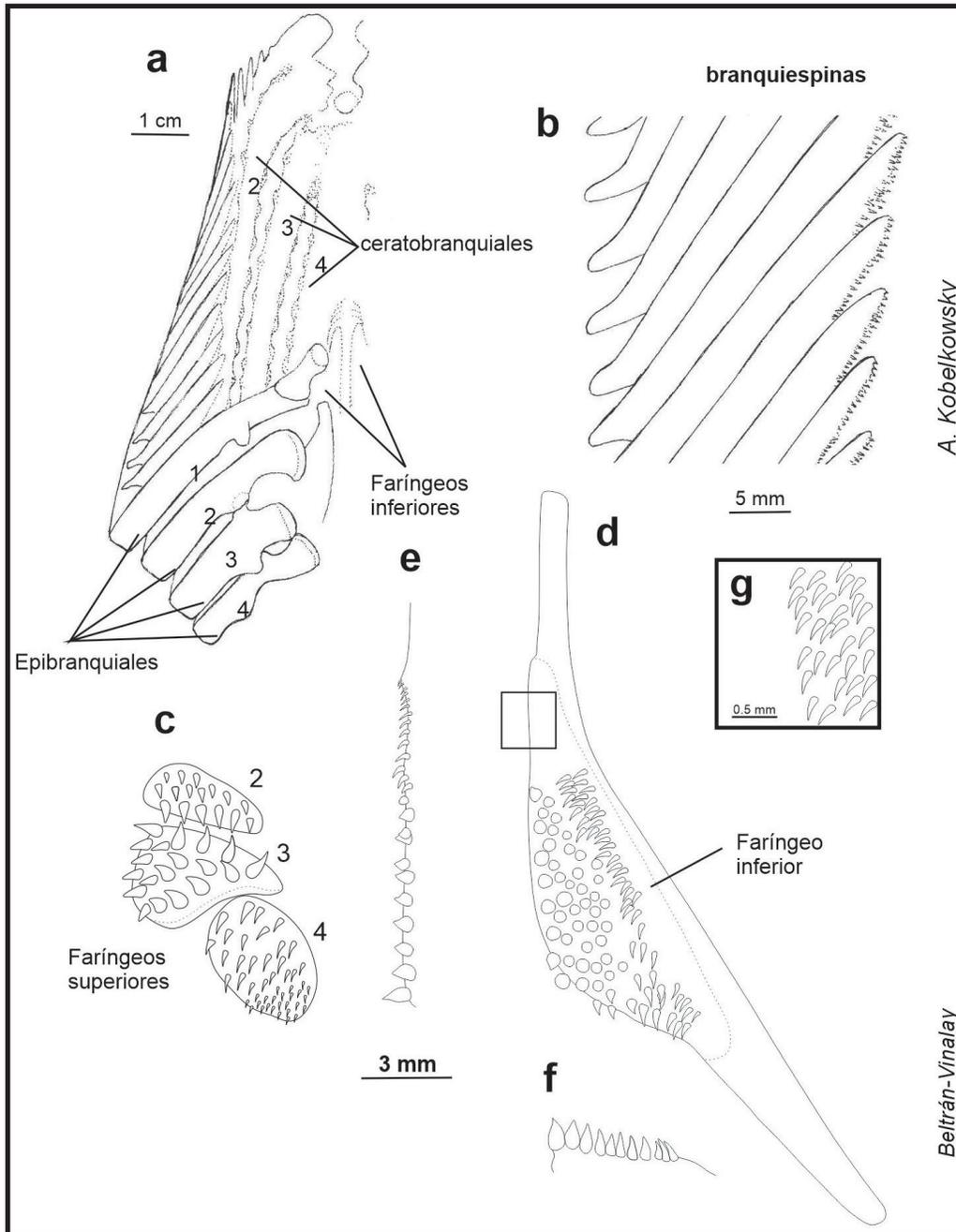


Figura 5. Aparato branquial de *Caranx hippos*. a) Vista dorsal. b) Aspecto dorsal de las branquiespinas del borde externo del primer arco branquial. c) Vista dorsal de huesos faríngeos superiores. d) Vista dorsal del hueso faríngeo inferior. e) Detalle del borde lateral del hueso faríngeo inferior. f) Detalle de borde posterior del hueso faríngeo inferior. g) Detalle de los dientes de la región anterior de hueso faríngeo inferior.

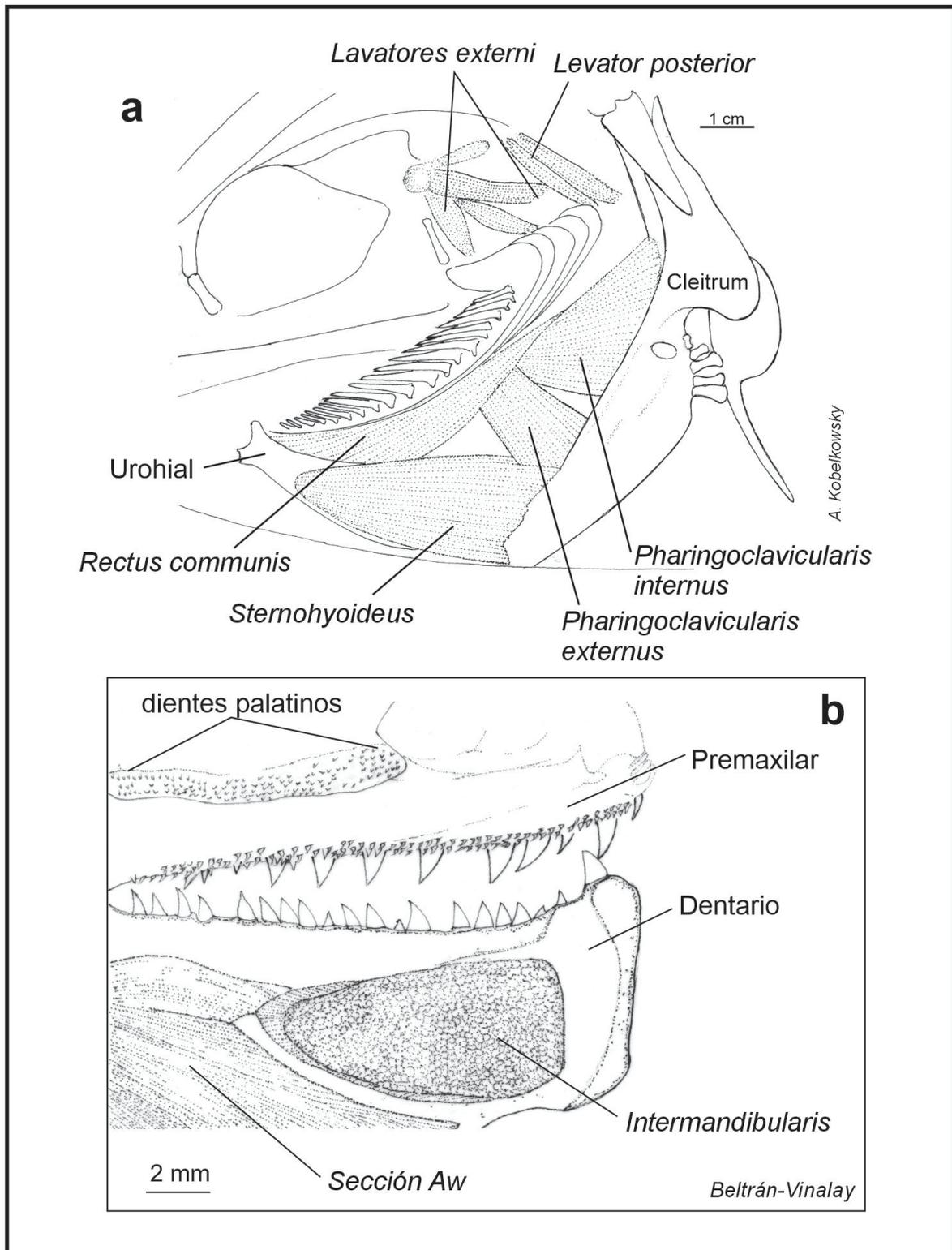


Figura 6. Arcos branquiales y boca de *Caranx hippos*. Vista lateral izquierda. a) Vista lateral izquierda del aparato branquial, mostrando los principales músculos que lo relacionan con otros elementos esqueléticos. b) Detalle de los dientes palatinos.

Los músculos ventrales se componen de *pharyngoclavicularis externus* e *internus*, *transversi* ventrales anterior y posterior, y el *rectus comunis*. El músculo *pharyngoclavicularis internus*, se origina de la porción media de la superficie anterior del cleitrum y se insertan en el hueso faríngeo inferior. El músculo *pharyngoclavicularis externus* se

origina cerca del borde de la porción inferior del cleitrum y se inserta en el faríngeo inferior. El músculo *transversus ventralis* IV pasa del ceratobranquial 4 de un lado al otro. El *transversi ventralis* V pasa del ceratobranquial 5 de un lado al otro. El músculo *rectus communis* se origina en el ceratobranquial 5 y se inserta en el borde superior del urohial.

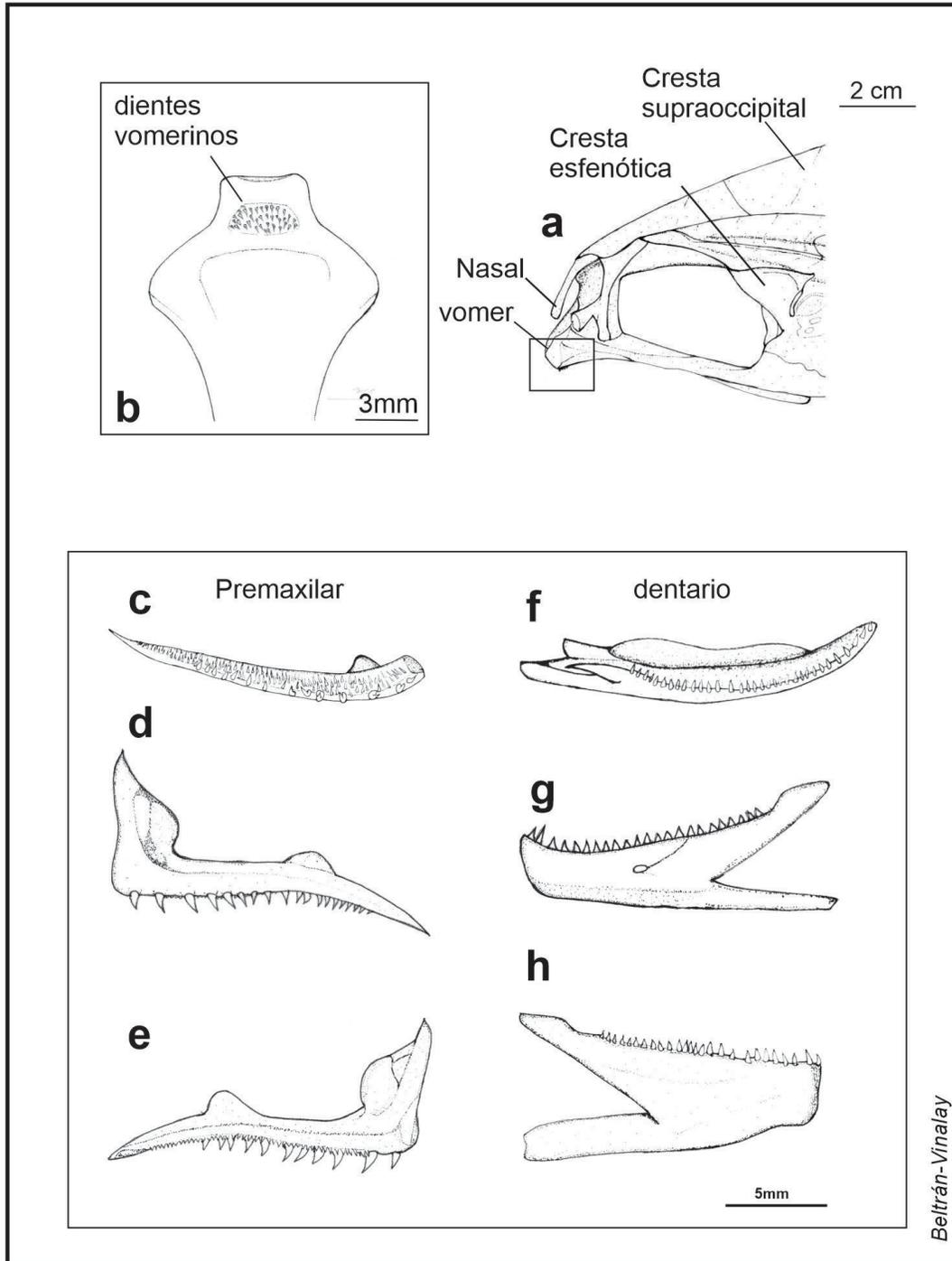


Figura 7. Dentición de *Caranx hippos*. a) Localización de los dientes vomerinos. b) detalle de los dientes vomerinos. c) vista dorsal del premaxilar. d) vista lateral del premaxilar. e) Vista de la cara interna del premaxilar. f) Vista dorsal del dentario. g) Vista lateral del dentario. h) Vista de la cara interna del dentario.

**Dentición.** (Figs. 5, 6 y 7). En *C. hippos* la dentición está presente en el premaxilar, dentario, aparato branquial, lengua, vómer, palatino, aparato hioideo. Además, existen dientes muy finos en la superficie de la cavidad oral.

Los dientes del premaxilar están arreglados en una hilera de elementos grandes y cuatro hileras de pequeños, que van disminuyendo gradualmente de tamaño a medida que se acercan a la porción posterior.

El dentario lleva una hilera de dientes medianos y cerca de la sínfisis se inserta una segunda con solo dos grandes.

El aparato branquial lleva dientes en las branquiespinas y en los huesos faríngeos. En las branquiespinas del primer arco los dientes son pequeños y se ubican en su borde interno. Los dientes de las branquiespinas restantes son un poco más grandes que los anteriores. También, están presentes numerosas placas pequeñas con dientes muy finos; dichas placas son de forma irregular y cubren el epitelio de los basibranchiales 1,2 y3.

Todos los dientes de los faringobranquiales superiores e inferiores son cónicos y curvos en dirección al esófago, su tamaño y grosor es variable.

Los dientes del faringobranquial 2 son en general robustos y van aumentando de tamaño de la porción anterior a la posterior. En el faringobranquial 3 los dientes también son robustos, pero su tamaño disminuye del borde exterior al borde interior. Los del faringobranquial 4 son delgados, agudos y disminuyen de tamaño de la región anterior a la región posterior.

Los dientes del borde exterior de cada hueso faríngeo inferior (ceratobranquial 5) son notablemente pequeños, pero aumentan de tamaño a medida que se acercan al borde interior, en donde los dientes son robustos y ligeramente romos.

También están presentes dientes pequeños en la lengua, el vómer, el palatino y unos muy finos sobre placas pequeñas distribuidas sobre el epitelio de la cavidad oral. Además, se observaron placas ovaladas con dientes en la cara interna del aparato hioideo y en el envés de los opérculos.

#### **Aspectos comparativos de la morfología de la cavidad bucofaringea de *C. hippos* con otras especies de Carángidos.** (Tabla 1).

Se reconoce un patrón morfológico de los elementos que conforman la cavidad bucofaringea en los carángidos, que concuerda con lo descrito anteriormente para otros teleosteos superiores, sin embargo, se reconocen algunas variaciones anatómicas.

Comparando el esqueleto visceral se encontró que en *S. vomer* el endopterigoides está ausente. En *C. hippos*, *C. chrysurus*, *D. punctatus* y *S. vomer* el ectopterigoides desarrolla un largo proceso del cual se extiende el ligamento ectopterigoides-prefrontal; dichas estructuras no se presentan en *T. carolinus*. Solo en *C. hippos* el hiomandibular desarrolla la cresta lateral y la extensión posterior del suborbital 3. Por otra parte, en *S. vomer* el hiomandibular es notablemente estrecho; en las demás especies no se observa ninguna de estas dos variaciones. En *T. carolinus* se destaca que el premaxilar y el dentario son cortos, frágiles y sin dientes. En contraste, el premaxilar y dentario de *C. hippos* es robusto y presenta dentición bien desarrollada.

Las variaciones más notables de la musculatura visceral son las siguientes: en *C. hippos* el *adductor mandibulae* está bien desarrollado, contrario a lo observado en *S. vomer*. Los músculos *levatores externi*, *levatores interni* y *levator posterioris*, así como los *retractores dorsales*, se encuentran notablemente desarrollados en *T. carolinus*. En *C. hippos*, el músculo *levator arcus palatini* está dividido en dos secciones debido al desarrollo de la cresta del hiomandibular, que solo se presenta en esta especie.

La dentición está presente en el premaxilar, dentario, vómer, el palatino, la lengua y el aparato branquial en todas las especies, excepto en *C. chrysurus* que además lleva dientes en el ectoterigoides y endoterigoides, mientras que en *T. carolinus* solo está presente en las branquiespinas y en los huesos faringobranquiales, formando placas gruesas.

## **DISCUSIÓN**

La organización de la dentición, esqueleto y musculatura visceral de *Caranx hippos* corresponde al patrón descrito en otros perciformes carnívoros por Gregory (1959), Kobelkowsky (2007) y Kobelkowsky & Pantoja-Escobar (2007, 2009), y que es congruente con la estrategia trófica de los teleosteos superiores, que de acuerdo con Vandewalle *et al.* (2000) y Gerking (1994), implica que la presa es succionada por una corriente de agua generada por el abrupto descenso del piso de la cavidad bucofaringea, posteriormente la presa recorre dicha cavidad, donde es procesada por la dentición del aparato branquial, principalmente por los faringobranquiales superiores e inferiores. Lo anterior sugiere que el aparato branquial está relacionado directamente con el tipo de presa y en particular los dientes faríngeos. Esto corresponde a lo observado en *C. hippos* y en las especies analizadas con fines comparativos. El jurel *C. hippos* presenta las características típicas de un pez que se alimenta de otros teleosteos: dentición mandibular y faríngea bien desarrollada, así como también el músculo *adductor mandibulae*, bajo número de branquiespinas. Estas características también están descritas por Kobelkowsky & Pantoja-Escobar (2009) y por Winterbottom (1974), para *Lutjanus griseus*, un pez carnívoro depredador. Algunos autores como Fagade & Olaniyan (1973) y Saloman & Naughton (1984), analizaron la dieta de *C. hippos* y concluyen que se alimenta principalmente de peces y peneidos, lo cual de acuerdo con su anatomía es la dieta esperada.

En contraste, *Trachinotus carolinus* no presenta dentición mandibular y la faríngea está fusionada en gruesas placas, los músculos *levatores externi*, *interni*, *posterior*, *rectocomunis* y *pharyngooclaviculares internus* y *externus* están notablemente desarrollados, lo cual capacita a esta especie para el consumo de presas duras; Armitage & Alevizon (1980) y Denadai *et al.* (2013) determinaron que la dieta de *T. carolinus* se basa en el consumo de bivalvos como *Dorax variabilis*, *Tellina spp.* *Tivela mactroides*.

La dentición mandibular de las demás especies no está muy desarrollada, la faríngea consta principalmente de dientes pequeños, redondeados, delgados y relativamente robustos, lo cual corresponde a peces que se alimentan de zooplankton y otras presas pequeñas, que concuerda con lo reportado para *C. chrysurus* por Chaves & Umbria (2003) y Cunha *et al.* (2000); para *D. punctatus*, fue reportado por Stanton (1987) y Donaldson & Clavijo (1994); y para *S. vomer*, por Buchheister & Latour (2015). De acuerdo con la Tabla 1 podemos enlistar algunas características de los peces que se alimentan principalmente de zooplankton, dentición mandibular poco desarrollada, alto número de branquiespinas y dientes faríngeos pequeños.

Tabla 1. Comparación de los elementos de la cavidad bucofaringea de *Caranx hippos*, *Chlorocombrus chrysurus*, *Decapterus punctatus*, *Selene vomer* y *Trachinotus carolinus*.

	<i>Caranx hippos</i> (Linnaeus, 1766)	<i>Chlorocombrus chrysurus</i> (Linnaeus, 1766)	<i>Decapterus punctatus</i> ( Cuvier, 1829)	<i>Selene vomer</i> (Linnaeus, 1758)	<i>Trachinotus carolinus</i> (Linnaeus, 1766)
Branquiespinas del primer arco	18	35	47	30	10
Esqueleto visceral	completo	completo	completo	sin endopterigoides	completo
Proceso del ectoterigoides	*	*	*	*	x
Cresta del hiomandibular	*	x	X	x	x
Cresta esfenótica	*	*	*	*	*
D. Premaxilar	Grandes y pequeños	pequeños	pequeños	muy pequeños	x
D. Dentario	Grandes y medianos	pequeños	pequeños	muy pequeños	x
D. Vomer	pequeños	pequeños	pequeños	pequeños	x
D. Palatino	pequeños	pequeños	pequeños	muy pequeños y romos	x
D. Lengua	pequeños	pequeños	delgados y medianos	muy pequeños y romos	x
D. Ectoterigoides	x	pequeños	X	x	x
D. Endoterigoides	x	pequeños	X	x	x
D. Faringobranquiales 2	robustos	robustos	medianos	robustos	fusionados
D. Faringobranquiales 3	robustos	redondeados	redondeados	robustos	fusionados
D. Faringobranquiales 4	delgados y agudos	delgados	delgados	robustos	fusionados
D. Faringeobranquiales inferiores	varían en diámetro	varían en diámetro	varían en diámetro	varían en diámetro	fusionados
Placas dentadas sobre el aparato braquial	*	*	*	muy abundantes	x
Placas dentadas sobre el epitelio oral	*	x	X	x	x
M. <i>Adductor mandibulae</i>	bien desarrollado	normal	normal	poco desarrollado	desarrollado
M. <i>Adductor arcuspalatini</i>	normal	poco desarrollado	normal	poco desarrollado	muy desarrollado
M. <i>Levatores externi e interni</i>	normal	poco desarrollado	normal	normal	muy desarrollados
M. <i>Retractor dorsalis</i>	normal	normal	normal	normal	muy desarrollado
M. <i>Dilatator operculi</i> extendido hasta la Cef	*	*	*	*	*
Branquiespinas del primer arco	18	35	47	30	10
Esqueleto visceral	completo	completo	completo	sin endopterigoides	completo
Proceso del ectoterigoides	*	*	*	*	x
Cresta del hiomandibular	*	x	X	x	x
Cresta esfenótica	*	*	*	*	*
D. Premaxilar	Grandes y pequeños	pequeños	pequeños	muy pequeños	x
D. Dentario	Grandes y medianos	pequeños	pequeños	muy pequeños	x

	<i>Caranx hippos</i> (Linnaeus, 1766)	<i>Chloroscombrus chrysurus</i> (Linnaeus, 1766)	<i>Decapterus punctatus</i> (Cuvier, 1829)	<i>Selene vomer</i> (Linnaeus, 1758)	<i>Trachinotus carolinus</i> (Linnaeus, 1766)
D. Vomer	pequeños	pequeños	pequeños	pequeños	x
D. Palatino	pequeños	pequeños	pequeños	muy pequeños y romos	x
D. Lengua	pequeños	pequeños	delgados y medianos	muy pequeños y romos	x
D. Ectoterigoides	x	pequeños	X	x	x
D. Endoterigoides	x	pequeños	X	x	x
D. Faringobranquiales 2	robustos	robustos	medianos	robustos	fusionados
D. Faringobranquiales 3	robustos	redondeados	redondeados	robustos	fusionados
D. Faringobranquiales 4	delgados y agudos	delgados	delgados	robustos	fusionados
D. Faringeobranquiales inferiores	varían en diámetro	varían en diámetro	varían en diámetro	varían en diámetro	fusionados
Placas dentadas sobre el aparato braquial	*	*	*	muy abundantes	x
Placas dentadas sobre el epitelio oral	*	x	X	x	x
M. <i>Adductor mandibulae</i>	bien desarrollado	normal	normal	poco desarrollado	desarrollado
M. <i>Adductor arcuspalatini</i>	normal	poco desarrollado	normal	poco desarrollado	muy desarrollado
M. <i>Levatores externi e interni</i>	normal	poco desarrollado	normal	normal	muy desarrollados
M. <i>Retractor dorsalis</i>	normal	normal	normal	normal	muy desarrollado
M. <i>Dilatator operculi</i>	*	*	*	*	*
extendido hasta la Cef					

Los \* = presencia, x= ausencia, D = dentición, M = músculo y Cef = cresta esfenótica

De las especies antes mencionadas, sobresale *Selene vomer*, en el cual el músculo *adductor mandibulae* está poco desarrollado en comparación con *C. hippos*, *C. chrysurus* y *D. punctatus*, pero muy similar al del lenguado *Syacium papillosum* descrito por Kobelkowsky & Rojas-Ruiz (2017), el cual también es un pez muy comprimido.

De las variaciones morfológicas encontradas destacan el proceso del ectoterigoides y el ligamento ectoterigoides-prefrontal, el desarrollo de la cresta del hiomandibular que solo se presenta en *C. hippos*, y el desarrollo de la cresta esfenótica. A pesar que Kong & Iratchet (1998) describen el neurocráneo de varias especies de carángidos, no mencionan la cresta, solo hacen referencia al hueso esfenótico; y por último, la notable extensión del músculo *dilatador operculi*. Estas dos últimas podrían ser características de la familia Carangidae, anteriormente no descritas.

De acuerdo con lo anterior, se concluye que *C. hippos* es una especie morfológicamente bien adaptada a una dieta de tipo carnívora principalmente piscívora, pues presenta las características típicas de un pez depredador, tales como capacidad de expansión de la cavidad bucofaringea, dentición mandibular bien desarrollada, bajo número de branquiespinas, dientes faríngeos cónicos y curvos (lo que impide que la presa escape), así como un músculo *adductor mandibulae* bien de-

sarrollado. Además, una gran cantidad de placas pequeñas con dientes finos en el epitelio de la cavidad oral, lo que sugiere un posible aumento en la eficiencia del descamado de la presa.

## AGRADECIMIENTOS

Este estudio fue financiado por la Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Iztapalapa. Omar Beltrán-Vinalay contó con el apoyo del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) a través de la beca: CVU 637144. La versión del Abstract fue elaborada por Tania Kobelkowsky-Vidrio.

## REFERENCIAS

- ARMITAGE, T. M. & W. S. ALEVIZON. 1980. The diet of the Florida pompano (*Trachinotus carolinus*) along the east coast of central Florida. *Florida Scientist* 43 (1): 19-26. DOI: <https://doi.org/10.1111/jwas.12809>
- ARREGUÍN-SÁNCHEZ F. & E. ARCOS-HUITRON. 2011. La pesca en México: estado de la explotación y uso de los ecosistemas. *Hidrobiológica* 21 (3): 431-462. Recuperado a partir de <https://hidrobiologica.izt.uam.mx/index.php/revHidro/article/view/773>

- BUCHHEISTER, A. & R. J. LATOUR. 2015. Diets and trophic-guild structure of a diverse fish assemblage in Chesapeake Bay, USA. *Journal of Fish Biology* 86 (3): 967-992. DOI: 10.1111/jfb.12621
- CASTRO-AGUIRRE, J. L., H. ESPINOSA & J. J. SCHMITTER-SOTO. 1999. *Ictiofauna estuarina, lagunar y vicaria de México*. Limusa, México, D. F. 704 p.
- CHAVES, P. T. & S. C. UMBRIA. 2003. Changes in the diet composition of transitory fishes in coastal systems, estuary, and continental shelf. *Brazilian Archives of Biology and Technology* 46: 41-46. DOI: 10.1590/S1516-89132003000100007
- CUNHA, F. E. A., J. E. P., FREITAS, C.V. FEITOSA & C. MONTEIRO-NETO. 2000. Biología e biometria da palombeta *Chloroscombrus chrysurus* (Linnaeus, 1766) (Teleostei: Carangidae) em Fortaleza, Ceará, Brasil. *Arquivos de Ciências do Mar* 33 (1-2): 143-148. Recuperado a partir de [https://repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/54495/1/2000\\_art\\_feacunha.pdf](https://repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/54495/1/2000_art_feacunha.pdf)
- DENADAI, M. R., F. B. SANTOS, E. BESSA, W. S. FERNANDEZ, F. SCALOPPE & A. TURRA. 2013. Population biology and diet of the pompano *Trachinotus carolinus* (Perciformes: Carangidae) in Caraguatatuba Bay, Southeastern Brazil. *Journal of Marine Biology & Oceanography* 2:2. DOI: 10.4172/2324-8661.1000108
- Donaldson, P. L. & I. E. Clavijo. 1994. Diet of round scad (*Decapterus punctatus*) on a natural and an artificial reef in Onslow Bay, North Carolina. *Bulletin of Marine Science* 55 (2-3): 501-509. Recuperado a partir de <https://www.ingentaconnect.com/content/umrsmas/bullmar/1994/00000055/f0020002/art00021#>
- ESTUPIÑÁN-MONTAÑO, C., L. G. CEDENO-FIGUEROA & F. GALVÁN-MAGAÑA. 2009. Hábitos alimentarios del tiburón martillo *Sphyrna lewini* (Griffith & Smith, 1834) (Chondrichthyes) en el Pacífico ecuatorial. *Revista de Biología Marina y Oceanografía* 44(2): 379-386. DOI: 10.4067/S0718-19572009000200011
- FAGADE, S. O. & C. I. O. OLANIYAN. 1973. The food and feeding interrelationship of the fishes in the Lagos lagoon. *Journal of Fish Biology* 5 (2): 205-225. DOI: 10.1111/j.1095-8649.1973.tb04449.x
- GERKING, S. D. 1994. *Feeding Ecology of fish*. Academic Press, San Diego. 416p.
- Gregory W. K. 1959. *Fish skull*. A study of evolution of natural mechanisms. 481 p.
- HOFFMAYER, E. R. & G. R. PARSONS. 2003. Food habits of three shark species from the Mississippi sound in the northern Gulf of Mexico. *Southeastern Naturalist* 2(2): 271-280. DOI: 10.1656/15287092(2003)002[0271:FHOTSS]2.0.CO;2
- JÚNIOR, T. V., C. M. VOOREN & R. P. LESSA. 2004. Feeding habits of four species of Istiophoridae (Pisces: Perciformes) from northeastern Brazil. *Environmental Biology of Fishes* 70: 293-304. DOI: 10.1023/B:EBFI.0000033345.53182.b9
- KOBELKOWSKY D. A. 2007. El sistema digestivo de *Elops saurus* (Teleostei: Elopidae). *Vertebrata Mexicana* 20: 1-7.
- KOBELKOWSKY D. A. & O. BELTRÁN-VINALAY. 2020. Morfología de la cavidad visceral del pez jorobado *Selene vomer* (Teleostei: Carangidae). *Revista de biología marina y oceanografía* 55 (2): 150-159. DOI: 10.22370/rbmo.2020.55.2.2500
- KOBELKOWSKY D. A. & L. G. FIGUEROA. 2018. Anatomía del sistema digestivo del pescado blanco *Chirostoma humboldtianum* (Teleostei: Atherinopsidae). *Hidrobiológica* 28 (1): 37-50. DOI: 10.24275/uam/izt/dcbshidro/2018v28n1/Kobelkowsky
- KOBELKOWSKY D. A. & O. PANTOJA-ESCOBAR, 2009. Morfología del sistema digestivo del pargo gris *Lutjanus griseus* (Teleostei: Lutjanidae). *Vertebrata Mexicana* 22: 1-11.
- KOBELKOWSKY D. A. & O. PANTOJA-ESCOBAR. 2007. Morfología del sistema digestivo de la berrugata *Menticirrhus saxatilis* (Teleostei: Sciaenidae). *Hidrobiológica* 17 (2): 159-168. Recuperado a partir de <https://hidrobiologica.izt.uam.mx/index.php/revHidro/article/view/987>
- KOBELKOWSKY D. A. & M. I. ROJAS-RUIZ. 2017. Anatomía comparada del sistema digestivo de los lenguados *Syacium papillosum* y *Syacium gunteri* (Pleuronectiformes: Paralichthyidae). *Revista de biología marina y oceanografía* 52 (2): 255-273. DOI: 10.4067/S0718-19572017000200006
- KONG I. & P. IRATCHET. 1998. Análisis osteológico comparado del neurocráneo de *Trachurus murphyi* (Nichols, 1920), *Caranx caballus* (Günther, 1868), *Seriola lalandi* (Valenciennes, 1833), *Trachinotus paitensis* (Cuvier, 1832), *Selene peruviana* (Guichenot, 1866) y *Selene brevoortii* (Gill, 1863), (Pisces: Carangidae). *Revista de Biología Marina y Oceanografía* 33 (1): 3-23. Recuperado de <https://rbmo.uv.cl/escaneados/331-3.pdf>
- NELSON J. S., T. C. GRANDE & M. V. H. WILSON. 2016. *Fishes of the world*, John Wiley & Sons, Hoboken. 711 p.
- SAGARPA. 2019. Anuario Estadístico de Acuicultura y Pesca 2019 de la Comisión Nacional de Acuicultura y Pesca Gobierno de México. 291p. También disponible en la página <https://www.gob.mx/cona-pesca/documentos/anuario-estadistico-de-acuicultura-y-pesca> (Consultado el 13 de septiembre 2020)
- SALOMAN C. H. & NAUGHTON, S. P. 1984. Food of crevalle jack (*Caranx hippos*) of Florida, Louisiana y Texas. 37p. Also available at: <https://repository.library.noaa.gov/view/noaa/5561> (downloads September 13, 2022)
- STANTON I. 1987. Distribution, abundance, reproduction, food habits, age, and growth of round scad, *Decapterus punctatus*, in the south Atlantic bight. *Fishery bulletin* 85 (2): 251-268. Also available at: <https://spo.nmfs.noaa.gov/sites/default/files/pdf-content/1987/852/hales.pdf> (downloads September 10, 2022)
- VANDEWALLE, P., E. PARMENTIER & M. CHARDON. 2000. The branchial basket in teleost feeding. *Cybiurn* 24 (4): 319-342. Also available at: <https://sfi-cybiurn.fr/sites/default/files/pdfs-cybiurn/03.vandewalle.pdf> (downloads September 10, 2022)
- VÁZQUEZ-OZUNA, M. I., G., CERDENARES-LADRÓN DE GUEVARA, A. A. ROJAS-HERRERA, J. VIOLANTE-GONZÁLEZ, S. GARCÍA-IBAÑEZ & V. M. ROSAS-GUERRERO. 2020. Hábitos alimenticios de *Caranx vinctus* (Perciformes: Carangidae), especie de importancia comercial en la bahía de Acapulco, Guerrero, México. *Revista de Biología Tropical* 68(3): 752-764. DOI: 10.15517/RBT.V68I3.40561
- WINTERBOTTOM R. A. 1974. A descriptive synonymy of the striated muscles of the Teleostei. *Proceedings of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia* 125 (12): 225-317. DOI: 10.2307/4064691