



Casa abierta al tiempo

# UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA

DIVISIÓN DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y DE LA SALUD  
POSGRADO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS Y DE LA SALUD

“MORFOLOGÍA TRÓFICA DE LOS PECES DE LA FAMILIA CARANGIDAE DEL GOLFO DE  
MÉXICO (TELEOSTEI: PERCIFORMES)”

TESIS

Que para obtener el grado de  
DOCTOR EN CIENCIAS BIOLÓGICAS Y DE LA SALUD

PRESENTA

M. en Biól. Omar Beltrán Vinalay

2192802094

obv13@hotmail.com

ORCID: 0000-0001-7673-9563

DIRECTOR

Dr. Abraham Kobelkowsky Díaz

Jurado

PRESIDENTE

Dr. Abraham Kobelkowsky Díaz

SECRETARIO

Dr. Manuel Castillo Rivera

VOCAL

Dr. Gerardo Figueroa Lucero

VOCAL

Dra. Martina Medina Nava

VOCAL

Dr. Ernesto Velázquez Velázquez

Iztapalapa, Ciudad de México, 25 noviembre 2024.

El presente trabajo fue realizado en los Laboratorio de “Peces” del Departamento de Biología de la Universidad Autónoma Metropolitana, bajo la dirección del Dr. Abraham Kobelkowsky Díaz del Departamento de Biología. El asesoramiento del presente trabajo estuvo a cargo del Dr. Manuel Castillo Rivera del Departamento de Biología y del Dr. Gerardo Figueroa Lucero del Departamento de Hidrobiología.

El autor agradece al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONAHcyT) por la beca otorgada para sus estudios de doctorado, con el número de registro 637144, que comprendió del periodo de 9-sep-2019 al 31-ago-2023. El Doctorado de Ciencias Biológicas y de la Salud de la Universidad Autónoma Metropolitana pertenece al Sistema Nacional de Posgrados del CONAHcyT, con número de referencia 001480.



# CONAHcyT

CONSEJO NACIONAL DE HUMANIDADES  
CIENCIAS Y TECNOLOGÍAS

El jurado designado por La Comisión Académica del Doctorado en Ciencias Biológicas y de la Salud, de la Universidad Autónoma Metropolitana aprobó la tesis que presentó:

Nombre del alumno: Omar Beltrán Vinalay

Fecha de aprobación de la tesis: 25-11-2024

JURADO:



Dr. Abraham Kobelkowsky Díaz

Presidente

Dr. Manuel Castillo Rivera

Secretario

Dr. Gerardo Figueroa Lucero

Vocal

Dra. Martina Medina Nava

Vocal

Dr. Ernesto Velázquez Velázquez

Vocal

## **AGRADECIMIENTOS**

En especial le agradezco a mi mentor el Dr. Kobelkowsky por su apoyo durante todos estos años que he sido su alumno. Para mí fue un gusto que compartiera conmigo su conocimiento, permitiéndome crecer no sólo en lo académico si no también en lo personal. Siempre será un ejemplo de vida, por lo cual, uno de mis mayores deseos es colaborar con usted como colega en un futuro. Y seguir disfrutando de su conversación.

Asimismo, agradezco a cada uno de los integrantes de mi familia quienes fueron y son la motivación para seguir adelante.

Al Dr. Manuel Castillo y al Dr. Gerardo Figueroa por su apoyo y motivación

A la Dra. Martina Medina Nava y al Dr. Ernesto Velázquez Velázquez quienes revisaron el presente trabajo, les agradezco su tiempo y sus aportes.

Y por último agradezco, a todos los que fuimos compañeros en el laboratorio de peces ubicado en el R-032 del 2014 al 2025, gracias a todos.



Casa abierta al tiempo

## UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA

### Declaración de originalidad

El que suscribe Omar Beltrán Vinalay, alumno del Doctorado en Ciencias Biológicas y de la Salud, de la División de Ciencias Biológicas y de la Salud, de la Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Iztapalapa, y autor de la tesis o titulada: "Morfología trófica de los peces de la familia Carangidae del Golfo de México (Teleostei: Perciformes)",

Declaro que:

1. La tesis que presento ante el Doctorado en Ciencias Biológicas y de la Salud, para lo obtención del grado de Doctor es de mi autoría y original creación, producto del resultado de mi trabajo de investigación personal e individual; el cual cuenta con las correspondientes citas textuales del material bibliográfico utilizado y con el debido otorgamiento de los créditos autorales.
2. En la tesis no he reproducido párrafos completos; ilustraciones, fotografías, diagramas, cuadros y tablas, sin otorgamiento del crédito autoral y/o fuente correspondiente.
3. En consecuencia, relevo de toda responsabilidad a la Universidad Autónoma Metropolitana de cualquier demanda o reclamación que llegara a formular alguna persona física o moral que se considere con derecho sobre la tesis o idónea comunicación de resultados, respondiendo por la autoría y originalidad de la misma, asumiendo todas las consecuencias económicas y jurídicas si ésta no fuese de mi creación.

La presente declaración de originalidad se firma en la Ciudad de México el 25 de noviembre del 2024.

Atentamente

Omar Beltrán Vinalay

*Este documento debe ser firmado con tinta azul y debe anexarse copia en la tesis o idónea comunicación de resultados (tesina, reporte, etc.), el documento original será conservado por el Coordinador del Posgrado.*



#### DOCTORADO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS Y DE LA SALUD

**UNIDAD CUAJIMALPA**  
Av. Vasco de Quiroga 4871  
Col. Santa Fe,  
Cuajimalpa de Morelos  
C.P. 05300, Cd. México  
55 5814 6500 ext. 6534

**UNIDAD IZTAPALAPA**  
Av. Ferrocarril San Rafael  
Atlixco 186, Col. Leyes de  
Reforma 1a Sección, Iztapalapa  
C.P. 09310, Cd. México  
55 5804 4600 ext. 3461

**UNIDAD LERMA**  
Av. De las Garzas 10  
Col. El Panteón,  
Lerma de Villada  
C.P. 52005, Edo. de México  
72 8282 7002 ext. 2002

**UNIDAD XOCHIMILCO**  
Calz. del Hueso 1100,  
Col. Villa Quietud,  
Coyoacán  
C.P. 04960, Cd. México  
55 5483 7000 ext. 7504

[doctoradocbs@correo.uam.mx](mailto:doctoradocbs@correo.uam.mx)

<http://posgradocbs.uam.mx>



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA**

### Carta de Cesión de Derechos

En la Ciudad de México, el día 25 de noviembre del año 2024, quien suscribe Omar Beltrán Vinalay, alumno del Doctorado en Ciencias Biológicas y de la Salud de la Universidad Autónoma Metropolitana, manifiesta que es autor intelectual de la tesis titulada “Morfología trófica de los peces de la familia Carangidae del Golfo de México (Teleostei: Perciformes)”, bajo la dirección del Comité Tutoral conformado por Dr. Abraham Kobelkowsky Díaz, Dr. Manuel Castillo Rivera, y de Dr. Gerardo Figueroa Lucero, cede los derechos del trabajo de tesis a la Universidad Autónoma Metropolitana para su difusión, con fines académicos y de investigación.

Los usuarios de la información no deben reproducir el contenido textual, gráficas o datos del trabajo sin permiso expreso del autor o del Comité Tutoral del trabajo. Con el fin de solicitar autorización, los usuarios podrán escribir al correo electrónico [obv13@hotmail.com](mailto:obv13@hotmail.com); si el permiso es otorgado, el usuario deberá dar el seguimiento correspondiente y citar la fuente del mismo.

Omar Beltrán Vinalay  
Matricula: 2192802094



#### DOCTORADO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS Y DE LA SALUD

**UNIDAD CUAJIMALPA**  
Av. Vasco de Quiroga 4871  
Col. Santa Fe,  
Cuajimalpa de Morelos  
C.P. 05300, Cd. México  
55 5814 6500 ext. 6534

**UNIDAD IZTAPALAPA**  
Av. Ferrocarril San Rafael  
Atlixco 186, Col. Leyes de  
Reforma 1a Sección, Iztapalapa  
C.P. 09310, Cd. México  
55 5804 4600 ext. 3461

**UNIDAD LERMA**  
Av. De las Garzas 10  
Col. El Panteón,  
Lerma de Villada  
C.P. 52005, Edo. de México  
72 8282 7002 ext. 2002

**UNIDAD XOCHIMILCO**  
Calz. del Hueso 1100,  
Col. Villa Quietud,  
Coyoacán  
C.P. 04960, Cd. México  
55 5483 7000 ext. 7504

[doctoradocbs@correo.uam.mx](mailto:doctoradocbs@correo.uam.mx)

<http://posgradocbs.uam.mx>

## ÍNDICE

RESUMEN .....	14
ABSTRACT.....	16
1. INTRODUCCIÓN.....	18
2. MARCO TEÓRICO.....	20
2.1. VARIACIONES MORFOLÓGICAS RELACIONADAS CON LA ALIMENTACIÓN. ....	20
2.2. MORFOLOGÍA DEL CUERPO .....	20
2.3. TRACTO DIGESTIVO .....	21
Cavidad bucofaríngea .....	22
Boca .....	22
Cavidad oral.....	24
Dientes.....	25
Cavidad faríngea.....	27
Aparato branquial.....	27
Cavidad visceral.....	29
Tubo digestivo .....	30
El esófago .....	30
El estómago .....	30
Los ciegos pilóricos o duodenales .....	31
El intestino.....	32
2.3 PARTICIPACIÓN DE LOS ÓRGANOS SENSORIALES DE LA VISTA, LÍNEA LATERAL Y OÍDO EN LA ALIMENTACIÓN.....	33
PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN .....	35
HIPÓTESIS.....	35
OBJETIVO GENERAL .....	35
OBJETIVOS ESPECÍFICOS O PARTICULARES .....	35
MATERIALES Y MÉTODOS .....	36
RESULTADOS.....	42
DISCUSIÓN .....	133
CONCLUSIONES .....	146
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	152
ANEXOS.....	166

## ÍNDICE DE FIGURAS

- Fig. 1. Formas corporales de los carángidos seleccionados ..... 36
- Fig. 2 La grafica muestra los valores del primer y segundo componente principal de las variables morfológicas que indican la separación entre especies (▲) *Caranx hippos*, (○) *Chloroscombrus chrysurus*, (●) *Decapterus punctatus*, (△) *Selene vomer* (□) *Trachinotus carolinus*. ..... 74
- Fig. 3. A) Morfología externa de *Caranx hippos* a) ubicación de la cavidad bucofaríngea y b) ubicación de la cavidad visceral y B) Distribución de los canales del sistema de la línea lateral. .... 83
- Fig. 4. Esqueleto visceral de *Caranx hippos*. Series mandibular, palatina, suspensión mandibular y opercular, A) Vista lateral izquierda B) Vista lateral izquierda de la serie palatina y suspensión mandibular incluyendo el suborbital 3, C) Vista de la superficie interna de la serie palatina y la suspensión mandibular, a) cresta hiomandibular b) proceso anterior del ectoterigoides, c) Suborbital 3 y d) Fotografía de los dientes palatinos. .... 84
- Fig. 5. A) Mandíbulas de *Caranx hippos*. a) Vista lateral izquierda y b) Vista interna de la mandíbula izquierda y B) a) Premaxilar y b) dentario en vista a y b vista dorsal, a' y b' lateral izquierda, a'' y b'' ..... 85
- Fig. 6. Vista de lateral izquierda los huesos que forman la cavidad oral. A) apariencia con la barra hioidea izquierda y B) sin la barra hioidea izquierda y detalle de la ubicación del urohial. .... 86
- Fig. 7. Detalle del neurocráneo de *Caranx hippos*. A) Vista lateral izquierda, B) Vista dorsal y C) Vista ventral ..... 87
- Fig. 8. Aparato branquial de *Caranx hippos* A) Vista dorsal del aparato branquial, B) Detalle las placas dentadas sobre el aparato branquial, C) Fotografía de las placas dentadas de la lengua y D) detalle de las branquiespinas. .... 88
- Fig. 9. Esqueleto del aparato branquial de *Caranx hippos*. A) vista lateral del aparato branquial, B) vista dorsal y C) ventral de aparato branquial, E) detalle de los faríngeos superiores y E) Detalle de los faríngeos inferiores. .... 89
- Fig. 10. Aparato hioideo de *Caranx hippos*. A) vista ventral del esqueleto del aparato hioideo, B) vista lateral de la barra hioidea izquierda, C) vista interna de la barra hioidea, D y E) corte transversal del urohial. .... 90
- Fig. 11. Musculatura mandibular de *Caranx hippos*. A) Musculatura mandibular y opercular, B) Apariencia de la región cefálica con suborbitales y C) detalle del músculo *intermandibularis* y parte de la *Sección AW*. .... 91
- Fig. 12. Musculatura de aparato branquial de *Caranx hippos* A) Musculatura que relaciona al aparato branquial con la cintura escapular y el aparato hioideo y B) Detalle de la musculatura que relaciona al aparato branquial con el neurocráneo y la columna vertebral. .... 92
- Fig. 13. Musculatura del aparato hioideo de *Caranx hippos*. A) Vista lateral de la

	<p>musculatura del aparato hioideo B) vista ventral del <i>músculo protractor hyoidei</i>,  C) Detalle del <i>músculo intermandibularis</i> y de los <i>músculos hyohyoidei</i>  abductores después de retirar el <i>músculo protractor hyoidei</i>. .... 93</p>
Fig. 14.	<p>Musculatura del aparato branquial de <i>Caranx hippos</i>. A) Musculatura dorsal  del aparato branquial B) Musculatura ventral del aparato branquial. .... 94</p>
Fig. 15.	<p>Cavidad visceral de <i>Caranx hippos</i> A) Distribución de la organografía de <i>C.</i>  <i>hippos</i>, las flechas muestran los lugares donde realizaron cortes B) Cortes  transversales de cavidad a) apariencia de la cavidad sin la masa visceral, a')  corte a nivel de la vertebra 3 y b) corte a nivel de la vertebra..... 95</p>
Fig. 16.	<p>Límites de la cavidad visceral de <i>Caranx hippos</i>. A) Detalle de los huesos  que delimitan la cavidad visceral de <i>C. hippos</i> y B) masa visceral de <i>C. hippos</i>.  ..... 96</p>
Fig. 17.	<p>Sistema urogenital de <i>C. hippos</i>, a) Vista lateral izquierda del sistema  urogenital, se aprecia el conducto arquinéfrico izquierdo, vejiga urinaria y  testículo izquierdo, b) apariencia sin testículo izquierdo, se observa el derecho  con sus conductos, c y d) detalles de los ovarios y sus conductos. .... 97</p>
Fig. 18.	<p>Vistas del tubo digestivo de <i>Caranx hippos</i> incluyendo el hígado a) dorsal,  b) anterior, c) izquierda, d) derecha y e) ventral. .... 98</p>
Fig. 19.	<p>Apariencia del tubo digestivo de <i>Caranx hippos</i> A) Vista izquierda sin hígado  B) vista derecha sin hígado, C) y D) vista izquierda y derecha solamente del  tubo digestivo..... 99</p>
Fig. 20.	<p>Corte longitudinal del tubo digestivo de <i>Caranx hippos</i> ..... 100</p>
Fig. 21.	<p>Morfología externa de <i>Chloroscombrus chrysurus</i>. A) ubicación de la  cavidad bucofaríngea (a) y ubicación de la cavidad visceral (b) y B) Distribución  de los canales del sistema de la línea lateral. .... 101</p>
Fig. 22.	<p>Región cefálica de <i>Chloroscombrus chrysurus</i>. A) Esqueleto visceral, arco  mandibular, serie palatina, suspensión mandibular y serie opercular y B)  Musculatura de la región cefálica. .... 102</p>
Fig. 23.	<p>A) Cavidad bucofaríngea y musculatura del aparato branquial de  <i>Chloroscombrus chrysurus</i> y B) Premaxilar (a) y dentario (b) en vista: en lateral  izquierda a y b; interna a' y b'; y dorsal a'' y b''..... 103</p>
Fig. 24.	<p>Aparato branquial de <i>Chloroscombrus chrysurus</i>. A) Vista dorsal del aparato  branquial con branquiespinas y sin filamentos branquiales. B) Esqueleto del  aparato branquial. C) Detalle de las branquiespinas. D) detalle de los huesos  faríngeos superiores y E, F, G) Detalle de los faríngeos inferiores. .... 104</p>
Fig. 25.	<p>Cavidad visceral de <i>Chloroscombrus chrysurus</i>. A) Límites de la cavidad  visceral y organografía y B) masa visceral. .... 105</p>
Fig. 26.	<p>Sistema urogenital de <i>Chloroscombrus chrysurus</i>. A) Vista izquierda del  sistema urogenital, se aprecia el conducto arquinéfrico, la vejiga urinaria y  testículo. B) apariencia al retirar el testículo izquierdo permitiendo ver el  derecho y sus conductos, C y D) detalle de los ovarios y sus conductos. ... 106</p>

- Fig. 27. Tubo digestivo de *Chloroscombrus Chrysurus*. A) Vista dorsal, B) Vista izquierda, C) Vista derecha, D) Aspecto después de retirar parte el hígado y E) vesícula biliar y sus conductos. .... 107
- Fig. 28. Morfología externa de *Decapterus punctatus*. A) ubicación de la cavidad bucofaríngea (a) y ubicación de la cavidad visceral (b) y B) Distribución de los canales del sistema de la línea lateral..... 108
- Fig. 29. Región cefálica de *Decapterus punctatus*. A) Esqueleto visceral, arco mandibular, serie palatina, suspensión mandibular y serie opercular y B) Musculatura de la región cefálica. .... 109
- Fig. 30. A) Cavidad bucofaríngea y musculatura del aparato branquial de *Decapterus punctatus* y B) Premaxilar (a) y dentario (b) en vista: en lateral izquierda a y b; interna a' y b'; y dorsal a'' y b''. .... 110
- Fig. 31. Aparato branquial de *Decapterus punctatus*. A) Vista dorsal del aparato branquial con branquiespinas y sin filamentos branquiales B) Fotografía de los dientes linguales. C) Detalle de las branquiespinas. D y E) Detalle de los huesos faríngeos inferiores y superiores. .... 111
- Fig. 32. Esqueleto del aparato branquial de *Decapterus punctatus*. A) Vista izquierda del aparato branquial con branquiespinas y sin filamentos branquiales. B) Vista dorsal del esqueleto del aparato branquial y C) Vista ventral del esqueleto del aparato branquial. .... 112
- Fig. 33. Cavidad visceral de *Decapterus punctatus*. A) Límites de la cavidad visceral y organografía y B) masa visceral. .... 113
- Fig. 34. Sistema urogenital de *Decapterus punctatus*. A) Vista izquierda del sistema urogenital, se aprecia el conducto arquinéfrico, vejiga urinaria y testículo. B) apariencia al retirar el testículo izquierdo permitiendo ver el derecho y sus conductos, C y D) detalle de los ovarios y sus conductos. .... 114
- Fig. 35. Tubo digestivo de *Decapterus punctatus*. A) Vista dorsal, B) vista anterior C) Vista izquierda, D) Vista derecha, E) Vista ventral..... 115
- Fig. 36. Morfología externa de *Selene vomer*. A) Ubicación de la cavidad bucofaríngea (a) y ubicación de la cavidad visceral (b) y B) Distribución de los canales del sistema de la línea lateral..... 116
- Fig. 37 . A) Esqueleto visceral de *Selene vomer*, Arco mandibular, serie palatina, suspensión mandibular. B) Vista interna donde se observan los rebordes del ectoterigoides y del palatino y C) Mandíbula y el disco cartilaginoso que se ubica entre el palatino y el premaxilar. .... 117
- Fig. 38. Musculatura cefálica de *Selene vomer*. .... 118
- Fig. 39. A) Cavidad bucofaríngea de *Selene vomer* y B) Premaxilar (a) y dentario (b) en vista: en lateral izquierda a y b; interna a' y b'; y dorsal a'' y b''. .... 119
- Fig. 40. Aparato branquial de *Selene vomer* A) Vista dorsal del aparato branquial con branquiespinas y sin filamentos branquiales B) Detalle de las placas dentadas sobre los huesos basibranquiales C) Detalle de las branquiespinas.

.....	120
Fig. 41. Esqueleto del aparato branquial de <i>Selene vomer</i> . A) Vista dorsal, B) ventral y C) Detalle de los faríngeos superiores y D) Detalle de los faríngeos inferiores.	121
Fig. 42. Cavity visceral de <i>Selene vomer</i> . A) Límites de la cavity visceral y organografía y B) masa visceral.....	122
Fig. 43. Sistema urogenital de <i>Selene vomer</i> . A) Vista izquierda del sistema urogenital, se aprecia el conducto arquinéfrico, vejiga urinaria y testículo. B) apariencia al retirar el testículo izquierdo permitiendo ver el derecho y sus conductos, C y D) detalle de los ovarios y sus conductos. ....	123
Fig. 44. Tubo digestivo de <i>Selene vomer</i> . A) Vista dorsal, B) Vista izquierda, C) Vista derecha, D) vista dorsal del hígado, E y F) Vista izquierda y derecha del tubo digestivo sin hígado. ....	124
Fig. 45. Morfología externa de <i>Trachinotus carolinus</i> A) Ubicación de la cavity bucofaríngea y visceral y B) Canales del sistema de la línea lateral a) fotografía de los canales y poros suborbitales, b) fotografía de parte de los canales y poros de la temporales y c) fotografía de parte de los poros supratemporales. ....	125
Fig. 46. Región cefálica de <i>Trachinotus carolinus</i> . A) Esqueleto visceral, arco mandibular, serie palatina, suspensión mandibular y serie opercular y B) Musculatura de la región cefálica.....	126
Fig. 47. Cavity bucofaríngea de <i>Trachinotus carolinus</i> y B) Premaxilar (a) y dentario (b) en vista: en lateral izquierda a y b; interna a' y b'; y dorsal a" y b".	127
Fig. 48. Aparato branquial del <i>Trachinotus carolinus</i> . A) Vista izquierda del aparato branquial con branquiespinas y sin laminillas branquiales y B) Vista dorsal del aparato branquial incluyendo la musculatura. ....	128
Fig. 49. Esqueleto de aparato branquial de <i>Trachinotus carolinus</i> . A) Vista dorsal, B) vista ventral y C) Detalle de los huesos faríngeos inferiores y superiores; a) vista lateral izquierda, b) Vista dorsal y c) vista ventral de los faríngeos superiores.	129
Fig. 50. Cavity visceral de <i>Trachinotus carolinus</i> A) Límites de la cavity visceral y organografía y B) masa visceral.....	130
Fig. 51. Sistema urogenital de <i>Trachinotus carolinus</i> A) Vista lateral izquierda del sistema urogenital, conducto arquinéfrico izquierdo, vejiga urinaria y testículo B) Apariencia al retirar el testículo izquierdo permitiendo ver testículo derecho y sus conductos, C y D) detalle de los ovarios y sus conductos. ....	131
Fig. 52. Tubo digestivo de <i>Trachinotus carolinus</i> . A) Vista dorsal, B) Vista anterior, C) Vista izquierda, D) Vista derecha y E) Vista ventral. ....	132
Fig. 53. <i>Caranx hippos</i> . ....	167
Fig. 54. <i>Chloroscombrus chrysurus</i> . ....	167
Fig. 55. <i>Decapterus punctatus</i> .....	168

Fig. 56. <i>Selene vomer</i> .....	168
Fig. 57. <i>Trachinotus carolinus</i> .....	169

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Índices ecomorfológicos propuestos .....	41
Tabla 2. Medidas promedio en mm y características morfológicas de <i>Caranx hippos</i> , <i>Selene vomer</i> , <i>Chloroscombrus chrysurus</i> , <i>Decapterus punctatus</i> y <i>Trachinotus carolinus</i> . .....	64
Tabla 3. Comparación de los resultados obtenidos al calcular los índices ecomorfológicos de las cinco especies de la familia Carangidae. ....	65
Tabla 4. Comparación de los huesos que forman al esqueleto visceral de <i>Caranx hippos</i> , <i>Chloroscombrus chrysurus</i> , <i>Decapterus puntactus</i> y <i>Trachinotus carolinus</i> . ....	66
Tabla 5. Comparación de los elementos de la musculatura visceral de <i>Caranx hippos</i> , <i>Chloroscombrus chrysurus</i> , <i>Decapterus punctatus</i> , <i>Selene vomer</i> y <i>Trachinotus carolinus</i> . ....	67
Tabla 6. Comparación de la dentición de <i>Caranx hippos</i> , <i>Chloroscombrus chrysurus</i> , <i>Decapaterus punctatus</i> , <i>Selene vomer</i> y <i>Trachinotus carolinus</i> . ..	68
Tabla 7. Comparación de la organografía de la cavidad visceral de <i>Caranx hippos</i> , <i>Selene vomer</i> , <i>Chloroscombrus chrysurus</i> , <i>Decapterus punctatus</i> y <i>Trachinotus carolinus</i> . EH= espina hemal. ....	69
Tabla 8. Comparación de aspectos de la morfología gruesa de los principales órganos de los sentidos de <i>Caranx hippos</i> , <i>Chloroscombrus crysurus</i> , <i>Decapterus punctatus</i> , <i>Selene vomer</i> y <i>Trachinotus Calorinus</i> .....	70
Tabla 9. Información recopilada sobre la alimentación reportada en la literatura de <i>Caranx hippos</i> , <i>Chloroscombrus chrysurus</i> , <i>Decapterus punctatus</i> y <i>Selene vomer</i> .....	71
Tabla 10. Resultados del análisis de componentes principales .....	73
Tabla 11. Resultados del análisis de discriminantes para las cuatro primeras funciones. El cual mostró diferencias multivariadas significativas entre especies.....	73
Tabla 12. Matriz de estructuras. La matriz de estructura señaló que para la primera función discrimínate el Número de ciegos pilóricos fue la variable más importante en la separación de las especies, seguida por Protrusión para la segunda función, las variables más importantes en la separación fueron altura cefálica, altura del cuerpo, y diámetro del ojo. ....	75
Tabla 13. Prueba de igualdad de medias de grupos.....	76
Tabla 14. Tabla con los valores biométricos de <i>Caranx hippos</i> .....	77
Tabla 15. Tabla con los valores biométricos de <i>Chloroscombrus chrysurus</i> .....	78

Tabla 16. Tabla con los valores biométricos de <i>Decapterus punctatus</i> .....	79
Tabla 17. Tabla con los valores biométricos de <i>Selene vomer</i> .....	80
Tabla 18. Tabla con los valores biométricos de <i>Trachinotus carolinus</i> .....	81

## Resumen

Se realizó el análisis anatómico comparativo de las estructuras que participan en el proceso de alimentación de cinco especies pertenecientes a la familia Carangidae, que se distribuyen en el Golfo de México. Los carángidos son peces de formas muy diversas que va desde los fuertemente comprimidos lateralmente a los fusiformes. Por lo cual, se seleccionaron cinco especies que representan dicha diversidad: fusiforme *Caranx hippos* y *Decapterus punctatus*; comprimido lateralmente *Selene vomer*, de forma intermedia *Chloroscombrus chrysurus* y *Trachinotus carolinus*. Con fines comparativos se tomó como modelo a *C. hippos*, el cual se considera que presenta la forma de un teleósteo típico. El análisis anatómico se dividió en las siguientes etapas: análisis morfológico externo, osteológico, miológico y esplacnológico. Las cinco especies seleccionadas son carnívoras, pero se observó que presentan diferencias morfológicas que están relacionadas directa o indirectamente con el tipo de presa que consumen. Algunas de estas variaciones son la forma general del cuerpo, la apertura y posición de la boca, el tipo de dentición, el grado de desarrollo de las musculaturas mandibular y branquial, el número de branquiespinas, el tamaño relativo del estómago y la presencia del ciego estomacal. De acuerdo con estas variaciones se puede inferir el tipo de presa capturada, la estrategia de alimentación y el ambiente en que se desarrolla cada especie. Se encontraron características que corresponden con tres tipos de alimentación: piscívora, durófaga y zooplanctófaga. En conclusión, la morfología de los carángidos está relacionada con el tipo de presa que consumen y el modo del cual se alimentan. Además, se puede observar que las especies de esta

familia se han adaptado para aprovechar diferentes recursos alimenticios, disminuyendo así, la competencia interespecífica, puesto que se alimentan en diferentes niveles de la columna de agua y se distribuyen en la misma área.

**Abstract**

A comparative anatomical analysis was carried out of the structures that participate in the feeding process of five species belonging to the Carangidae family, which are distributed in the Gulf of Mexico. Carangids are fish with very diverse body shapes ranging from strongly laterally compressed too fusiform. Therefore, five species that represent this diversity were selected. With a fusiform body: *Caranx hippos* and *Decapterus punctatus*; with body strongly compressed laterally *Selene vomer*, intermediately *Chloroscombrus chrysurus* and *Trachinotus carolinus*. For comparative purposes, *Caranx hippos* was taken as a model, which is considered to have the shape of a typical teleost. The anatomical analysis was divided into the following stages: external morphological, osteological, myological and splanchnological analysis. The five selected species are carnivorous, but it was observed that they present morphological differences that are related to the type of prey they consume. Some of these variations are the opening and position of the mouth, type of dentition, degree of development of the mandibular and branchial muscles, number of gills rakers, size of the stomach and the presence of the stomach cecum. According to these morphological variations present in the anatomy and external morphology, the type of prey, the way of obtaining its food and the environment in which each species develops can be inferred. According to the results, characteristics of three types of piscivorous, durophagous and zooplanktophagous feeding were found. In conclusion, the morphology of carangids is related to the type of prey they consume and the way they feed. Furthermore, it can be observed that the species of this family have adapted to

take advantage of different food resources, thus reducing interspecific competition, since they feed in different regions of the water column.

## **1. Introducción**

Los peces óseos de la clase Actinopterygii son los vertebrados más numerosos y diversos. A esta clase pertenecen casi todos los peces existentes, puesto que representan el 96% del grupo. De acuerdo con Nelson (2016) existen alrededor de 31,867 especies mientras que Fricke *et al.* (2024) considera un total de 36,983 especies, aunque ambos autores, consideran que pudieran sumar más de 60,000. Habitan una gran variedad de ecosistemas como ríos, lagos, estuarios y océanos. Se distribuyen desde profundidades de 8,000 metros, como el “pez pelicano” *Eurypharynx pelecanoides*, hasta los 3,812 metros sobre el nivel del mar, en el Lago Titicaca.

Los peces son un grupo exitoso debido a su alta plasticidad alimentaria y su capacidad de adaptación. Dicha plasticidad se ve reflejada en las variaciones morfológicas que están relacionadas con los hábitos alimenticios. Estas variaciones pueden ser directas o indirectas. Las directas se presentan en el tubo digestivo y las indirectas se relacionan con: la forma general del cuerpo, tamaño y ubicación del ojo, grado de desarrollo de algunos músculos entre otros (Winemiller, 1991).

La variación más estudiada en los peces es la longitud intestinal, que se ha relacionado con los hábitos alimenticios de la manera siguiente: un intestino corto es típico en un pez carnívoro, el de longitud media omnívoro y el largo con hábitos herbívoros (Karachle y Stergiou, 2010, Boyle y Horn, 2006 y Nikolsky, 1963).

Así mismo, en la dentición se pueden observar variaciones, y con base en esta se puede deducir su alimentación principal. Los peces que consumen presas duras tienen dientes molariformes, y los que se alimentan de otros peces tienen dientes cónicos. La

dentición puede estar presente en las mandíbulas, en los huesos faríngeos y en las branquiespinas; y puede conformarse de una o más formas dentales.

La familia Carangidae está bien representada en todos los mares tropicales y subtropicales. Están presentes en el mar, lagunas costeras, estuarios y algunas especies son capaces de penetrar a cuerpos de agua dulce. En aguas mexicanas se distribuyen 56 especies, de las cuales 24 habitan en el golfo de México (Carpenter, 2002). Esta familia agrupa peces de forma corporal diversa, desde los fusiformes hasta los comprimidos lateralmente, con varios grados de aplanamiento. Todos los carángidos son carnívoros, pero tienen dietas diferentes, por lo que son un grupo de estudio interesante desde un enfoque anatómico comparativo.

Los carángidos son de suma importancia, varias especies de esta familia son de interés pesquero. Ecológicamente son relevantes puesto que de ellos se alimentan depredadores tope, como tiburones, peces espada y los dorados, permitiendo el flujo de la energía a un nivel superior de la cadena trófica.

Debido a lo anterior y que los peces de este grupo muestran una diversidad de dietas, el presente estudio tiene como objetivo la descripción de los componentes anatómicos del sistema digestivo.

## **2. Marco teórico**

### **2.1. Variaciones morfológicas relacionadas con la alimentación.**

Los osteíctios tienen una gran diversidad de adaptaciones morfológicas que participan en el proceso de la alimentación. Algunas de estas estructuras en los osteíctios carnívoros son utilizadas en la elección de la presa, su captura y procesamiento.

De acuerdo con varios autores como Nikolski, (1963), Sánchez *et al.* (2003), Hernández *et al.* (2009) y Tovar *et al.*, (2013) los aspectos morfológicos implicados en la alimentación de los osteíctios son: la forma del cuerpo, la morfología de la boca, la longitud del intestino y las características de los principales órganos sensoriales. Estas variaciones han originado diferentes estrategias de alimentación, puesto que son el resultado de la estrecha relación entre depredador y presa (Motta *et al.* 1995).

### **2.2. Morfología del cuerpo**

La forma corporal de los osteíctios es muy diversa y para su estudio se clasifica en fusiforme, comprimida, deprimida, anguiliforme y globosa. De acuerdo con varios autores los caracteres que expresan mejor la forma corporal de los peces son la longitud del cuerpo, longitud y altura cefálica y forma y tamaño de la boca (Sánchez *et al.* 2003; Winemiller, 1991, Wikramanayake, 1990).

Algunos autores concluyen que la morfología del cuerpo de los peces óseos puede estar relacionada con el tipo de presa o alimento que consumen. Por ejemplo, el cuerpo de los peces durófagos y algunos fitófagos es robusto, en contraste, los peces piscívoros tienden a ser fusiformes (Ruehl y Dewitt, 2005 y Hulsey *et al.* 2005). De acuerdo con lo anterior el tipo de presa o alimento puede influir en estructuras que no

están relacionadas directamente con el tracto digestivo, pero que se relacionan con la estrategia de alimentación. Los peces durófagos y fitófagos consumen presas de baja movilidad o inmóviles, por lo tanto, necesitan un cuerpo que brinde estabilidad y maniobrabilidad, en cambio los peces depredadores presentan cuerpo fusiforme que favorece la velocidad, permitiendo a este tipo de peces perseguir o tomar por sorpresa su presa.

### **2.3. Tracto digestivo**

El tracto digestivo de los osteíctios comienza con la boca y termina con el ano sin formarse la cloaca. Está constituido por la cavidad bucofaríngea (cavidad orobranquial) y por el tubo digestivo.

La cavidad oral o bucal incluye las mandíbulas con su dentición y la válvula oral; termina con la posición del primer arco branquial. Mientras que la cavidad faríngea o branquial está formada por los arcos branquiales con sus filamentos y branquiespinas y termina con el inicio del esófago (Kobelkowsky y Figueroa, 2018).

La cavidad visceral inicia con el septo transversal y el inicio del esófago y termina con el ano). Contiene los órganos como los riñones, la vejiga gaseosa, las gónadas, el bazo y el tubo digestivo con sus glándulas anexas, hígado y páncreas (Kobelkowsky y Terán-Martínez, 2020).

Además, el tracto digestivo está relacionado con el esqueleto visceral (mandíbulas, aparato hioideo y aparato branquial) y con la musculatura visceral, que se compone de varios grupos de músculos que permiten el movimiento de la cavidad bucofaríngea (Kobelkowsky y Pantoja-Escobar, 2007).

A lo largo del tracto digestivo se pueden presentar variaciones que podrían estar relacionadas con los hábitos alimenticios; como el notable desarrollo de algunos músculos viscerales, el número, forma y tamaño de los dientes, forma del estómago, longitud intestinal y número de ciegos pilóricos (Cassemiro *et al.* 2003; Fugi *et al.* 2001, Novakowsky *et al.*, 2004 y Winemiller, 1991).

Aunque el tracto digestivo de los teleósteos ha sido estudiado ampliamente, algunos de sus componentes se han analizado muy poco. De acuerdo con Medina *et al.* (2009) un componente poco estudiado son los ciegos pilóricos. Algunos autores mencionan, que los ciegos pilóricos pueden desempeñar funciones como el incremento del área de la superficie intestinal, tanto para la absorción y digestión, como reservorios de alimento o como lugar de reproducción de la microbiota intestinal (Buddington y Diamond, 1987 y Dimes *et al.*, 1994).

### **Cavidad bucofaríngea**

La cavidad bucofaríngea, para su estudio, se puede subdividir en cavidad oral y faríngea, la primera inicia con la boca, y la segunda con el primer arco del aparato branquial, ambas se componen por elementos óseos y musculares (Kobelkowsky y Figueroa, 2018; Kobelkowsky y Rojas-Ruiz, 2017 y Aguilar-Medrano *et al.*, 2015).

### **Boca**

La boca es la abertura inicial del tracto digestivo, la cual se encuentra bordeada por las mandíbulas y rodeada internamente por la válvula oral. Se ha descrito por varios autores que su ubicación, capacidad de apertura y retractilidad, guarda cierta relación con los hábitos alimenticios de la especie a la que pertenece. (Kobelkowsky y Pantoja-

Escobar, 2009; Kobelkowsky y Ortiz-Burgos, 2007; Kobelkowsky, 2005a; Kobelkowsky, 2005b; Kobelkowsky y Alemán-Rivero, 2000; Kobelkowsky, 1998b)

De acuerdo con su ubicación se clasifica de la manera siguiente: boca terminal, subterminal superior y subterminal inferior.

Varios autores concluyen que la posición de la boca está relacionada con los hábitos alimenticios. Por ejemplo, Kobelkowsky y Pantoja-Escobar (2007) realizaron un análisis morfológico del sistema digestivo de *Menticirrhus saxatilis* y mencionan que la posición inferior de la boca se puede relacionar con hábitos bentófagos, así mismo Kobelkowsky (1998a), analizó el sistema digestivo del bagre *Ictalurus balsanus*, en dicho trabajo también asocia la boca inferior con hábitos bentófagos.

Por otra parte, Cassemiro *et al.*, (2003) realizaron un análisis sobre la dieta y la ecomorfología trófica de *Odontesthes bonariensis*, dichos autores describen que presenta boca superior y retráctil; por lo que concluyen que esta especie es capaz de aprovechar los recursos alimenticios que se encuentran en la interfaz agua-aire, alimentándose de insectos y detritos vegetales que se encuentran en esta zona, cuando su alimento principal escasea (Cladocera y Copépodos).

Otro estudio en el cual describen una boca retráctil es el trabajo de Kobelkowsky y Alemán-Rivero (2000), en el cual analizaron el branquiocráneo de la mojarra *Diapterus auratus* en la que observan que la mandíbula superior tiene una gran retractilidad. Los autores describen que la retractilidad de la mandíbula se debe a la gran longitud de los procesos ascendentes de los premaxilares, una amplia cavidad entre los prefrontales, frontales y nasales. Y que la retractilidad de la mandíbula se puede interpretar como

un método para aumentar el alcance de las presas de fondo o de lugares inaccesibles.

En contraste, Kobelkowsky y Pantoja-Escobar (2009) describieron que *Lutjanus griseus* presenta boca terminal; los peces con este tipo de boca generalmente son depredadores que se alimentan en la columna de agua y principalmente de peces.

### **Cavidad oral**

La cavidad oral inicia después del borde de la boca, es parte de la primera porción del tracto digestivo y está formada por el paladar, la lengua y la válvula oral. El paladar a su vez está formado por el vómer, un par de palatinos, un par de metapterigoides, estos últimos pertenecen al esqueleto visceral o branquiocráneo, mientras que el vómer forma parte del neurocráneo. Los huesos del paladar pueden o no llevar dientes Kobelkowsky y Pantoja-Escobar (2009).

El esqueleto visceral está recubierto por la musculatura visceral, la cual se compone de varios músculos que en conjunto con los ligamentos facultan su movilidad (Beltrán-Vinalay y Kobelkowsky, 2023). Este trabajo coordinado, permite la apertura bucal para la captación del alimento y su posterior deglución.

Los principales músculos que participan en el mecanismo mandibular son el músculo *abductor mandibulae*; que puede desarrollar las secciones A1, A2, A3 y Aw, que a su vez pueden subdividirse, el músculo *levator arcus palatini*, el *protactor hyiodei* y el *intermadibularis* (Winterbootton, 1974)

Algunos autores, mencionan que un músculo *abductor mandibulae* desarrollado se puede relacionar con peces piscívoros (Kobelkowsky y Rojas-Ruiz, 2017). Por otra parte, Kobelkowsky y Pérez-García (2007) y Gerking (1994) coinciden que los

teleósteos expanden la cavidad oral de manera violenta, mediante la acción de los músculos viscerales; produciendo una presión negativa que introduce agua junto con la presa.

### **Dientes**

De acuerdo con Sánchez *et al.* (2003) y otros autores, los dientes son estructuras bien adaptadas a los hábitos alimenticios (Kobelkowsky y Castillo-Rivera, 1995; Langler *et al.*, 1990). En los peces óseos los dientes se pueden clasificar tanto por su ubicación como por su forma. Según su ubicación se clasifican en mandibulares, linguales, vomerinos, palatinos y faríngeos. Y por su forma en cardiformes, viliformes, caniniformes, incisivos y molariformes.

Los dientes cardiformes son numerosos, cortos, finos, puntiagudos y forman filas. Esta clase de dentición se encuentran en varias familias de peces. Un buen ejemplo son *Ictalurus balsanus* e *Ictalurus punctatus* analizados por Kobelkowsky (1998a). En este trabajo incluye la descripción de la dentición de tipo cardiforme y la relaciona con hábitos bentófagos omnívoros con tendencia a la carnivoría, en conjunto con las demás características de su sistema digestivo para ambas especies.

Así mismo Kobelkowsky y Castillo-Rivera (1995) describieron el sistema digestivo y dieta de *Capthorops melanopus*, *Ariopsis felis* y *Bagre marinus*. Entre otros aspectos describen e ilustran la dentición de tipo cardiforme presente en el dentario, premaxilar, vómer y palatino. Además, presentan boca subterminal en posición ventral y provista de tentáculos en las tres especies. Por lo que sugieren que son de hábitos bentófagos con capacidad de captura de presas vivas como peces y crustáceos.

Los dientes de tipo viliformes son más largos que los cardiformes. Kobelkowsky y Pantoja-Escobar (2007) los describieron en *Menticirrhus saxatilis*, que, en conjunto con otras características como boca en posición ventral, intestino corto, vejiga gaseosa vestigial, las relacionan con hábitos bentófagos carnívoros.

Por otra parte, los tipos caniniformes son parecidos a los colmillos de los caninos; de ahí su nombre. Son largos, subcónicos, curvos o rectos y están adaptados para clavarse y sujetar. Este tipo de dientes están relacionados con peces depredadores, que además están dotados de una compleja musculatura mandibular, estas características fueron analizadas y descritas por Kobelkowsky y Pantoja-Escobar (2009) en *Lutjanus griseus*, el cual es un pez depredador principalmente piscívoro.

La siguiente clase de dientes son los incisivos los cuales tienen los extremos biselados y su función es cortar. Están presentes en *Stegastes fuscus* (peces damisela) que tiene una dieta omnívora con tendencia a la herbivoría, pues se alimenta principalmente de macroalgas, pero consumen también elementos animales (Canan *et al.*, 2012).

La última clase de dientes son los molariformes, y su función es machacar y moler, en consecuencia, son relativamente aplanados y amplios. Generalmente son característicos en las rayas bentónicas y quimeras, pero algunos teleósteos los poseen.

Entre los peces óseos que presentan dientes molariformes se puede mencionar a *Stegastes rectirauenum* que de acuerdo con Aguilar-Medrano (2015) tiene dientes molariformes en los faringobranquiales inferiores y superiores, además de dientes incisivos mandibulares, lo cual relaciona con hábitos ramoneadores-omnívoros con

preferencia por algas.

Por último, están los peces que no están dotados de dentición. Estos peces son los denominados tipo filtrador que se alimentan de plancton como *Dorosoma cepedianum*; dicha condición fue descrita por Kobelkowsky y Ortiz-Burgos (2007), aunque también se conocen algunos peces de hábitos omnívoros sin dientes.

### **Cavidad faríngea**

La cavidad faríngea está delimitada por los arcos branquiales, en los cuales se desarrollan las branquiespinas. Estas últimas son muy conocidas por su gran diversidad morfológica. Pueden llevar dientes pequeños y/o branquiespínulas. En algunos peces óseos las braquiespinas pueden estar ausentes, aunque en la mayoría varían en tamaño, forma y número.

### **Aparato branquial**

Las branquiespinas, además de proteger a los delicados filamentos branquiales de la posible abrasión de los alimentos, están relacionadas con los hábitos alimenticios. En algunos peces están muy especializadas; como en los peces consumidores de plancton o filtradores; en los cuales las branquiespinas son largas, delgadas, muy numerosas y pueden llevar branquiespínulas que en conjunto funcionan como un tamiz permitiendo la retención de partículas muy pequeñas de alimento.

Estas características fueron descritas por Kobelkowsky (1995) en los clupeidos *Brevoortia gunteri*, *Brevoortia patronus*, *Dorosoma cepedianum* y en el mugilido *Mugil cephalus*, aunque esta última carece de los órganos epibranchiales; estos son órganos pares saculares; se ubican dorsalmente al aparato branquial y su función es almacenar

de forma temporal el plancton, dichos órganos están presentes en muchos Clupeiformes.

Un ejemplo muy interesante de la función de las branquiespinas es el descrito por Castillo *et al.*, (1996). Dichos autores describen que existe un patrón de reparto alimenticio entre *Brevoortia gunteri* y *Brevoortia patronus*. Estas especies son muy similares morfológicamente y son simpátricas, el reparto consiste en que *B. gunteri* se alimenta principalmente de fitoplancton y *B. patronus* de zooplancton, debido a que esta última presenta branquiespinas más largas con un sistema de dientes que forman una malla muy fina y en consecuencia retiene presas de mayor tamaño, eliminando así la competencia por un mismo recurso.

Por otra parte, Morales y Garcia-Alzate (2018), describieron que existe un cambio en la dieta de *Triportheus magdalenae* que se relaciona con el aumento en la longitud relativa y número de las branquiespinas al aumentar la talla. Dichos autores, concluyen que los juveniles con branquiespinas escasas y cortas, consumen insectos y zooplancton, por el contrario, al llegar a la etapa adulta se alimentan únicamente de zooplancton, debido a que es esta etapa las branquiespinas son más largas y numerosas.

En cambio, los peces carnívoros están relacionados con branquiespinas de longitud media y con separación moderada entre ellas. Con estas características se ha descrito a *Chirostoma humboldtianum* (Kobelkowsky y Figeroa, 2018); *Syacium papillosum* y *Syacium gunteri* (Kobekowsky y Rojas-Ruiz, 2017); *Lutjanus griseus* (Kobelkowsky y Pantoja-Escobar, 2009) y *Menticirrhus saxatilis* (Kobelkowsky y Pantoja-Escobar,

2007). Sin embargo también existen peces de hábitos carnívoros que no presentan branquiespinas como *Achirus lineatus* y *Symphurus civitatum* (Kobelkowsky y Rojas-Ruiz, 2017).

Por último, la omnivoría se ha relacionado con branquiespinas cortas y muy espaciadas por ejemplo en *Stegastes rectirauenum* (Aguilar-Medrano *et al.*, 2015) y en *Ictalurus balsanus* e *Ictalurus punctatus* analizados por Kobelkowsky (1998a).

### **Cavidad visceral**

Dentro de esta cavidad se distribuye la organografía, de arriba abajo, encontramos al riñón mesonéfrico de carácter extraperitoneal, la vejiga gaseosa, el esófago, el estómago, el intestino, el hígado, el bazo, el páncreas, la vejiga urinaria y las gónadas. Se encuentra delimitada por el primer pterigióforo de la aleta anal, por las vértebras precaudales, las costillas, las cinturas escapular y pélvica y por la musculatura *hipaxial*.

La forma de la cavidad visceral está relacionada con la forma del cuerpo, por lo tanto, en los peces fuertemente comprimidos es alta, corta, de volumen reducido y en los peces fusiformes es alargada.

Un ejemplo de los peces extremadamente comprimidos son los lenguados *Syacium papillosum* y *Syacium gunteri*. Kobelkowsky y Rojas-Ruiz, (2017) analizaron, describieron e ilustraron la cavidad visceral y la organografía de ambas especies. Además, realizaron una comparación del sistema digestivo con otros lenguados pertenecientes a las familias Achiridae, Paralichthyidae, Cynoglossidae y Bothidae. Las variaciones relacionadas con el extremo aplanamiento son: la posición adelantada del intestino posterior y del ano, asimetría de la región cefálica y modificaciones del

esqueleto y musculatura visceral.

### **Tubo digestivo**

Inicia con el esófago y termina en el ano, los órganos que lo componen son esófago, estómago, intestino, hígado y páncreas. Este sistema puede presentar variaciones relacionadas con el tipo de hábitos alimenticios.

**El esófago** generalmente es un tubo corto de sección ovalada con pliegues internos que favorecen su distensión (Hernández *et al.*, 2009). Su función es conducir el alimento de la cavidad bucofaríngea al estómago. Se han observado características particulares en esófagos de peces que consumen presas grandes o duras, estos depredadores tienen un esófago musculoso muy distensible, con numerosas células productoras de mucus, lo cual facilita el traslado del alimento al estómago (Rodríguez y Cargnin-Ferreira, 2017 y Serrano *et al.*, 2014).

**El estómago** es la porción del tubo digestivo que se encuentra entre el esófago y el intestino, generalmente tiene forma de "J"; se reconocen dos regiones cardíaca y pilórica, en la primera se ubican las glándulas gástricas (Hernández *et al.*, 2009).

La forma del estómago está estrechamente relacionada con los hábitos alimenticios de los peces (Sánchez *et al.*, 2003). En los peces depredadores piscívoros el estómago es alargado y en su porción anterior se forma el ciego estomacal; el cual permite el procesamiento de presas grandes o de una cantidad importante de alimento; este tipo de estómago se ha descrito en *Merluccius australis* (Serrano *et al.*, 2014), *Lutjanus griseus* (Kobelkowsky y Pantoja-Escobar, 2009) y en *Elops saurus* (Kobelkowsky y Pérez-García, 2007), en contraste Kobelkowsky y Rojas-Ruiz (2017)

describieron que el lenguado carnívoro *Syacium papillosum*, tiene un ciego pequeño y el estómago en forma de “C”, como resultado del extremo aplanamiento.

Por otra parte, las especies de hábitos omnívoros presentan regularmente estómagos en forma de saco y se ha descrito en *Ictalurus balsanus* e *Ictalurus punctatus* (Kobelkowsky, 1998a), *Capthorops melanopus*, *Ariopsis felis*, *Bagre marinus* (Kobelkowsky y Castillo-Rivera, 1995) y *Brycon henni* (Londoño-Franco *et al.*, 2017)

Además, se ha observado que las especies de hábitos micrófagos tienen una adaptación muy especial. El estómago es notablemente pequeño con paredes muy gruesas y musculosas, cuya función es moler el alimento. Este estómago de tipo molleja ha sido descrito en *Brevoortia gunteri*, *Brevoortia patronus*, *Dorosoma cepedianum* y *Mugil cephalus* (Kobelkowsky, 1995) y *Harengula jaguana* (Ortiz-Burgos y Kobelkowsky, 2006)

Por otra parte, existen peces que no presentan estómago, lo cual no quiere decir que tienen menor capacidad al procesar el alimento. En este tipo de tubo digestivo se observa que el conducto biliar común se conecta después del esófago, donde también inicia el intestino. Entre estos peces sin estómago se encuentran de hábitos carnívoros como *Chirostoma humboldtianum* (Kobelkowsky y Figueroa, 2018) herbívoros como *Megalobrama amblycephala* (Kobelkowsky y Garduño, 1989), omnívoro con tendencia a la herbivoría *Carassius auratus* (Rodríguez *et al.*, 2005.) y *Atherinops californiensis* omnívoro con tendencia a la carnivoría (Horn *et al.*, (2006).

**Los ciegos pilóricos o duodenales**, en los vertebrados solo se desarrollan en los peces óseos, son apéndices digiformes, de tamaño y número variable, además pueden

estar ramificados (Kobelkowsky y Pérez-García, 2007 y Atencio *et al.*, 2008). Se localizan entre la región pilórica del estómago y la región proximal del intestino anterior, la cual corresponde al duodeno (Kobelkowsky y Ortiz-Burgos, 2006). Se ha descrito que su posible función es incrementar el área de superficie intestinal, tanto para la absorción y secreción, o como órganos accesorios de reserva de alimento y lugar de reproducción del microbiota intestinal.

De acuerdo con Medina *et al.*, (2009) al parecer no existe una relación entre la presencia de ciegos pilóricos y los hábitos alimenticios. Dichos autores analizaron especies herbívoras como *Mylossoma acanthogaster*, *Mylossoma aureum*, *Mylosooma duriventrey* y carnívoras a *Pygocentrus cariba* y *Cynopotamus venezuelae*, aunque no incluyen especies de hábitos omnívoros.

Por otra parte, Aguilar-Medrano *et al.*, (2015) describe solo 3 ciegos pilóricos para *Stegastes rectifraenum* al cual considera omnívoro, en contraste Kobelkowsky (1998a) describió que en *Ictalurus balsanus* de tipo omnívoro (con tendencia a la carnivoría), los ciegos pilóricos no se desarrollan, además Serrano *et al.*, (2014) describe que *Merluccius australis* de hábitos carnívoros no presenta ciegos pilóricos. En *Elops saurus*, pez de tipo carnívoro Kobelkowsky y Pérez-García (2007) observaron una gran cantidad de ciegos pilóricos.

**El intestino** es la porción del tubo digestivo entre el estómago y el ano. Entre este y el estómago se ubica el esfínter pilórico. En los peces óseos se puede hablar de intestino posterior y anterior, aunque no existe una diferencia morfológica a simple vista, pues se aprecia como un tubo continuo. Aunque algunos teleósteos desarrollan

una válvula intestinal, la cual puede considerarse el punto de referencia que divide al intestino en estas regiones (Kobelkowsky y Rojas-Ruíz, 2017). La porción final del intestino es el recto que se abre al exterior mediante el ano.

Está bien documentado que la longitud del intestino tiene relación con los hábitos alimenticios, un intestino corto se ha asociado con peces de hábitos carnívoros, de tamaño medio con hábitos omnívoros y muy largo con herbívoros.

### **2.3 Participación de los órganos sensoriales de la vista, línea lateral y oído en la alimentación.**

Los órganos de los sentidos tienen una participación importante en la identificación, valoración y ubicación del alimento para su consecuente captación. Algunos autores como Tovar *et al.*, (2013) y Pankhurst, (1987) han relacionado que los peces depredadores presentan ojos relativamente grandes.

Otro sistema importante y que solo se desarrolla en los peces es la línea lateral. Se compone de los canales cefálicos y de los canales posteriores, estos últimos se ubican a cada lado del cuerpo (Vega y Viozzi, 2016). Su función es detectar estímulos hidrodinámicos de objetos estacionarios o en movimiento como presas y depredadores, permitiendo al pez tener más información, creando así, para algunos autores, una imagen hidrodinámica de su entorno (Wellenreuther *et al.*, 2010). Pohlmann *et al.*, (2004) describieron que en los silúridos la línea lateral es indispensable, en la ubicación de las presas durante la noche o en condiciones de muy poca visibilidad.

Así mismo, Nelson (1955) sugirió que la recepción de sonido en los peces puede ser interpretada, como un mecanismo para encontrar alimento, para escapar de los

depredadores o para comunicarse con otros miembros de su especie. De este modo los organismos que tengan un oído bien adaptado reaccionarán de forma distinta a los estímulos externos, en comparación con otros con un oído menos adaptado (Parmentier *et al.*, 2011).

Dentro de este orden de ideas, Green (1971) y Parmentier *et al.*, (2011) realizaron pruebas de comportamiento en *Eucinostomus argentus*, en las cuales identificaron un patrón de movimiento relacionado con la búsqueda de presas enterradas en la arena. Debido a que aparentemente el pez no utilizaba la visión para encontrarla, llegaron a la conclusión que se guiaba por el sonido. De acuerdo con lo anterior, sugieren que la conexión de la cápsula ótica con el divertículo anterior de la vejiga gaseosa, presente en esta especie; facilita la localización de la presa oculta en la arena, utilizando a la vejiga gaseosa como medio de trasmisión de las vibraciones sonoras directamente al oído interno, este tipo de relación también ha sido descrito para *Eucinostomus ssp.* y *Gerres cinereus* (Popper, 1982).

## **Preguntas de investigación**

¿Existe relación entre la morfología trófica de los peces de la familia Carangidae con el tipo de presa del cual se alimentan?

## **Hipótesis**

Hay una relación entre la morfología trófica de los peces de la familia Carangidae con el tipo presas de las que se alimentan.

## **Objetivo general**

Determinar la relación entre la morfología trófica de los peces de la familia Carangidae y el tipo de presa de la cual se alimentan.

## **Objetivos específicos o particulares**

- Interpretar la morfología funcional del esqueleto visceral, la musculatura visceral y la dentición de las especies de carángidos.
- Describir la anatomía gruesa de los principales órganos sensoriales y del encéfalo.
- Recopilar información proveniente de la literatura especializada sobre la dieta de cada especie.

## Materiales y métodos

Se seleccionaron cinco especies representativas de la familia Carangidae, distribuidas en el Golfo de México: *Caranx hippos*, *Chloroscombrus chrysurus*, *Decapterus punctatus*, *Selene vomer* y *Trachinotus carolinus*. Se clasificaron de acuerdo con su forma corporal en las siguientes categorías: especies de cuerpo hidrodinámico (fusiforme) a *Caranx hippos* (Linnaeus, 1766) y *Decapterus punctatus* (Cuvier, 1829); como especie de cuerpo comprimido, corto y alto a *Selene vomer* (Linnaeus, 1758), y como especies con forma del cuerpo intermedia a *Chloroscombrus chrysurus* (Linnaeus, 1766) y *Trachinotus carolinus* (Linnaeus, 1758) (Fig. 1).

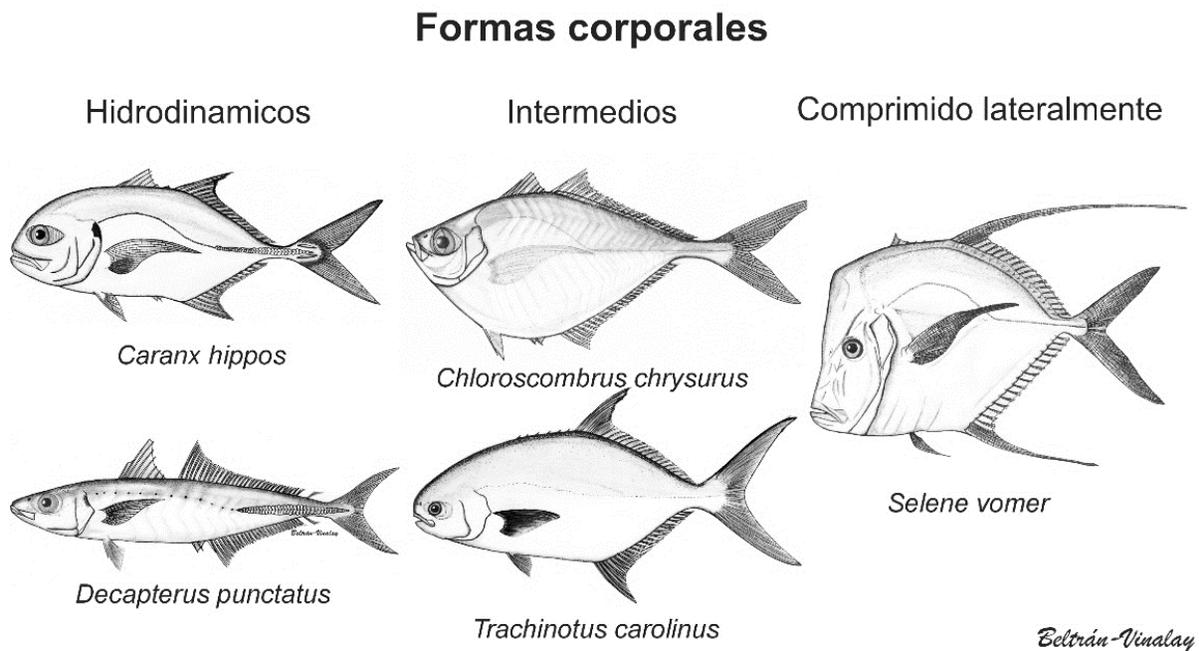


Fig. 1. Formas corporales de los carángidos seleccionados

Los ejemplares que se analizaron se obtuvieron de la Colección Ictiológica de trabajo del Laboratorio de Peces del Departamento de Biología de la Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Iztapalapa, recolectados mediante redes en áreas cercanas a la boca de las lagunas de Tampamachoco, Tuxpan y de laguna Grande-chica en Vega de Alatorre, Veracruz localidades pertenecientes al Golfo de México. Los ejemplares fueron fijados previamente en formol al 10% y conservados en alcohol etílico al 70%. De cada especie se analizaron 10 ejemplares adultos de ambos sexos, siendo un total de 50 ejemplares, con un intervalo de tallas en *C. hippos* de 150-173 mm, *C. chrysurus* 98-150 mm, *D. punctatus* 122.0-160.4 mm, *S. vomer* 205-235 mm y *Tachinotus carolinus* 170-205 mm.

El análisis morfológico se dividió en las siguientes etapas de análisis: osteológico, miológico, esplacnológico y de la morfología gruesa de los principales órganos sensoriales incluyendo el encéfalo. Se tomó como patrón a *Caranx hippos* por considerar que su forma corporal es la típica de un teleósteo. Por tal motivo, la descripción anatómica de esta especie se realizó de manera detallada con el objetivo de comparar con las cuatro especies restantes.

**Análisis morfológico externo.** Se registraron los siguientes datos y algunos caracteres morfológicos como: forma, tamaño de las narinas y la distribución del sistema de canales de la línea lateral y los siguientes datos biométricos

1. altura cefálica,
2. altura del pedúnculo caudal
3. altura máxima del cuerpo
4. ancho de la boca
5. apertura máxima de la boca
6. diámetro del ojo izquierdo
7. longitud del intestino
8. longitud estándar
9. posición de la boca
10. retractilidad

**Análisis osteológico.** Con el objetivo de analizar y describir el esqueleto visceral y los huesos que delimitan la cavidad visceral, se prepararon cinco esqueletos de cada especie, mediante descarnado manual.

Se analizaron y describieron los siguientes componentes del esqueleto: mandíbulas, series palatinas, suspensión mandibular, series operculares, aparato hioideo y aparato branquial; asimismo, se analizó y describió la dentición mandibular y branquial. Se utilizó la terminología para el esqueleto visceral propuesta por Gregory (1959).

**Análisis miológico.** Mediante disección bajo el microscopio estereoscópico se analizó y describió la musculatura visceral, en el siguiente orden: musculatura mandibular, musculatura palatina, musculatura hioidea, musculatura de la suspensión mandibular, musculatura opercular y musculatura branquial. Y se utilizó la terminología de la musculatura propuesta por Winterbottom (1974).

**Análisis esplacnológico.** Se determinaron y describieron los límites esqueléticos de la cavidad visceral y su esplacnología. Se identificaron los órganos *in situ* y se describieron sus principales relaciones topográficas. A continuación, se removieron los órganos por niveles. Se realizaron mediciones de los siguientes órganos: ciegos pilóricos e intestino y se calculó el índice intestinal.

**Análisis de los principales órganos de los sentidos (y el encéfalo).** Con el objetivo de analizar y describir anatómicamente la morfología gruesa de los sistemas sensoriales. Se realizaron disecciones con la finalidad de exponer sistema olfatorio (narinas, órganos del olfato, bulbos olfatorios, nervios y lóbulos olfatorios), del sistema óptico (ojos, músculos extra-oculares, nervios ópticos, lóbulos ópticos), del sistema

auditivo (oído interno), sistema de la línea lateral (canales laterales del cuerpo y de la región cefálica) mediante inyección de colorante rojo de alizarina.

**Dibujo científico.** Durante cada una de las etapas del análisis anatómico se realizaron ilustraciones con ayuda de un microscopio estereoscópico Wild M32 provisto con tubo de dibujo; posteriormente se digitalizaron mediante un scanner y se agregaron los rótulos correspondientes.

### **Recopilación de información sobre la dieta**

Para determinar la dieta de cada una de las cinco especies propuestas se realizó una búsqueda bibliográfica por medio de los siguientes buscadores especializados:



### **Análisis morfo-ecológico**

Con las medidas obtenidas del análisis morfológico externo se calcularon los siguientes índices: Longitud relativa del Pedúnculo Caudal, Altura relativa del pedúnculo caudal, Espesor relativo del pedúnculo caudal, Tamaño relativo del ojo, ancho relativo de la boca, Compresión lateral del cuerpo (Tabla 1).

### **Análisis estadístico de los datos morfológicos.**

De las variables morfológicas se seleccionaron las más representativas, de acuerdo con el análisis anatómico, las variables consideradas fueron las siguientes: altura cefálica (AC), área de apertura bucal (APB), altura máxima del cuerpo (PRO), ancho del pedúnculo caudal (AP), retractilidad (RT), diámetro del ojo (DO), longitud del intestino (LI), presencia-ausencia de dientes y dientes grandes-chicos.

Se realizó un análisis de componentes principales (ACP) a los datos morfológicos para determinar si las variables numéricas consideradas mostraban un patrón multivariado claro relacionado con la probable diferenciación morfológica entre especies.

Para examinar cualquier posible diferencia multivariada en las características morfológicas (variables dependientes) entre especies, se realizó un análisis de discriminantes y una matriz de estructura. Por último, se utilizó una prueba de igualdad de medias entre grupos (ANOVA), en este análisis fue utilizada para determinar cuáles fueron los caracteres morfológicos más importantes de diferenciación entre especies.

**Tabla 1. Índices ecomorfológicos propuestos**

Índice	Fórmula	Posible implicación ecológica
Longitud relativa del pedúnculo caudal	<b>ARPC= LC/LE</b>	Valores altos indican especies con buena capacidad de nado (Winemiller, 1991)
Altura relativa del pedúnculo caudal	<b>ARPC=AC/AmaxC</b>	Los valores bajos indican un potencial reducido de maniobrabilidad
Espesor relativo del pedúnculo caudal	<b>ERPC=EPC/EC</b>	Los valores más altos indican una mejor capacidad para la natación continua (Winemiller, 1991)
Tamaño relativo del ojo	<b>TRO= DO/LE</b>	Índice relacionado con la detección de alimentos y el uso de la visión durante el comportamiento depredador (Pouilly <i>et al.</i> , 2003).
Ancho relativo de la boca	<b>ARB= AB/EC</b>	Valores altos se relacionan especies piscívoras y que captura de presas grandes
Apertura relativa de la boca	<b>ApRB=AmaxB/ALC</b>	
Compresión lateral del cuerpo	<b>C=AmaxC/ECp</b>	Valores altos indican que habitan aguas tranquilas

Abreviaturas: altura del pedúnculo caudal (**AC**); Altura cefálica (**ALC**); =altura máxima del cuerpo (**AmaxC**, DO= Diámetro del ojo, EC= espesor cefálico, ECp=Espesor del Cuerpo, EPC=espesor de pedúnculo caudal, LC= Longitud del pedúnculo caudal y LE= Longitud estándar.

## **Resultados**

### **Sistema digestivo de *Caranx hippos*.**

La cavidad bucofaríngea inicia con la boca y llega hasta la parte posterior del aparato branquial (fig. 2), está estructurada por el esqueleto visceral, la musculatura visceral, la dentición, y varios ligamentos.

El esqueleto visceral o branquiocráneo está organizado en los tres arcos viscerales: arco mandibular, arco hioideo y arcos branquiales; que a su vez se componen por las siguientes series de huesos: mandíbula superior e inferior, serie palatina, suspensión mandibular, serie opercular y el aparato hioideo (fig. 3). Algunos de estos elementos esqueléticos se interconectan mediante cartílagos y ligamentos.

La mandíbula superior está formada por el premaxilar el supramaxilar y el maxilar, mientras que la mandíbula inferior está constituida por el dentario, el articular, esplenial y el angular.

El premaxilar posee tres procesos; el proceso ascendente, que se intercala entre los procesos articulares del maxilar, el proceso articular que es adyacente al ascendente, el cual se articula con el maxilar y el tercero, se ubica en la región media, el cual tiene contacto con el maxilar. Cabe mencionar que su porción posterior termina en punta y entre ambos premaxilares se localiza el cartílago rostral.

El maxilar es delgado y ligeramente curvado. En su porción anterior desarrolla el proceso articular dorsal y ventral, donde 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 a nivel de la región media del maxilar.

El dentario es robusto, presenta un proceso coronoides; en su superficie lateral externa, lleva una rama del sistema de la línea lateral con cuatro orificios. En su borde dorsal se inserta una fila de dientes relativamente medianos, cónicos y curvados hacia adentro de la cavidad oral. En su escotadura posterior se intercala el hueso articular (Fig. 3 y 4).

El articular es triangular, presenta un proceso coronoides y cerca de su extremo posterior desarrolla una foceta articular, donde se posa el cóndilo del cuadrado. En la región posterior de dicha foceta se desarrolla un proceso corto que recibe desde el preopercular al ligamento preopérculo-articular. En su superficie interna se observa el hueso coronomeckerliano y el cartílago de Meckel, que es largo y cilíndrico.

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

La serie palatina está formada por los huesos palatino, endopterigoides, metapterigoides, mesopterigoides y ectopterigoides. El palatino no es robusto, tiene un proceso anterior y otro dorsal que se prolonga hacia atrás mediante la espina posteroventral; lleva en su parte superior el ligamento etmo-palatino y el ligamento

maxilo-palatino. El hueso más amplio de esta serie es el endopterigoides el cual es laminar y amplio, recibe parte del músculo *adductor arcus palatini*. El hueso más pequeño de la serie palatina es el mesopterigoides, es angosto, curvo y sin dientes; el cual se sobrepone por la superficie interna de la serie palatina. El ectoterigoides desarrolla un proceso del cual sale un ligamento que se inserta al prefrontal.

La suspensión mandibular está constituida por los huesos hiomandibular, metapterigoides, simpléctico y cuadrado. En la región superior del hiomandibular y más cercana al ángulo del preopércular hace contacto la extensión del suborbital 3, esta extensión pasa entre el borde de los paquetes musculares del *Adductor mandibulae* hasta la región inferior del ojo.

El hiomandibular tiene en su porción superior dos cóndilos que se articulan respectivamente a los huesos estenótico y pterótico y otro cóndilo que se articula con el hueso 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. Además, se observa la presencia de una cresta con dos puntas en su región superior (fig. 3).

Asimismo, el hiomandibular constituye la suspensión del aparato hioideo, mediante el hueso interhial y un corto ligamento (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 se

adosa ampliamente al preopercular, en su ángulo antero ventral se forma el cóndilo que se articula con el hueso articular.

El opérculo o serie opercular está formada por los huesos preopercular, opercular, interopercular y subopercular. La superficie interna de los huesos interoperculares y subopercular reciben al conjunto de los radios branquiostegos. El preopercular es semitriangular 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, anterior a la cual se origina parte del músculo *adductor mandibulae*; dicha rama es continua con la de la mandíbula inferior. El opercular es laminar y de forma trapezoidal, su borde anterior grueso, el posterior laminar con una escotadura. Se articula mediante una fosa al cóndilo posterior del hiomandibular. 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 articular. El subopercular es alargado de tipo laminar y desarrolla un proceso antero dorsal que bordea el ángulo inferior del opercular.

El aparato hioideo está suspendido desde el extremo de los hiomandibulares mediante el interhial. Está constituido por dos barras hioideas, y por dos huesos impares. Cada barra hioidea está integrada por el hipohial dorsal, hipohial ventral, ceratohial, epihial y los radios branquiostegos del 1 al 7; los huesos impares son el basihial y el urohial.

El basihiel está precedido por el cartílago glosohial, formando ambos elementos a la lengua. Cada hipohial inferior recibe ventralmente a un músculo *hyuhyoideus adductor*. Los ceratohiales son largos y se unen con los huesos vecinos por sutura; cada ceratohial sostiene del branquiostego 1 al 4 y los epihiales del 6 y 7, quedando el 5 sobre la sutura entre estos dos huesos.

Los epihiales están ligeramente curvados y se articulan con los interhiales, estos últimos tienen contacto con el hiomandibular, son relativamente pequeños y cilíndricos.

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.

Los radios branquiostegos aumentan gradualmente su amplitud de adelante hacia atrás, mientras que los tres primeros branquiostegos son delgados y se insertan en concavidades sobre la cara interna del ceratohial, los restantes son más amplios y se unen a la superficie externa del ceratohial y del epihial (fig. 5 y 9)

El aparato branquial está suspendido desde la región ótica del neurocráneo (fig. 6) por los faringobranquiales 1. Está constituido por cinco arcos branquiales, que están formados por los huesos impares basibranquiales 1-4, y los huesos pareados 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 basibranquial 3 y el más corto es el basibranquial 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 del 1 al 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 “faríngeos inferiores”, son triangulares, cada uno presenta dos procesos, uno anterior y otro posterior relativamente largos. En su superficie dorsal llevan dientes, y en la ventral muestran una concavidad donde se inserta el músculo *transversus ventralis* V.

Los epibranquiales forman cada uno un proceso dorsal que recibe a un músculo *levator externi*; sus extremos superiores son de cartílago. Los cartílagos correspondientes a los epibranquiales del 2 al 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 son de forma irregular, el primero es corto, cilíndrico y constituye la suspensión del aparato branquial, desde la región ótica del neurocráneo. El segundo es rectangular, el tercero es semitriangular y es el más grande, el cuarto es oval. Todos lo faringobranquiales llevan dientes a excepción del

primero (fig. 7 y 8).

La musculatura visceral, está organizada en los siguientes grupos de músculos: a) los que relacionan a las suspensiones mandibulares con las mandíbulas superiores e inferiores, b) los que relación al neurocráneo con el paladar, las suspensiones mandibulares y los opérculos, c) los que relacionan el neurocráneo con las ramas superiores de los arcos branquiales, d) los que relacionan el aparato hioideo con las mandíbulas y los cleitra con los huesos faríngeos inferiores y el urohial, e) los que relacionan los huesos franringobranquiales con las primeras vertebras, f) los dorsales del aparato branquial y g) los ventrales del aparato branquial.

El músculo principal que permite los movimientos de cada mandíbula superior e inferior es el *adductor mandibulae*, el cual está formado por las secciones A1, A2, A3 y Aw. Este músculo se observa notablemente desarrollado principalmente en las secciones A1, A2 y A3.

La sección A1 se origina cerca del borde del preopércular; cerca de su extremo anterior se inserta al lacrimal, y así mismo mediante un tendón se inserta al maxilar y al articular. La sección A2 se ubica en la región lateral de la mejilla, se inserta mediante un tendón al proceso coronoides del dentario. Entre las fibras musculares de esta sección pasa una rama del nervio trigémino que continúa hasta el dentario. La sección A3 se ubica debajo de la sección A2 y del *levator arcus palatini*, y sobre el hiomandibular. La sección Aw se ubica en la cara interna del dentario (fig. 10).

Los músculos que permiten el movimiento del paladar y la suspensión mandibular son: *adductor arcus palatini* que se inserta en el mesopterigoides y metapterigoides,

el *levator arcus palatini* se origina en la cresta esfenótica y se inserta en la superficie interna del hiomandibular y el *adductor hyomandibulae* que se inserta en la superficie interna del hiomandibular. Además, se observa un ligamento que va de la cresta pterótica al *dilatador operculi*.

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 (Fig. 12).

Los músculos del aparato branquial se pueden dividir en dos grupos: dorsales y ventrales. Los dorsales se componen de dos músculos *levatores externi*, dos músculos *levatores interni*, un músculo *levator posterior* y un músculo *levator pectoralis*. Estos músculos se originan del neurocráneo, los dos primeros del pteróptico y los otros dos de la cápsula ótica. Además, sobre los huesos faríngeos superiores se ubican los músculos *obliquus anterioris* y el *transversus dorsalis posterior*.

Otro músculo que se ubica en la región dorsal del aparato branquial es el *retractor dorsalis*, el cual está formado por varios paquetes musculares que se originan en las superficies laterales y ventrales de las dos primeras vértebras, que posteriormente se insertan en los huesos faringobranquiales superiores.

Los músculos ventrales que relacionan al aparato branquial con la cintura escapular son: *pharyngoclavicularis internus*, *pharyngoclavicularis externus* y el *rectus*

*comunis*. Los músculos *pharyngoclavicularis internus* y *externus* se originan de la porción media e inferior de la cara anterior del cleitrum respectivamente y se insertan en el hueso faríngeo inferior, solo el primero presenta dos secciones. El músculo *recto comunis* se origina en el hueso faríngeo inferior (ceratobranquial 5) y se inserta en el urohial (fig.12).

Además, en la región ventral del aparato branquial se distribuyen los músculos que mueven a los arcos branquiales. De la región anterior a la posterior en primer lugar se observan a los músculos *obliqui ventralis* I, II y III que se ubican debajo de los basibranquiales, después el *rectus ventralis*, que se origina en el ceratobranquial 3, el transversus *ventralis* anterior que cruza del ceratobranquial 4 izquierdo al derecho y el transversus *ventralis* posterior que cruza del ceratobranquial 5 o faríngeo inferior izquierdo al derecho (fig. 13).

**Dentición.** En *C. hippos* la dentición está presente en los arcos mandibulares y branquiales, incluyendo la lengua, el vómer y el palatino. Los dientes mandibulares están implantados en el premaxilar y en el dentario. Además de dientes muy pequeños en el epitelio mucoso de la cavidad oral.

Los dientes del arco mandibular son cónicos y curvados hacia adentro de la cavidad oral. Los correspondientes al premaxilar están arreglados en cinco hileras. Los dientes de la primera hilera son elementos grandes y de las cuatro restantes son más pequeños, los cuales van disminuyendo de tamaño gradualmente a medida que se acercan a la porción posterior del premaxilar.

Los dientes del dentario se distribuyen en una hilera externa de elementos cónicos

medianos. Cerca de la sínfisis se inserta una segunda fila, de sólo dos elementos grandes.

En los arcos branquiales los dientes son numerosos. Los dientes de las branquiespinas externas del primer arco son notablemente pequeños y los de las branquiespinas restantes son medianos.

Todos los dientes de los faringobranquiales superiores e inferiores son cónicos y curvados hacia el esófago. Los dientes del borde exterior de cada hueso faríngeo inferior (ceratobranquial 5) son notablemente pequeños; en contraste en los dientes del borde interior son robustos y ligeramente romos. En su porción anterior es notable la presencia de dientes de tamaño mediano, mientras que en la posterior se pueden observar hileras de dientes de mayor longitud. Los elementos que se ubican en el ángulo posterior externo son delgados y curvados hacia el esófago, en cambio, los dientes que se ubican cerca del ángulo posterior interno son robustos.

Los dientes del faringobranquial 2 aumentan gradualmente de tamaño, de la porción anterior a la posterior. En el faringobranquial 3 los dientes son robustos y aumentan de tamaño, gradualmente del borde interior al exterior. Los dientes del faringobranquial 4 disminuyen de tamaño uniformemente de la región anterior a la posterior. Todos los dientes que están presentes en los farigobranquiales 2, 3 y 4 están curvados hacia el esófago (fig. 8).

Además, se observaron concavidades y placas pequeñas, las cuales presentan dientes muy pequeños. Las concavidades están presentes en la cara interna del aparato hioideo y sobre la piel que cubre al músculo *protactor hyodei*. Dichas placas

se observan sobre el epitelio mucoso del techo de la cavidad oral, del opérculo y en los arcos branquiales.

En el aparato hioideo se observaron tres grupos de pequeñas concavidades distribuidas sobre el epitelio que cubre a los huesos epihial y ceratohial. Dichas concavidades son ovaladas y llevan dientes muy pequeños. Estos dientes son curvos y cónicos y cubren la totalidad de su pared y fondo; de igual manera ocurre en las que se encuentran sobre la piel del *protactor hyodei*.

En el epitelio mucoso del techo de la cavidad oral se pueden observar líneas y manchones de dientes extremadamente pequeños, dichos manchones se observan con mayor número en el reborde del epitelio oral cercano a los arcos branquiales. En la cara interna del opérculo se pueden observar placas ovals con dientes cónicos en su interior, que se distribuyen desde la porción central del opérculo hasta el borde que tiene contacto con el preopercular. Además, se observan placas de forma irregular distribuidas cerca del borde posterior del opérculo, en dichas placas se observan dientes pequeños y romos, aunque en menor cantidad en comparación con las descritas anteriormente.

**Cavidad visceral.** La cavidad visceral o celómica, inicia después de la cavidad pericárdica y están separadas por medio del peritoneo. Como referencia externa, inicia a nivel de la cintura escapular y termina a nivel del inicio de la aleta anal.

La cavidad visceral de *Caranx hippos* es alargada, dentro de esta se encuentran alojados la mayoría de los órganos como la vejiga gaseosa la cual ocupa alrededor de un tercio del espacio disponible, el estómago, el intestino, los ciegos pilóricos,

hígado-páncreas, bazo, el riñón, la vejiga urinaria, y las gónadas.

**Limites esqueléticos de la cavidad visceral.** Dorsalmente se ve delimitada por 10 vértebras; lateralmente por ocho pares de costillas pleurales, la musculatura apendicular, y la musculatura axial e hipoaxial y las cinturas escapulares; ventralmente por la cintura pélvica y el piso de la cavidad visceral, sus límites anteriores son los músculos retractores dorsales y los posteriores el primer pterigióforo anal y la primera espina hemal.

Cada cintura escapular está constituida de 11 elementos, posttemporal, supracleitrum, cleitrum, escapula, postcleitrum superior, postcleitrum inferior, escapula y cuatro actinósteos. Es notable que el posttemporal es relativamente angosto y no presenta aserraciones, en cambio desarrolla dos procesos largos que se insertan en el neurocráneo. El postcleitrum inferior forma una espina la cual es paralela a las costillas pleurales.

El primer pterigióforo anal es notablemente curvado en posición oblicua y adelantada, su extremo inferior tiene forma de pala, y se yuxtapone a la primera espina hemal, lo cual, forma el complejo “primera espina anal/primer pterigióforo anal” (fig. 14 y fig. 15)

Además, los cleitra y los coracoides, no se conectan entre si directamente en su extremo inferior, sino mediante el cartílago escapular. La musculatura axial que contribuye a los límites laterales de la cavidad visceral se inserta principalmente en las costillas pleurales, siendo su componente principal el *hypaxialis*.

**Organografía de la cavidad visceral.** La organografía o distribución de los

sistemas de órganos dentro de esta cavidad celómica en orden descendiente son:

**Tracto urogenital.** El tracto urogenital comprende dos sistemas, el sistema excretor que se conforma por el riñón, los conductos arquionéfricos y la vejiga urinaria. Y el sistema reproductor que está formado por las gónadas (testículos y ovarios) y su serie de conductos (fig. 15).

**Sistema excretor.** El riñón o mesonefros es alargado, a simple vista se compone de dos partes, anterior y posterior. La anterior consiste en dos lóbulos izquierdo y derecho, denominados lóbulos renales anteriores, que posteriormente se fusionan a nivel de la vértebra 5 y continúan su trayecto como un solo órgano, dando origen a la porción posterior, esta última corresponde aproximadamente a dos tercios de la longitud total del riñón. Además, los lóbulos renales anteriores tienen comunicación con el seno venoso del corazón. Así mismo, como en otros teleósteos la vena cardinal derecha está más desarrollada.

El riñón inicia en la base del neurocráneo a nivel de los huesos basioccipital y exoccipital y discurre lateralmente sobre en las primeras tres vértebras, y a partir de la 4 continúa su trayecto en posición ventral a la columna vertebral, donde se ve limitado por los procesos trasversos de las vértebras 5 a 10.

Cada lóbulo renal anterior en su superficie ventral, se observan los músculos *Levatores externi* y *Levator posterior*, que los imprimen fuertemente formando dos concavidades notablemente grandes. Por otra parte, las ramas de nervio vago (X) atraviesan a cada lóbulo renal anterior e imprimen surcos sobre su cara externa. Además, también son atravesados por los ligamentos de Baudelot, izquierdo y

derecho a nivel de la vértebra 1. Estos ligamentos se originan en dicha vértebra y se anclan cada uno a la cintura escapular correspondiente insertándose en la cara interna del supracleitrum.

Los conductos arquionéfricos salen del borde posterior del riñón por el lado izquierdo, descendiendo por el borde anterior del complejo primera espina hemal/primer pterigióforo anal, adosados a la vejiga gaseosa. Desde su extremo inferior ambos conductos se conectan a la vejiga urinaria, la cual esta adosada por su región superior a la vejiga gaseosa.

Los conductos salen por separado del riñón y posteriormente se fusionan y ensanchan formando la vejiga urinaria, de esta última se origina el conducto urinario común que tiene contacto con las gónadas y se abre al exterior mediante el orificio urogenital.

La vejiga urinaria es alargada, se ubica en la región posterior de la cavidad visceral, dorsalmente tiene contacto con la vejiga gaseosa, en su superficie anterior tiene contacto con el bazo y en la posterior con el primer pterigióforo de la aleta anal. Posteriormente de la vejiga se origina el conducto urinario común que se orienta hacia abajo y adelante. En los machos este conducto se une con el conducto espermático, formando el conducto urogenital, mientras que en las hembras se forma el conducto urinario que se abre al exterior mediante el orificio urinario (fig. 16).

**Sistema reproductor.** En *Caranx hippos* se compone de un par de gónadas, testículos u ovarios, además de una serie de conductos, que varían entre hembras

y machos.

El sistema reproductor en los machos tiene comunicación con el sistema excretor mediante el conducto urogenital que se comunica con los testículos y con la vejiga urinaria, el cual se abre al exterior por medio del orificio urogenital; mientras que en el sistema reproductor de las hembras no existe dicha conexión. En las hembras los óvulos salen del ovario mediante el oviducto, que se abre al exterior mediante el gonoporo. Así mismo, la vejiga urinaria desarrolla un conducto independiente, el conducto urinario, el cual finaliza en el orificio urinario.

Los ovarios y los testículos son órganos pareados, paralelos entre sí, se ubica uno a cada lado de la cavidad visceral, ovalados, asimétricos puesto que uno tiende a ser de mayor tamaño. De los ovarios se desprende el oviducto, el cual se abre al exterior mediante el gonoporo. En cambio, en los machos, de los testículos sale el conducto espermático, que se conecta al conducto urogenital, el cual a su vez se inserta a la vejiga urinaria, de esta última se desprende el conducto urinario común que se abre al exterior mediante el orificio urogenital. Los ovarios al madurar aumentan considerablemente su volumen hacia arriba. Asimismo, los testículos aumentan su volumen, pero de manera moderada (fig. 16).

La vejiga gaseosa se ubica en posición ventral al riñón y dorsal al tracto digestivo; ocupa aproximadamente un tercio del espacio de la cavidad visceral. Inicia a nivel de la primera y segunda vértebra precaudal. Se ancla mediante dos ligamentos al centro vertebral de la vértebra 2; desarrolla un lóbulo posterior izquierdo el cual es corto y una prolongación del lado derecho; dichas estructuras salen de los límites

de la cavidad visceral y pasan sobre la espina de la primera vértebra hemal y se extienden hasta la espina de la segunda vertebra caudal.

De estas estructuras antes mencionadas sobre sale la prolongación derecha de la vejiga gaseosa. Dicha prolongación permite la continuidad con la extensión interhemal de la vejiga gaseosa. Esta última inicia inmediatamente después de la vertebra 11 hasta la 21 y su tamaño se va reduciendo gradualmente.

Dicha extensión es un conducto formado por los procesos trasversos vertebrales y los espacios que existen entre estos, dichos espacios están cubiertos por tejido similar al de la vejiga gaseosa.

En su región antero ventral es visible parte de los vasos capilares de la glándula de gas que se divide en dos redes. La sangre es suministrada a dicha glándula mediante una rama de la arteria celíaca que se conecta a la red izquierda, de la cual aproximadamente a la mitad se desprende un capilar que comunica con la red derecha.

**Tubo digestivo.** El tubo digestivo de *C. hippos* está formado por el esófago, estómago, ciegos pilóricos, intestino y las glándulas anexas; hígado y páncreas. Además, puede observarse el bazo que es relativamente grande, este órgano no es un elemento del tubo digestivo, pero es adyacente.

El esófago inicia inmediatamente después de los arcos branquiales, es corto, de sección ovalada, musculoso con evidente capacidad de distensión. Su superficie interna está formada por pliegues longitudinales medianos y profundos.

El estómago inicia inmediatamente después del esófago, es relativamente largo, macizo y con evidente capacidad de distensión. La región cardiaca es de tamaño medio y la pilórica reducida; desde las cuales se extiende hacia atrás el ciego estomacal de tamaño medio. En la superficie interna de la primera porción del estómago se observan surcos profundos y anchos. En la región pilórica los surcos son más reducidos y someros. En su región más posterior se observa el esfínter pilórico. Después del esfínter se encuentra el duodeno que es largo y curvado del cual se desprenden tres ramas principales de los ciegos duodenales o pilóricos. Cabe mencionar que son notables los vasos sanguíneos que tienen contacto con el estómago; de los cuales destacan en el lado izquierdo; la arteria gastroesplénica, la vena gastroesplénica y del lado derecho la arteria y la vena gástrica; y en la porción posterior del estómago la arteria duodenoesplénica.

Los ciegos pilóricos son extremadamente abundantes, aproximadamente 3500, se originan del duodeno a partir de tres ramas principales de las cuales se desprenden numerosas ramas secundarias. La forma de estas ramas con sus ciegos pilóricos es similar a la de un abanico y se disponen en capas. Se distribuyen en dos grandes masas una en el lado izquierdo y otra del lado derecho de la cavidad visceral.

El Intestino inicia inmediatamente después del duodeno, es relativamente corto, forma tres asas. La mayor parte de su longitud se aprecia en el lado izquierdo de la cavidad visceral, la cual representa el 0.46 de la longitud patrón del pez. A simple vista se observan dos porciones una anterior y otra posterior, la primera es más delgada en comparación con la segunda que es notablemente más gruesa. y en este punto donde se presenta este cambio de grosor coincide con la ubicación de

la válvula intestinal. La porción anterior forma dos asas intestinales, la primera asa se forma un poco después del inicio del intestino, la segunda asa se forma en la fascia lateral izquierda del estómago a nivel de la segunda costilla pleural. La porción más gruesa forma a la tercera asa.

El hígado cubre ampliamente al esófago y al estómago; se definen tres lóbulos de aspecto triangular, uno izquierdo otro derecho y más uno ventral. La superficie anterior del hígado muestra las dos venas hepáticas, que se conectan al seno venoso del corazón. La vesícula biliar sobresale del ángulo posterior del lóbulo hepático derecho y tiene forma tubular.

El Bazo se ubica del lado derecho de la cavidad visceral de forma ovoide y es notablemente grande, tiene contacto con la porción antero ventral del estómago, y en esta porción tiene una escotadura que es impresa por la arteria duodenoesplécnica. Este órgano no es un elemento del tubo digestivo, pero es adyacente. (fig. 17, 18 y 19)

**Órganos de los sentidos.** El sistema olfatorio de *C. hippos* está formado por las narinas, los cartílagos nasales, rosetas olfatorias, los bulbos olfatorios, los tractos olfativos y los lóbulos olfatorios. Cada cápsula olfatoria tiene un par de aberturas (narinas), se ubican delante del ojo y se alinean con su línea media. Dentro de cada una de estas se encuentra un órgano del olfato o roseta olfatoria con 55 laminillas.

El sistema óptico está formado por los globos oculares, los pedúnculos ópticos, los músculos extraoculares, los nervios y quiasma ópticos. Los globos oculares presentaron un diámetro promedio de 11.6 mm, variando entre 10.6 y 13.0 mm.

El sistema de la línea lateral se compone por los canales cefálicos que comprenden a los canales supraorbitales, suborbitales, temporales, supratemporales; estos dos últimos con una gran cantidad de ramificaciones notablemente delgadas, además de los preopérculares, mandibulares y por último los canales del tronco, que están ubicados a uno a cada lado.

El sistema auditivo está formado por un par de órganos izquierdo y derecho. Cada oído interno está compuesto de tres conductos semi circulares, dos verticales y uno horizontal. Y tres sáculos denominados utrículo, sáculo y lagena; en los cuales se encuentran los otolitos lapillus, sagita y asteriscus respectivamente.

Los canales semicirculares se originan del sáculo; del cual se extiende una prolongación vertical que posteriormente se divide para formar el canal vertical anterior y posterior, estos se curvan y descienden hasta insertarse en el utrículo, en esta zona de inserción se desarrolla el canal semicircular horizontal. El utrículo tiene conexión en su región ventral con el sáculo y este a su vez con la lagena.

### **Aspectos comparativos**

Se reconoce que las especies de carángidos analizadas presentan el patrón morfológico general de las cavidades bucofaríngea y visceral descrito en los teleósteos superiores de tipo carnívoro, aunque se observan las siguientes diferencias.

Los huesos del esqueleto visceral están presentes en todas las especies excepto en *S. vomer*, que no presenta mesopterigoides. El ectopterigoides en *Caranx hippos*, *Chloroscombrus chrysurus*, *Decapterus punctatus* y *Selene vomer* es

notablemente largo y se une al prefrontal mediante el ligamento ectopterigoides-prefrontal, por el contrario, en *Trachinotus carolinus* es curvo y no desarrolla dicho ligamento. El hiomandibular de *C. hippos* desarrolla una cresta lateral con dos puntas, que tiene contacto con la extensión del suborbital 3, mientras que en las demás especies este hueso no desarrolla dichas crestas, cabe destacar que el hiomandibular de *S. vomer* es muy estrecho.

En cuanto a los componentes de la musculatura visceral las variaciones más sobresalientes son que las secciones A1 y A2 del músculo *adductor mandibulae* en *C. hippos* están bien desarrolladas, en cambio dichas secciones en *S. vomer* tienen un volumen notablemente reducido. Por otra parte, los músculos *levatores externi*, *interni* y *posterior*, así como los *retractor dorsalis* están muy desarrollados en *T. carolinus*, en comparación con las demás especies analizadas.

La dentición en *C. hippos*, *S. vomer* y *Decapterus punctatus*, se distribuye en el premaxilar, dentario, palatino, vómer, lengua y el aparato branquial, mientras que en *C. chrysurus* el ectopterigoides y el endopterigoides también llevan dientes. En cambio, en *T. carolinus* los dientes solo se distribuyen en las branquiespinas y en los faringobranquiales superiores e inferiores; aunque los dientes presentes en el faringobranquial inferior y los correspondientes del faringobranquial superior 3 están fusionados en placas gruesas y notablemente amplias.

*Caranx hippos* presenta una dentición bien desarrollada, con dientes cónicos bien definidos en el arco mandibular, en el premaxilar lleva una fila de dientes grandes y medianos, en el dentario una fila con elementos medianos y otra de tipo canino. En contraste el dentario y premaxilar de *Trachinotus carolinus* no llevan dientes; en *Decapterus punctatus*, *C. Chrysurus* y *S. vomer* presentan dientes notablemente

pequeños.

Los dientes presentes en el palatino, vómer y la lengua son pequeños en todas las especies con excepción de *T. carolinus* que no lleva dientes. En *S. vomer* los palatinos y linguales son romos; en *D. punctatus* los linguales son relativamente grandes; en *C. chrysurus* el ectopterigoides y el endopterigoides también llevan dientes muy juntos y extremadamente pequeños.

El aparato branquial de todas las especies lleva dientes pequeños sobre las branquiespinas, asimismo se presentan placas con dientes muy pequeños sobre los basibranchiales, excepto en *T. carolinus*.

Los dientes que se distribuyen en los faringobranquiales superiores e inferiores son en su mayoría cónicos curvados hacia el esófago y algunos romos, y varían solo en tamaño, con excepción de *T. carolinus* en la cual dichos dientes forman placas gruesas y amplias en los faringobranquiales inferiores y superiores 3.

En cuanto a la organización de la cavidad visceral se presentan las siguientes variaciones. En las especies de cuerpo corto y alto como *S. vomer* y *C. chrysurus*, la fusión del riñón se localiza a nivel de la vértebra 2, en cambio en *C. hippos*, *D. punctatus* y *T. carolinus* la fusión se presenta a nivel de la vértebra 5.

La vejiga gaseosa de todas las especies presenta dos lóbulos anteriores izquierdo y derecho, excepto en *T. carolinus* que no desarrolla dichos lóbulos. Como muestra la tabla comparativa de la cavidad visceral los lóbulos varían en longitud, sobre sale *S. vomer* debido a que los lóbulos posteriores se extienden hasta la espina hemal 5, así mismo *C. hippos* desarrolla una extensión interhemal de la vejiga gaseosa que llega hasta la vértebra 21.

En cuanto al tubo digestivo se observó que el esófago y estómago de *C. hippos* y

*T. carolinus* son de aspecto musculoso y con evidente capacidad de distensión. En *C. hippos* el estómago es relativamente grande, mientras que en *D. punctatus*, *S. vomer* y *T. Carolinus* es mediano y en *C. chrysurus* es corto. Los ciegos pilóricos varían principalmente en número, *C. hippos* presenta una gran cantidad, alrededor de 3500, *S. vomer* 72, *C. chrysurus* 16, *D. punctatus* y *T. carolinus* 13. El índice intestinal varía entre especies, en *T. carolinus* es de 0.697, en *S. vomer* de 0.50, en *C. chrysurus* 0.49, *D. punctatus* 0.48, y *C. hippos* 0.46.

**Tabla 2.** Medidas promedio en mm y características morfológicas de *Caranx hippos*, *Selene vomer*, *Chloroscombrus chrysurus*, *Decapterus punctatus* y *Trachinotus carolinus*.

	<i>Caranx hippos</i>	<i>Selene vomer</i>	<i>Chloroscombrus chrysurus</i>	<i>Decapterus punctatus</i>	<i>Trachinotus Carolinus</i>
<b>BC</b>	terminal	basal terminal	superior	protráctil	inferior protráctil
<b>LE</b>	160 mm (150-173)	219.3mm (205-235)	116mm (98-150)	133.95 mm (122.0-160.4)	184.7mm (170-205)
<b>EC</b>	25.01 mm (28.58-21.10)	26.9 mm (23.96-30.29)	14.04 mm (7.59-90)	14.34 mm (12.72-17.60)	25.1 mm (22.21-29.49)
<b>AMC</b>	57.86 mm (53.9-62.19)	133.19 mm (125.15-146.9)	49.59 mm (44.04-59.98)	31.29 mm (29.16-33.36)	84.38 mm (77.7-92.73)
<b>LPA</b>	97.9 mm (88.0-164.41)	116.39 mm (109.32-126.83)	44.9 mm (39.0-57.0)	76.97 mm (60.05-68.50)	99.55mm (91-115)
<b>DO</b>	11.62 mm (10.61-13.0)	15.76 mm (14.24-17.25)	9.21 mm (7.98-11.20)	12.23 mm (11.96-12.65)	11.02 (9.66-11.96)
<b>LC</b>	48.55 mm (43.38-45.11)	69.35 mm (61.0-79.05)	29.67 mm (25.91-35.73)	40.12 mm (36.05-45.03)	48.77 mm (44.88-53.07)
<b>NB</b>	22.45 (22-24)	31.05 (30-32)	39.9 (39-45)	47.35 (46-49)	13.3 (13-15)

Boca (BC), longitud estándar (LE), espesor del cuerpo (EC), altura máxima del cuerpo (AMC), longitud preanal (LPA), diámetro del ojo (DO), Longitud cefálica (LC), numero de braquiespinas (NB). Debajo de la medida promedio se encuentran las medidas mínimas y máximas (max-min). Los valores de las branquiespinas son en unidad.

**Tabla 3.** Comparación de los resultados obtenidos al calcular los índices ecomorfológicos de las cinco especies de la familia Carangidae.

<b>Índice</b>	<i>Caranx hippos</i>	<i>Chloroscombrus chrysurus</i>	<i>Decaptrus punctatus</i>	<i>Selene vomer</i>	<i>Trachinotus carolinus</i>	<b>Posibles implicaciones ecológicas</b>
<b>Compresión</b>	2.313	3.533	2.181	4.951	3.361	Valores altos indican que habitan aguas tranquilas
Longitud relativa del pedúnculo caudal	7.8%	8.8%	4.1%	8.2%	6.3%	valores altos indican que la especie es buena nadadora
Altura Relativa del Pedúnculo Caudal	12.83%	10.83%	3.77%	8.57%	17.91%	valores bajos indican un potencial reducido de maniobrabilidad
Espesor Relativo del Pedúnculo caudal	45.93%	31.62%	36.40%	34.10%	35.65%	Valores altos indican una buena capacidad para la natación continua
Tamaño relativo del ojo	7.26%	7.93%	9.13%	7.69%	5.97%	Valores altos se relacionan con la detección de alimentos y el uso de la visión durante el comportamiento depredador
Apertura relativa de la boca	58%	41%	50%	22%	28%	
Ancho relativo de la boca	75%	71%	73%	61%	71%	Valores altos se relacionan con especies piscívoras y que capturan presas grandes
Área relativa apertura de la boca	5%	2%	4%	1%	2%	
Protrusión relativa	0%	13%	8%	3%	10%	

**Tabla 4.** Comparación de los huesos que forman al esqueleto visceral de *Caranx hippos*, *Chloroscombrus chrysurus*, *Decapterus punctatus* y *Trachinotus carolinus*.

<b>Grupo</b>	<b>hueso</b>	<i>Caranx hippos</i>	<i>Chloroscombrus chrysurus</i>	<i>Decapterus punctatus</i>	<i>Selene vomer</i>	<i>Trachinotus Carolinus</i>
Mandíbula superior	maxilar	*	*	*	*	*
	premaxilar	*	*	*	*	*
	supremaxilar	*	*	*	*	*
Mandíbula inferior	dentario	*	*	*	*	*
	articular	*	*	*	*	*
	angular	*	*	*	*	*
Serie palatina	palatino	*	*	*	*	*
	endoterigoides	*	*	*	X	*
	metapterigoides	*	*	*	*	*
	ectoterigoides	*	*	*	*	*
Suspensión mandibular	hiomandibular	*	*	*	*	*
	metapterigoides	*	*	*	*	*
	simpletico	*	*	*	*	*
	cuadrado	*	*	*	*	*
Aparato hioideo	hipohial dorsal	*	*	*	*	*
	hipohial ventral	*	*	*	*	*
	ceratohial	*	*	*	*	*
	epihial	*	*	*	*	*
	branquiostegos	7	7	7	7	7
	basihial	*	*	*	*	*
	urohial	*	*	*	*	*
Aparato branquial	basibranquial 1-4	*	*	*	*	*
	hipobranquiales 1-3	*	*	*	*	*
	ceratobranquiales 1-5	*	*	*	*	*
	epibranquiales 1-4	*	*	*	*	*
	faringobranquiales 1-4	*	*	*	*	*

**Tabla 5.** Comparación de los elementos de la musculatura visceral de *Caranx hippos*, *Chloroscombrus chrysurus*, *Decapterus punctatus*, *Selene vomer* y *Trachinotus carolinus*.

Grupo	músculos	<i>Caranx hippos</i>	<i>Chloroscombrus chrysurus</i>	<i>Decapterus punctatus</i>	<i>Selene vomer</i>	<i>Trachinotus carolinus</i>
<b>a</b>	<i>Adductor mandibulae</i>	sección A1	*	*	*	*
		sección A2	*	*	*	*
		sección A3	*	*	*	*
		sección Aw	*	*	*	*
<b>b</b>	<i>adductor arcus palatini</i>	*	*	*	*	*
	<i>levator arcus palatini</i>	*	*	*	*	*
	<i>adductor hyomandibulae</i>	*	*	*	*	*
	<i>dilatador operculi</i>	*	*	*	*	*
	<i>levator operculi</i>	*	*	*	*	*
<b>c</b>	<i>levator externi</i>	*	*	*	*	*
	<i>levator interni</i>	*	*	*	*	*
	<i>levator posterior</i>	*	*	*	*	*
<b>d</b>	<i>protactor hyodei</i>	*	*	*	*	*
	<i>rectos comunis</i>	*	*	*	*	*
	<i>sternohyoideus</i>	*	*	*	*	*
	<i>pharyngoclavicularis externus</i>	*	*	*	*	*
	<i>pharyngoclavicularis internus</i>	*	*	*	*	*
	<i>retactores dorsales</i>	*	*	*	*	*
<b>f</b>	<i>transversus dorsalis anterioris</i>	*	*	*	*	*
	<i>transversus dorsalis posterioris</i>	*	*	*	*	*
	<i>transversus ventralis V</i>	*	*	*	*	*
	<i>transversus ventralis IV</i>	*	*	*	*	*
	<i>abductor V</i>	*	*	*	*	*
	<i>obliqui ventrales I-III</i>	*	*	*	*	*

- a)** músculos que relacionan a las suspensiones mandibulares con las mandíbulas superiores e inferiores  
**b)** músculos que relación al neurocráneo con el paladar, las suspensiones mandibulares y los opérculos  
**c)** músculos que relacionan el neurocráneo con las ramas superiores de los arcos branquiales  
**d)** músculos relacionan el aparato hioideo con las mandíbulas y los cleitra con los huesos faríngeos inferiores y el urohial  
**e)** músculos que relacionan los huesos franningobranquiales con las primeras vertebras.  
**f)** músculos dorsales de aparato branquial  
 El color rojo denota los músculos más desarrollados

**Tabla 6.** Comparación de la dentición de *Caranx hippos*, *Chloroscombrus chrysurus*, *Decapterus punctatus*, *Selene vomer* y *Trachinotus carolinus*.

	<b><i>Caranx hippos</i></b>	<b><i>Chloroscombrus chrysurus</i></b>	<b><i>Decapterus punctatus</i></b>	<b><i>Selene vomer</i></b>	<b><i>Trachinotus Carolinus</i></b>
<b>premaxilar</b>	1 fila de dientes grandes y 4 filas grandes elementos medianos	2 a 3 filas de dientes irregulares de tamaño pequeño	1 fila con 4 a 6 dientes cortos	3 hileras irregulares de elementos muy pequeños	sin dientes
<b>dentario</b>	1 fila de elementos medianos y otra fila con 2 grandes	1 fila de elementos pequeños y la 2a fila de unos cuantos elementos	muy pequeños	2 filas de dientes muy pequeños	sin dientes
<b>palatino</b>	pequeños	pequeños	pequeños	muy pequeños y romos	sin dientes
<b>vómer</b>	pequeños	pequeños	pequeños	muy pequeños	sin dientes
<b>lengua</b>	pequeños	pequeños	medianos	muy pequeños y romos	sin dientes
<b>ectoterigoides</b>	no	pequeños	no	no	sin dientes
<b>endopterigoides</b>	no	pequeños	no	no	sin dientes
<b>aparato branquial</b>	pequeños sobre placas y medianos en las branquiespinas	pequeños	pequeños	pequeños sobre placas y en las branquiespinas medianos	muy pequeños en placas y sobre las branquiespinas
<b>faríngeo branquial superior e inferior</b>	cónicos y robustos	pequeños	medianos	cónicos y romos	Fusionados en placas gruesas

**Tabla 7.** Comparación de la organografía de la cavidad visceral de *Caranx hippos*, *Selene vomer*, *Chloroscombrus chrysurus*, *Decapterus punctatus* y *Trachinotus carolinus*. EH= espina hemal.

	<i>Caranx hippos</i>	<i>Choloscombrus chrysurus</i>	<i>Decapterus punctatus</i>	<i>Selene vomer</i>	<i>Trachinotus carolinus</i>
<b>Cavidad visceral</b>	alargada	corta	alargada	corta	alargada
<b>Fusión del riñón</b>	5a vértebra	2a vértebra	5a vértebra	2a vértebra	5a vértebra
<b>Descenso de los conductos arquinéfricos</b>	izquierdo	izquierdo	centro	izquierdo	centro
<b>Gónadas</b>	pareadas	pareadas	Pareadas y extraviscerales	pareadas	pareadas
<b>Vejiga gaseosa</b>	Un lóbulo izq. y extensión interhemal	dos lóbulos extraviscerales (hasta la 2 EH)	2 lóbulos (hasta la 4 EH)	dos lóbulos extraviscerales (hasta la 5 EH)	sin lóbulos
<b>Esófago</b>	corto, distensible	corto	corto	corto	corto distensible
<b>Estómago</b>	grande	corto	mediano	mediano	grande
<b>Número de ciegos pilóricos</b>	3500	16	13	72	13
<b>Intestino</b>	0.46	0.49	0.48	0.5	0.697
<b>Bazo</b>	ovalado	ovoide	piramidal	piramidal	ovoide
<b>Hígado</b>	3 lóbulos	2 lóbulos	2 lóbulos	3 lóbulos	3 lóbulos
<b>Número de branquiespinas</b>	22	40	47	30	13

**Tabla 8.** Comparación de aspectos de la morfología gruesa de los principales órganos de los sentidos de *Caranx hippos*, *Choloroscombrus crysurus*, *Decapterus punctatus*, *Selene vomer* y *Trachinotus Calorinus*

	<b><i>Caranx hippos</i></b>	<b><i>Choloroscombrus crysurus</i></b>	<b><i>Decapterus punctatus</i></b>	<b><i>Selene vomer</i></b>	<b><i>Trachinotus carolinus</i></b>
<b>Tamaño relativo del ojo</b>	0.073	0.079	0.092	0.077	0.060
<b>posición de ojo con respecto a la línea media</b>	alineado	sobre	alineado	debajo	debajo
<b>posición de las narinas con referencia ojo</b>	en el punto medio	arriba del punto medio	arriba del ojo	en el punto medio	en el punto medio
<b>numero de laminillas de la roseta olfatoria</b>	56	32	40	52	50
<b>Canales supratemporales</b>	delgados con numerosas ramificaciones muy finas	gruesos con ramificaciones que termina en poros	gruesos con numerosas ramificaciones, que se extiende hasta el inicio de la aleta dorsal suave	gruesos con escasas ramificaciones	muy delgados y poros
<b>Canales temporales</b>	delgados con numerosas ramificaciones muy finas	gruesos con ramificaciones	gruesos con ramificaciones	gruesos con escasas ramificaciones	delgados con ramificaciones poros
<b>Canales supraorbitales</b>	delgados con numerosas ramificaciones muy finas	gruesos con ramificaciones	gruesos con ramificaciones	gruesos con ramificaciones	delgados con ramificaciones y poros
<b>Canales suborbitales</b>	gruesos con ramificaciones	gruesos con ramificaciones	gruesos con ramificaciones	gruesos y con ramificaciones	delgados con ramificaciones y poros
<b>Canales mandibulares</b>	gruesos con ramificaciones	gruesos con ramificaciones	gruesos con ramificaciones	gruesos con algunas ramificaciones muy cortas	delgados, ramificados y con poros
<b>Canales laterales</b>	uno a cada lado	uno a cada lado	uno a cada lado	uno a cada lado	uno a cada lado

**Tabla 9.** Información recopilada sobre la alimentación reportada en la literatura de *Caranx hippos*, *Chloroscombrus chrysurus*, *Decapterus punctatus* y *Selene vomer*.

	<b>Nivel trófico (Fish base)</b>	<b>Tipo de presa</b>	<b>Dieta literatura</b>	<b>Cita</b>
<b><i>Caranx hippos</i></b>	<b>3.6 ±0.4</b>	peces crustáceos	peces peneidos estómapodos	Fagade y Olaniyan, (1973) Saloman y Naughton, (1984)
<b><i>Chloroscombrus chrysurus</i></b>	<b>3.5 ±0.2</b>	zooplancton	copépodos, plantófago larvas de moluscos	Chaves y Umbria (2003) Cunha <i>et al.</i> (2000 y 2008)
<b><i>Decapterus punctatus</i></b>	<b>4.4 ±0.0</b>	zooplancton holoplancton	copépodos moluscos decápoda, calanoideos cyclopoideos	Donaldson y Calvijo, (1994) Stanton (1987)
<b><i>Trachinotus carolinus</i></b>	<b>3.5 ±0.6</b>	bivalvos crustáceos moluscos	<i>Dorax variabilis</i> <i>Emerita talpoida</i> <i>Tellina sp.</i> <i>Tivela mactroides</i>	Armitage y Alevizon, (1980) Denadai <i>et al.</i> (2003)
<b><i>Selene vomer</i></b>	<b>4.3 ±0.4</b>	peces pequeños crustáceos gusanos	peces pequeños copépodos misidáceos poliquetos	Buchheister y Latour (2015) Cunha <i>et al.</i> (2008)

### **Resultados del análisis de los datos.**

De las variables morfológicas se seleccionaron las más representativas de acuerdo con el análisis anatómico, sumando un total de 10. Posteriormente se analizaron los datos de las cinco especies de carángidos. Los datos obtenidos se ordenados en un espacio morfológico multidimensional utilizando los dos primeros componentes principales del PCA, que explicaron el 76.52% de la varianza acumulada total, los resultados del análisis de componentes principales se muestran en la Tabla 10.

El diagrama de dispersión entre estos dos componentes (Fig. 2) muestra claramente 4 grupos, en función de las variables morfológicas consideradas, en el cual se observa que existe segregación morfológica entre especies, excepto entre *Chloroscombrus chrysurus* y *Decapterus punctatus* en las que se observa sobre posición.

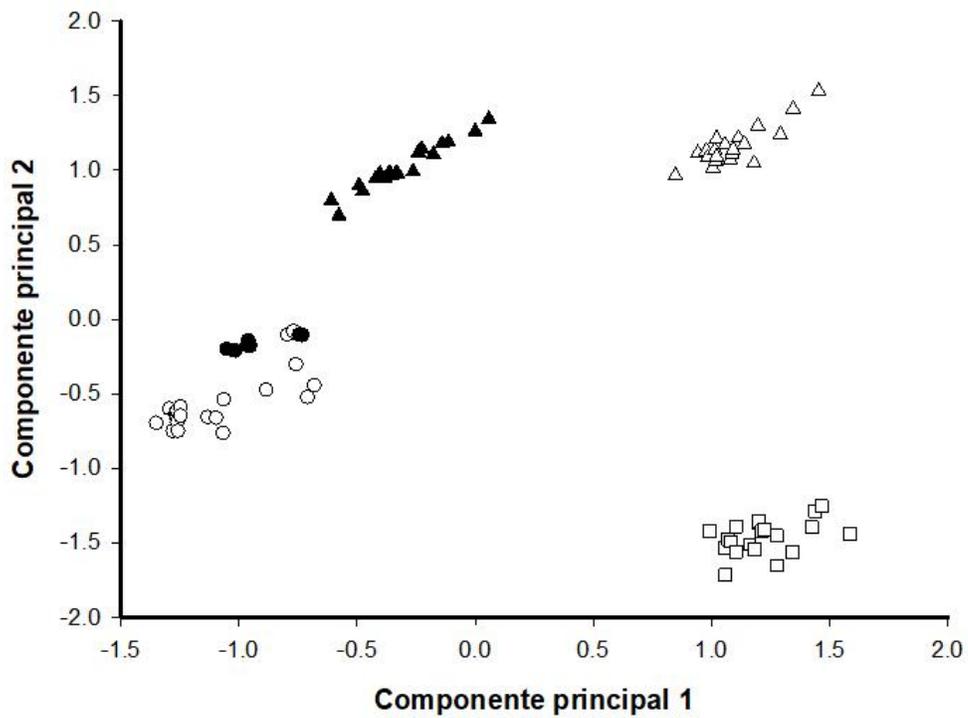
Asimismo, los resultados del análisis de discriminantes mostraron una varianza acumulada para las dos primeras funciones del 92% y diferencias multivariadas significativas entre especies (tabla 2). De acuerdo con la matriz de estructura señaló que para la primera función discriminante el número de ciegos pilóricos fue la variable más importante en la separación de las especies, seguida por la retractilidad. Para la segunda función, las variables más importantes en la separación fueron altura cefálica, retractilidad y el diámetro del ojo.

**Tabla 10.** Resultados del análisis de componentes principales

	<b>Total</b>	<b>% de varianza</b>	<b>% acumulado</b>
<b>1</b>	4.543	45.434	45.434
<b>2</b>	3.109	31.086	76.519
<b>3</b>	1.903	19.033	95.552
<b>4</b>	0.268	2.681	98.232
<b>5</b>	0.117	1.169	99.401
<b>6</b>	0.036	0.362	99.763
<b>7</b>	0.013	0.126	99.889
<b>8</b>	0.006	0.064	99.954
<b>9</b>	0.005	0.046	99.999
<b>10</b>	6.94E-05	0.001	100

**Tabla 11.** Resultados del análisis de discriminantes para las cuatro primeras funciones. El cual mostró diferencias multivariadas significativas entre especies

<b>Función</b>	<b>Variabilidad %</b>	<b>variabilidad acumulada %</b>	<b>Lambda de Wilks</b>	<b>Chi- cuadrado</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Significancia</b>
<b>1</b>	71.5	71.5	0.000	1729.660	32	<0.00001
<b>2</b>	20.5	92	0.000	1108.715	21	<0.00001
<b>3</b>	7.4	99.4	0.001	602.812	12	<0.00001
<b>4</b>	0.6	100	0.127	191.133	5	<0.00001



**Fig. 2** La grafica muestra los valores del primer y segundo componente principal de las variables morfológicas que indican la separación entre especies (▲) *Caranx hippos*, (○) *Chloroscombrus chrysurus*, (●) *Decapterus punctatus*, (△) *Selene vomer* (□) *Trachinotus carolinus*.

**Tabla 12.** Matriz de estructuras. La matriz de estructura señaló que para la primera función discriminante el Número de ciegos pilóricos fue la variable más importante en la separación de las especies, seguida por Protrusión para la segunda función, las variables más importantes en la separación fueron altura cefálica, altura del cuerpo, y diámetro del ojo.

<b>Caracteres morfológicos</b>	<b>Función</b>	
	1	2
<b>Número de ciegos pilóricos</b>	.957*	-0.184
<b>Altura cefálica</b>	-0.027	.701*
<b>Altura del cuerpo</b>	-0.033	.497*
<b>Ancho del pedúnculo caudal</b>	-0.047	0.130
<b>Diámetro del ojo</b>	0.003	0.173
<b>Longitud del intestino</b>	-0.038	0.109
<b>Aérea de apertura bucal</b>	0.050	0.058
<b>Retractilidad</b>	-0.113	-0.083

**Tabla 13.** Prueba de igualdad de medias de grupos

<b>Caracteres morfológicos</b>	<b>Lambda de Wilks</b>	<b>F</b>	<b>gl1</b>	<b>gl2</b>	<b>Sig</b>
Altura cefálica	0.008	3031.379	4	95	<0.00001
Área de apertura bucal	0.191	100.32	4	95	<0.00001
Altura del cuerpo	0.013	1827.914	4	95	<0.00001
Diámetro del ojo	0.091	236.206	4	95	<0.00001
Ancho del pedúnculo caudal	0.02	1147.065	4	95	<0.00001
Protrusión	0.072	303.952	4	95	<0.00001
Longitud de intestino	0.044	519.486	4	95	<0.00001
Número de ciegos pilóricos	0.001	18114.776	4	95	<0.00001

**Tabla 14.** Tabla con los valores biométricos de *Caranx hippos*

<b>Caracteres morfológicos</b>	<b>Media</b>	<b>Desviación estándar</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>	<b>Rango</b>	<b>CI (95%) inferior</b>	<b>CI (95%) superior</b>
Número de ciegos pilóricos	3499.5	115.348	3298	3756	458	3445.515	3553.485
Altura de la cabeza	45.114	2.26	40.42	48.38	7.96	44.05	46.17
Área de apertura bucal	337.33	70.64	221.69	470.21	248.52	304.26	370.39
Altura del cuerpo	57.859	2.25	53.9	62.19	8.29	56.804	58.914
Diámetro del ojo	11.919	0.577	10.61	13	2.39	11.348	11.88
Ancho el pedúnculo caudal	7.42	0.63	6.41	8.72	2.31	7.128	7.71
Retractilidad	0	0	0	0	0	0	0
Longitud del intestino	73.51	3.5	0.791	79.12	11.62	71.86	75.17
Número de branquiespinas	22.45	0.686	22	24	2	22.128	22.77

**Tabla 15.** Tabla con los valores biométricos de *Chloroscombrus chrysurus*

<b>Caracteres morfológicos</b>	<b>Media</b>	<b>Desviación estándar</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>	<b>Rango</b>	<b>CI (95%) inferior</b>	<b>CI (95%) superior</b>
Número de ciegos pilóricos	16	0	16	16	0	16	16
Altura cefálica	32.07	4.512	24.89	41.24	16.35	29.5	34.18
Área de apertura bucal	86.46	32.14	48.68	186.729	138.04	71.42	101.5
Altura del cuerpo	49.59	5.3	44.04	59.98	15.94	47.1	59.98
Diámetro del ojo	9.204	1.074	7.98	11.2	3.22	8.7	9.7
Ancho del pedúnculo caudal	5.37	0.78	4.48	7.04	2.56	5.00	5.73
Retractilidad	3.88	0.73	2.34	5.36	3.02	3.53	4.22
Longitud del intestino	56.877	7.289	48.02	73.5	25.48	53.46	60.288
Número de branquiespinas	39.9	1.58	39	45	6	39.15	40.64

**Tabla 16.** Tabla con los valores biométricos de *Decapterus punctatus*

<b>Caracteres morfológicos</b>	<b>Media</b>	<b>Desviación Estandar</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>	<b>Rango</b>	<b>CI (95%) inferior</b>	<b>CI (95%) superior</b>
Número de ciegos pilóricos	12.95	0.223	12	13	1	12.84	13.05
Altura cefálica	28.32	0.933	27.43	29.65	2.22	27.89	28.76
Área de apertura bucal	147.49	26.47	110.87	181.81	70.93	135.10	159.88
Altura del cuerpo	31.28	1.83	29.16	33.36	4.2	30.42	32.14
Diámetro del ojo	12.23	0.277	11.96	12.65	0.69	12.10	12.35
Ancho del pedúnculo caudal	5.055	0.252	4.81	5.46	0.65	4.93	5.17
Retractilidad	3.29	0.094	3.14	3.38	0.24	3.24	3.33
Longitud del intestino	64.87	7.78	54.81	78.24	23.43	61.23	68.52
Número de branquiespinas	47.35	0.67	46	49	3	47.03	47.66

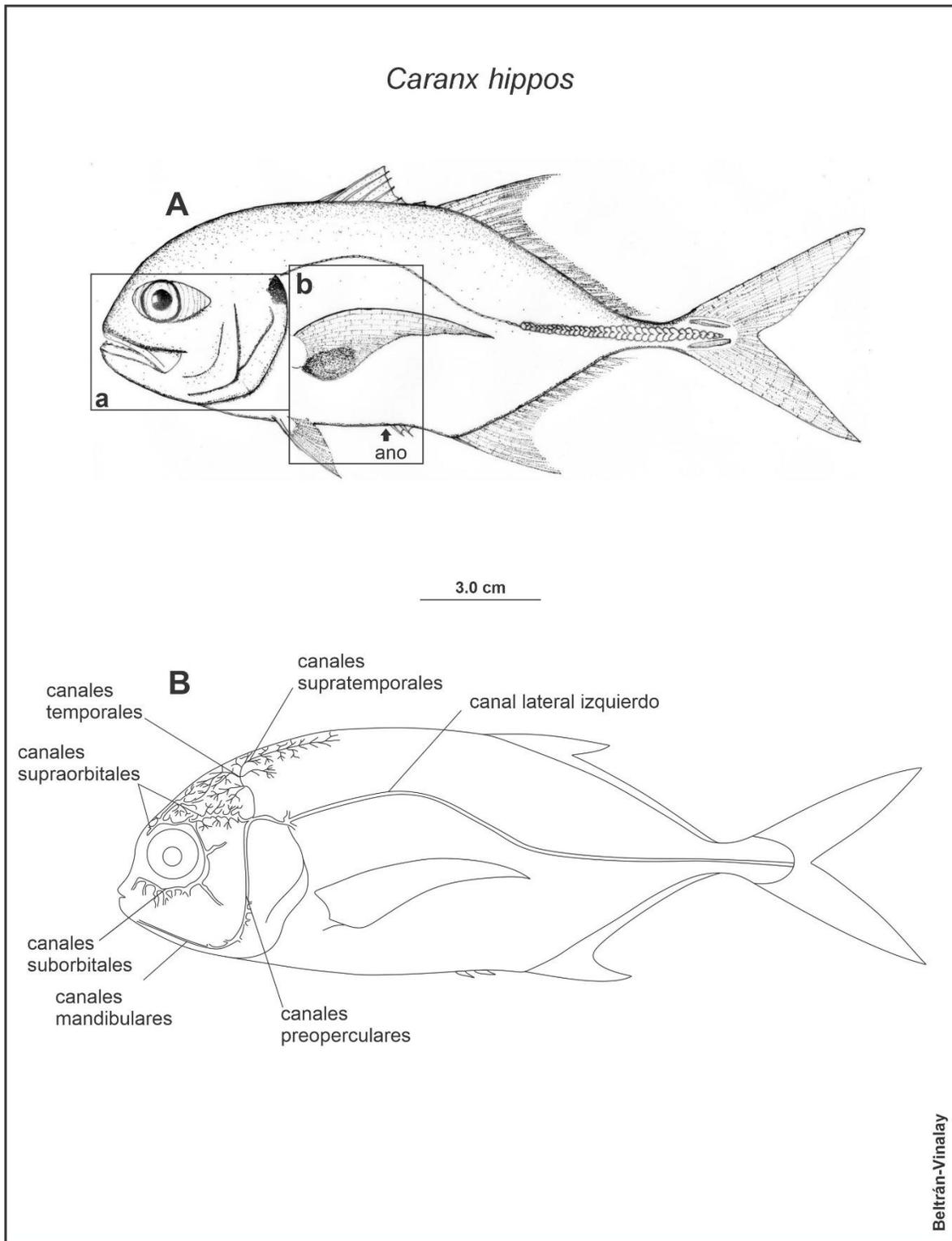
**Tabla 17.** Tabla con los valores biométricos de *Selene vomer*

<b>Caracteres morfológicos</b>	<b>Media</b>	<b>Desviación estándar</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>	<b>Rango</b>	<b>CI (95%) inferior</b>	<b>CI (95%) superior</b>
Número de ciegos pilóricos	72	0	72	72	0	72	72
Altura cefálica	123.83	3.687	118.84	131.72	12.88	122.11	125.56
Área de apertura bucal	285.05	47.302	178.04	410.90	232.86	262.91	307.18
Altura del cuerpo	133.19	5.40	125.15	146.9	21.75	130.66	135.72
Diámetro del ojo	15.76	0.722	14.24	17.25	3.01	15.42	16.10
Ancho del pedúnculo caudal	11.419	0.363	10.8	12.17	1.37	11.249	11.58
Retractilidad	1.96	0.389	1.22	2.73	1.51	1.77	2.14
Longitud del intestino	109.86	4.288	102.5	117.5	15	107.86	111.87
Número de branquiespinas	31.05	0.088	30	32	2	30.86	31.23

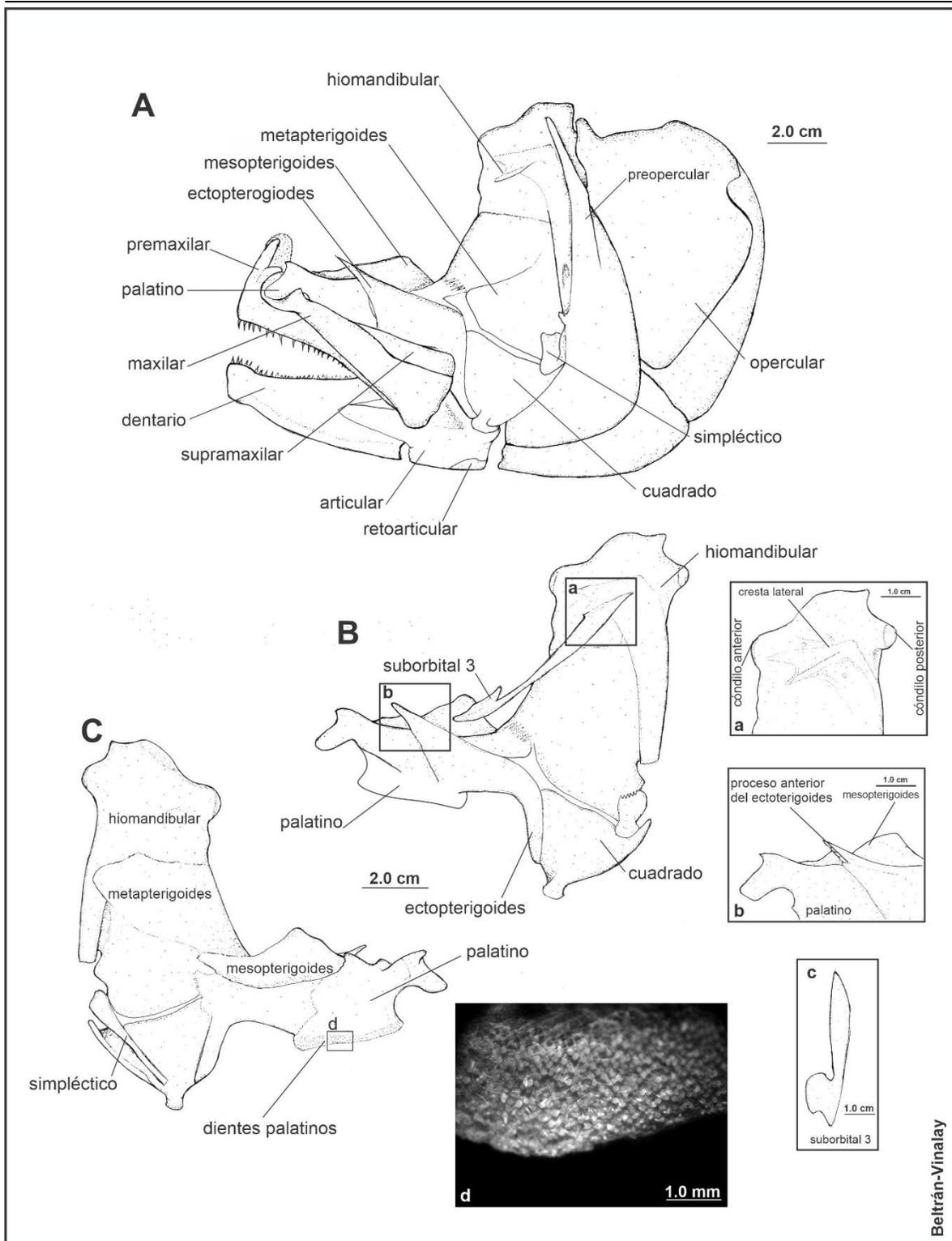
**Tabla 18.** Tabla con los valores biométricos de *Trachinotus carolinus*

<b>Caracteres morfológicos</b>	<b>Media</b>	<b>Desviación estándar</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>	<b>Rango</b>	<b>CI (95%) inferior</b>	<b>CI (95%) superior</b>
Número de ciegos pilóricos	13	0	13	13	0	13	13
Altura cefálica	55.3345	3.15733	49.35	60.17	10.82	53.85	56.812
Área de apertura bucal	232.06	36.142	176.09	311.95	135.855	215.1457	248.97
Altura del cuerpo	84.38	4.425	77.7	92.73	15.03	82.31	86.459
Diámetro del ojo	11.02	0.599	9.66	11.96	2.3	10.739	11.30
Ancho del pedúnculo caudal	15.112	0.645	14.07	16.18	2.11	14.80	15.41
Retractilidad	4.66	0.1428	3.5	5.8	2.3	4.362	4.96
Longitud del intestino	128.76	6.3530	118.49	142.9	24.41	125.79	131.73
Número de branquiespinas	13.6	0.994	13	16	3	13.13	14.06

# Laminas



**Fig. 3.** A) Morfología externa de *Caranx hippos* a) ubicación de la cavidad bucofaríngea y b) ubicación de la cavidad visceral y B) Distribución de los canales del sistema de la línea lateral.



**Fig. 4.** Esqueleto visceral de *Caranx hippos*. Series mandibular, palatina, suspensión mandibular y opercular, A) Vista lateral izquierda B) Vista lateral izquierda de la serie palatina y suspensión mandibular incluyendo el suborbital 3, C) Vista de la superficie interna de la serie palatina y la suspensión mandibular, a) cresta hiomandibular b) proceso anterior del ectoterigoides, c) Suborbital 3 y d) Fotografía de los dientes palatinos.

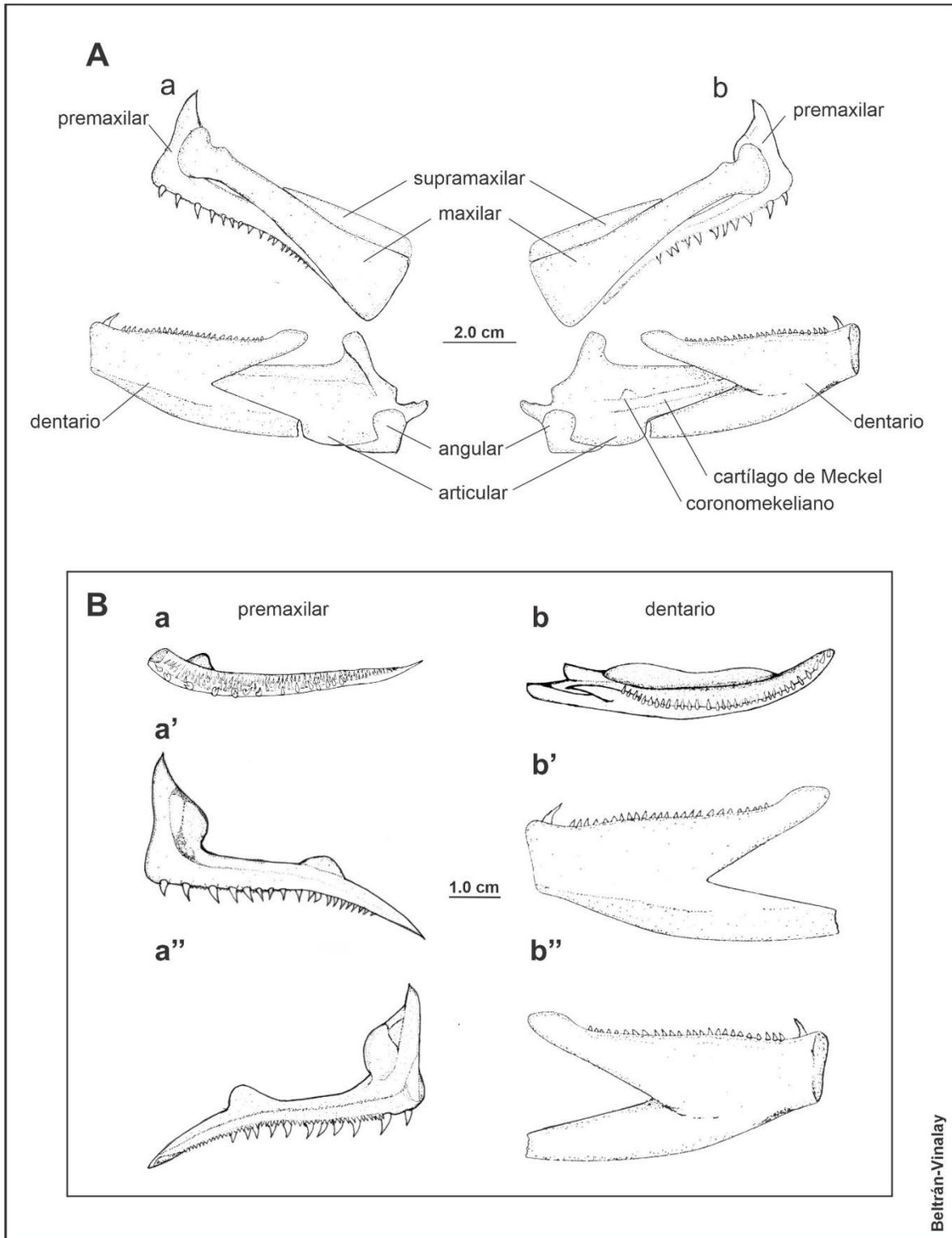


Fig. 5. A) Mandíbulas de *Caranx hippos*. a) Vista lateral izquierda y b) Vista interna de la mandíbula izquierda y B) a) Premaxilar y b) dentario en vista a y b vista dorsal, a' y b' lateral izquierda, a'' y b''

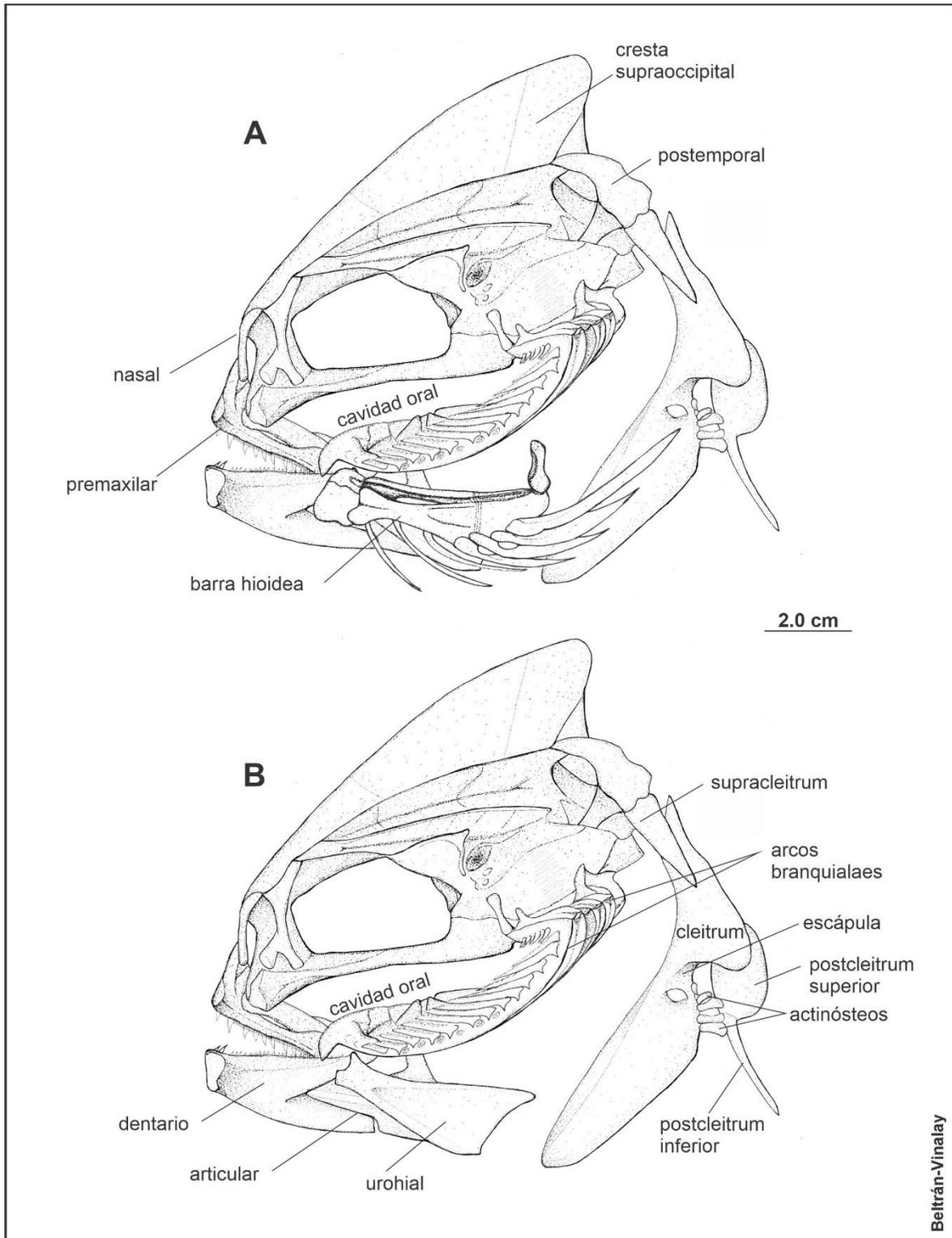


Fig. 6. Vista de lateral izquierda los huesos que forman la cavidad oral. A) apariencia con la barra hioidea izquierda y B) sin la barra hioidea izquierda y detalle de la ubicación del urohial.

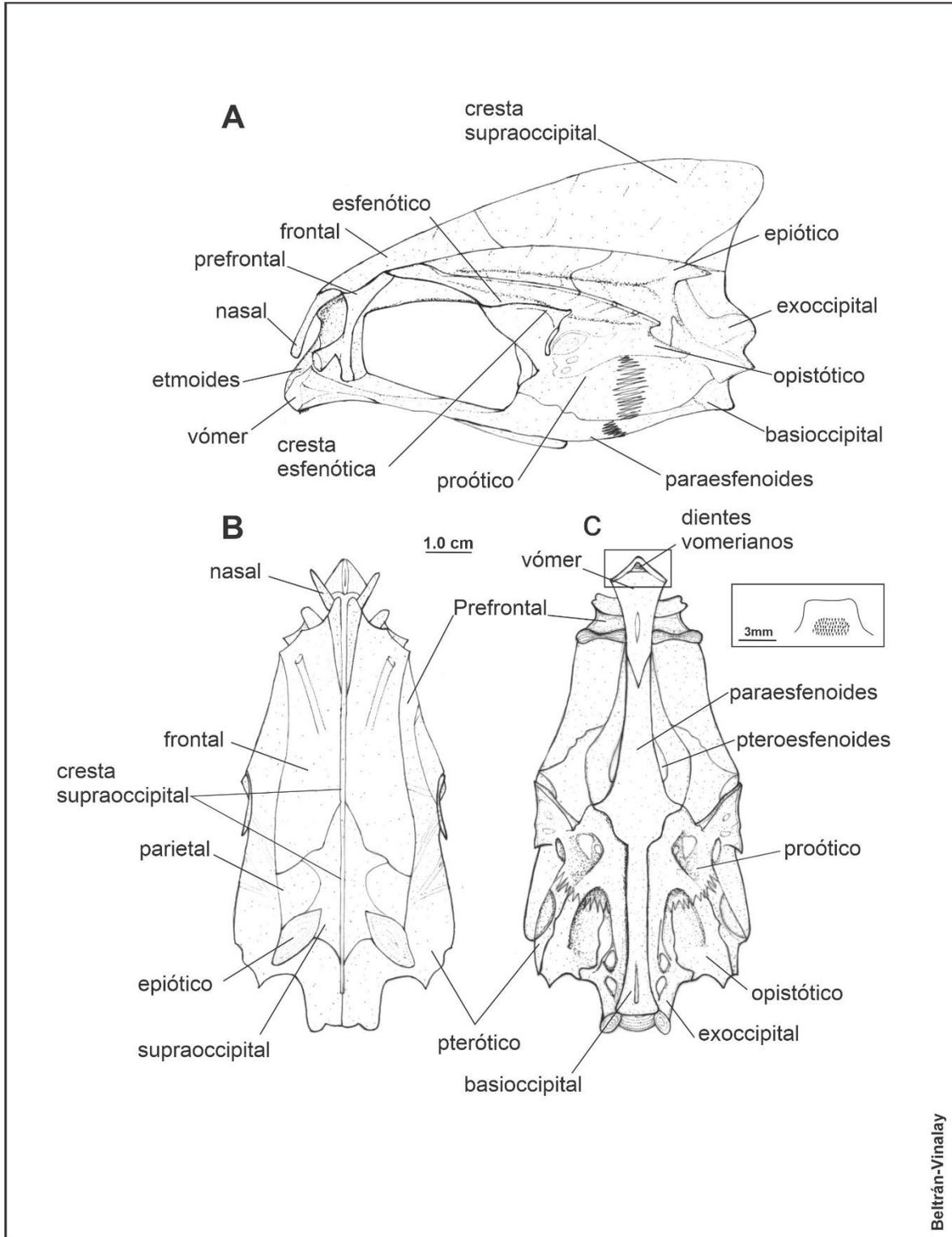


Fig. 7. Detalle del neurocráneo de *Caranx hippos*. A) Vista lateral izquierda, B) Vista dorsal y C) Vista ventral

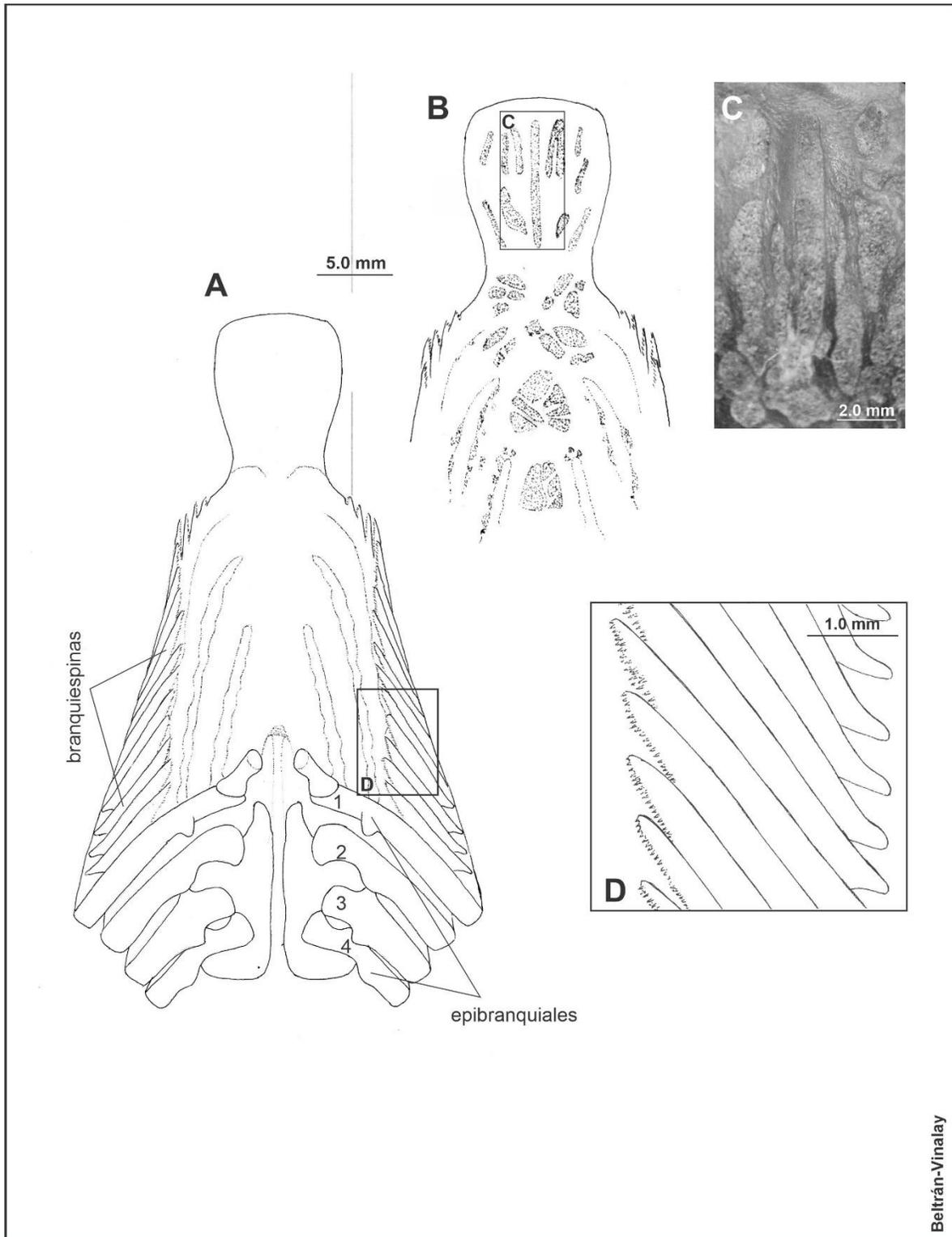


Fig. 8. Aparato branquial de *Caranx hippos* A) Vista dorsal del aparato branquial, B) Detalle las placas dentadas sobre el aparato branquial, C) Fotografía de las placas dentadas de la lengua y D) detalle de las branquiespinas.

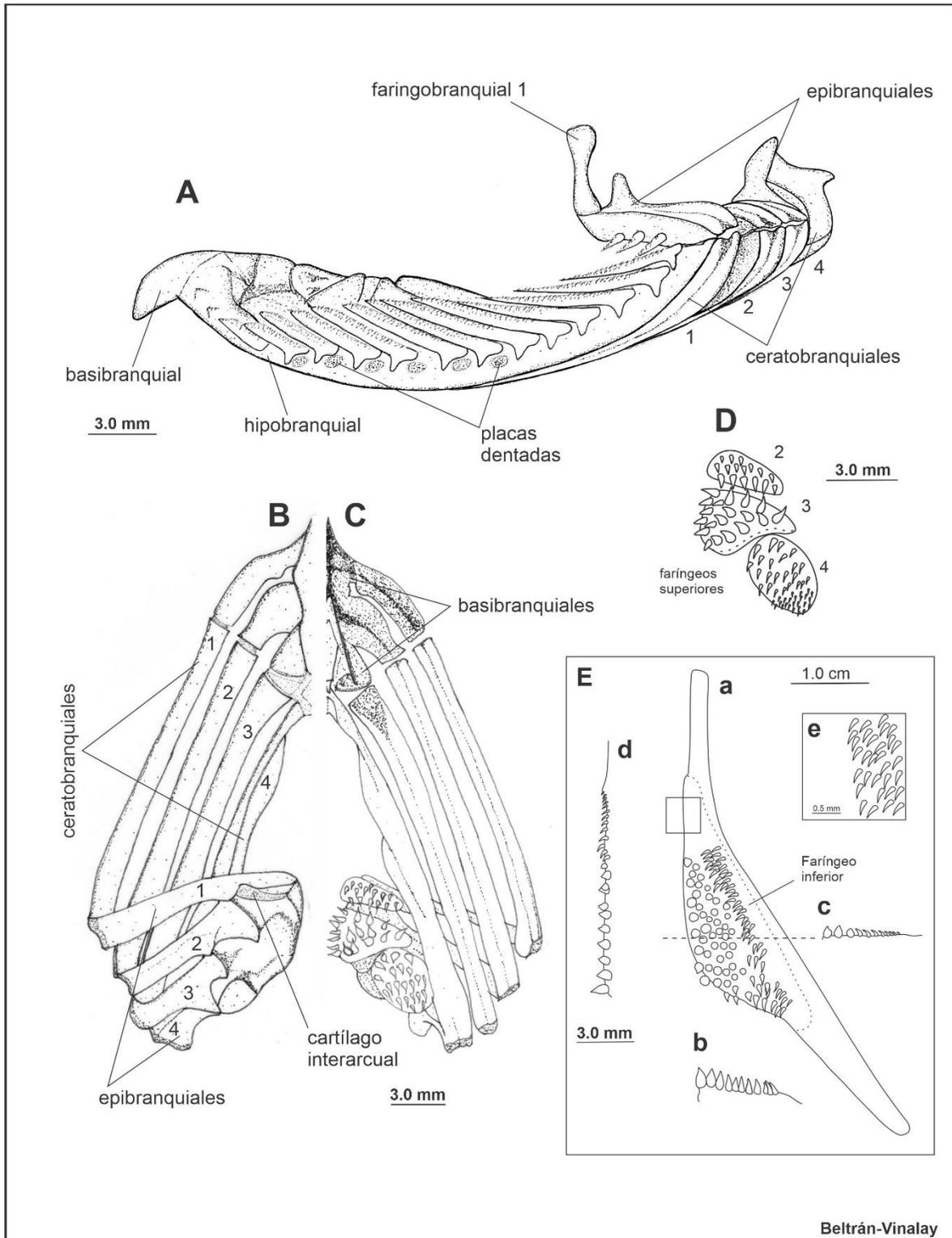


Fig. 9. Esqueleto del aparato branquial de *Caranx hippos*. A) vista lateral del aparato branquial, B) vista dorsal y C) ventral de aparato branquial, D) detalle de los faríngeos superiores y E) Detalle de los faríngeos inferiores.

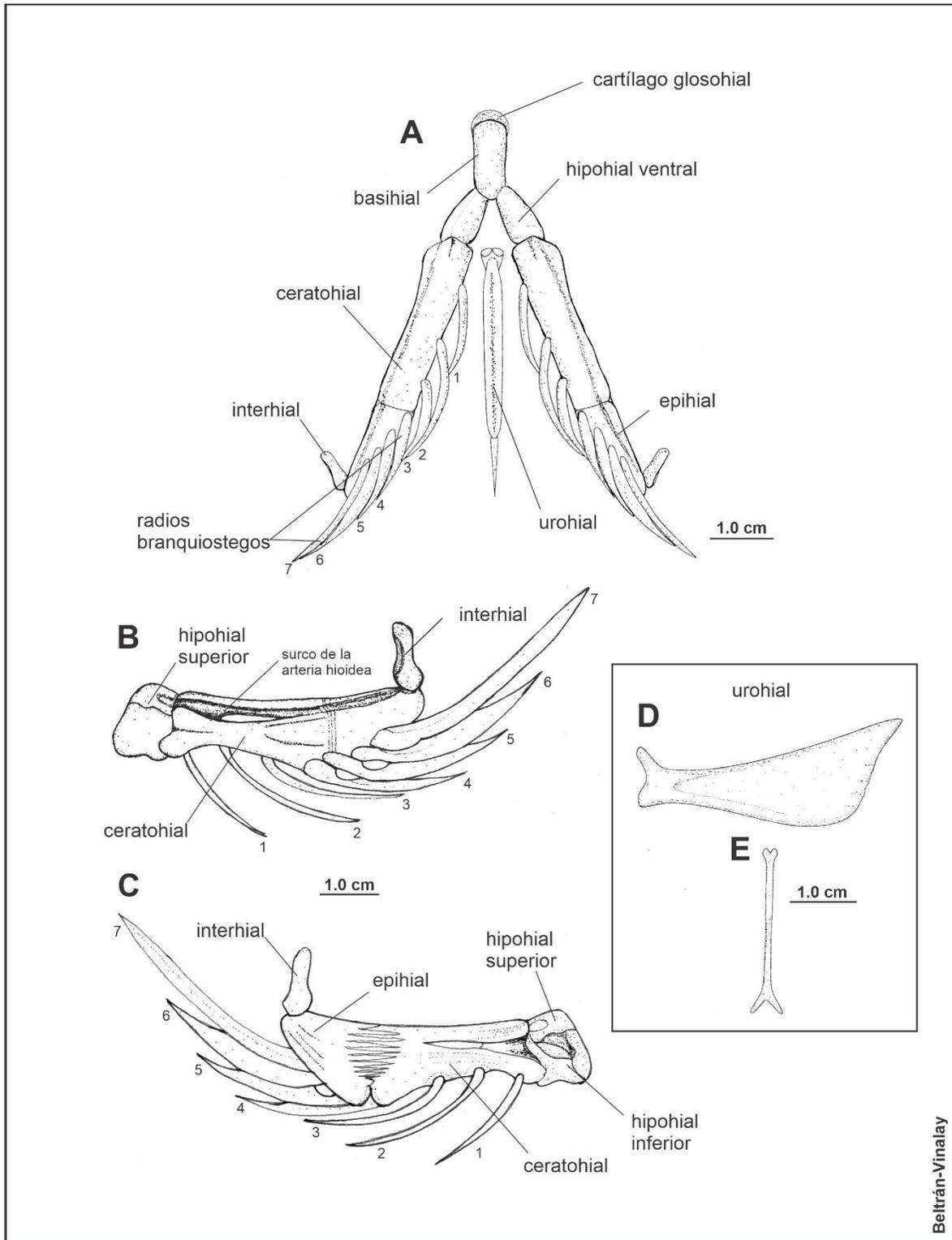
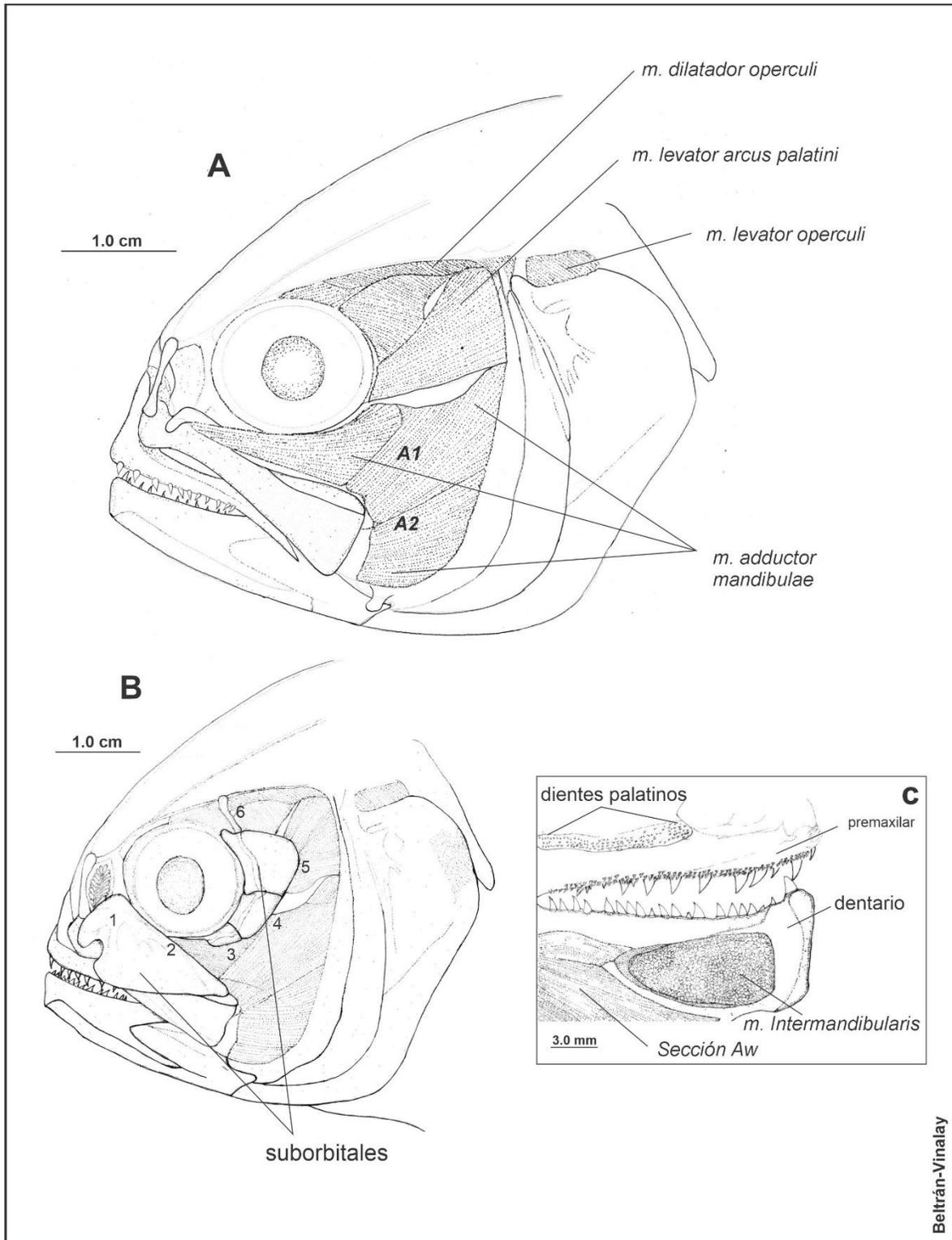
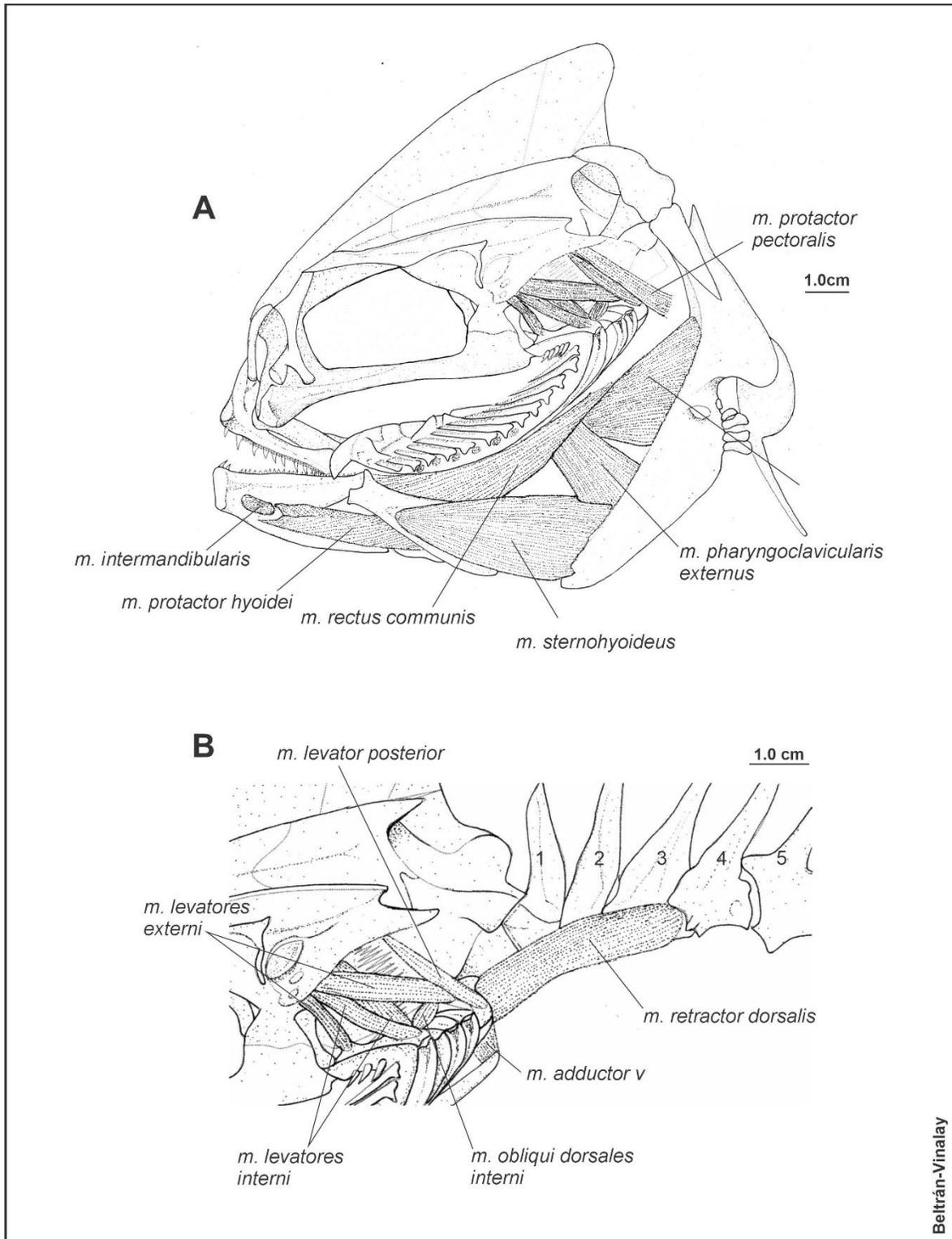


Fig. 10. Aparato hioideo de *Caranx hippos*. A) vista ventral del esqueleto del aparato hioideo, B) vista lateral de la barra hioidea izquierda, C) vista interna de la barra hioidea, D y E) corte transversal del urohial.



**Fig. 11.** Musculatura mandibular de *Caranx hippos*. A) Musculatura mandibular y opercular, B) Apariencia de la región cefálica con suborbitales y C) detalle del músculo *intermandibularis* y parte de la Sección AW.



Beltrán-Vinalay

**Fig. 12.** Musculatura de aparato branquial de *Caranx hippos* A) Musculatura que relaciona al aparato branquial con la cintura escapular y el aparato hioideo y B) Detalle de la musculatura que relaciona al aparato branquial con el neurocráneo y la columna vertebral.

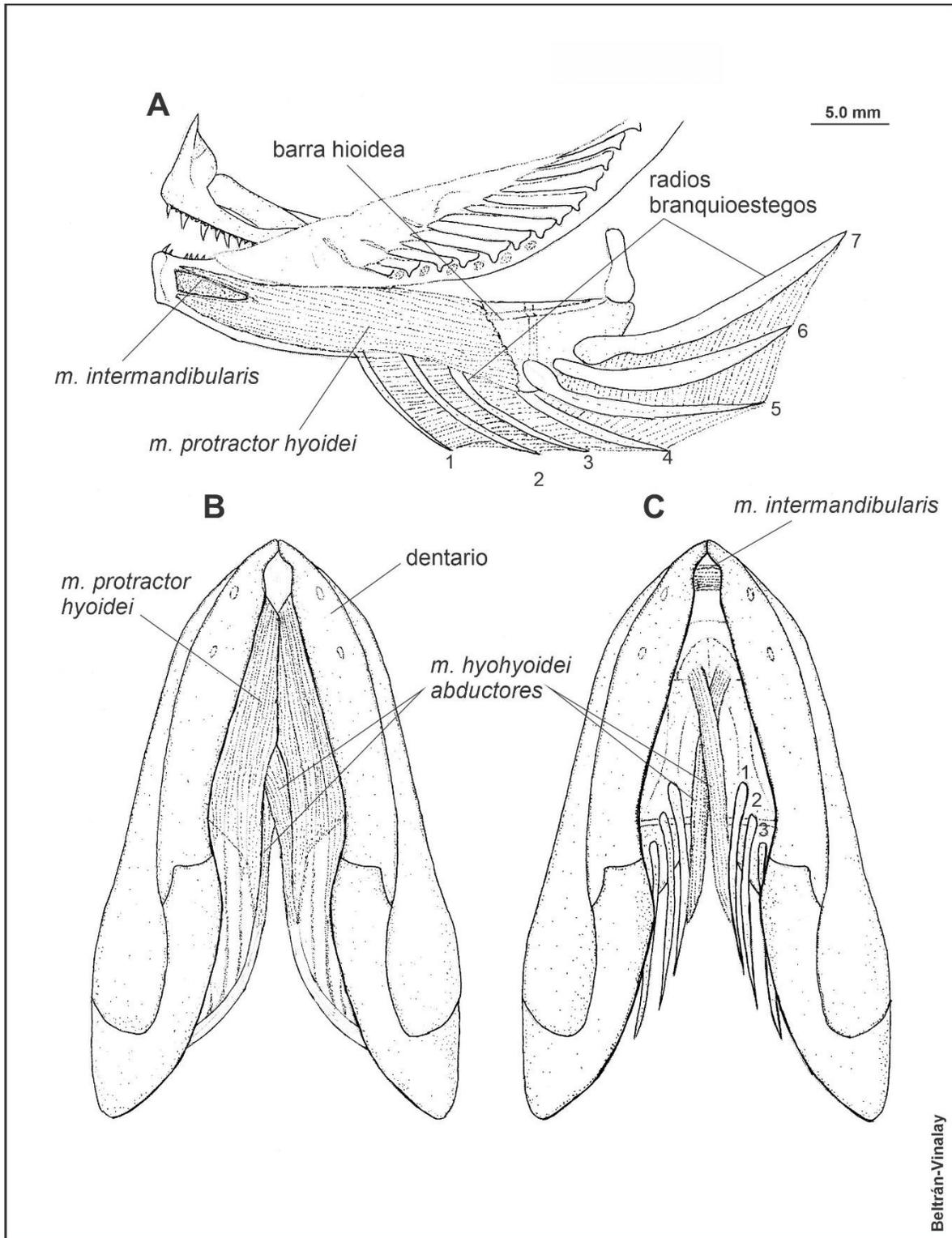
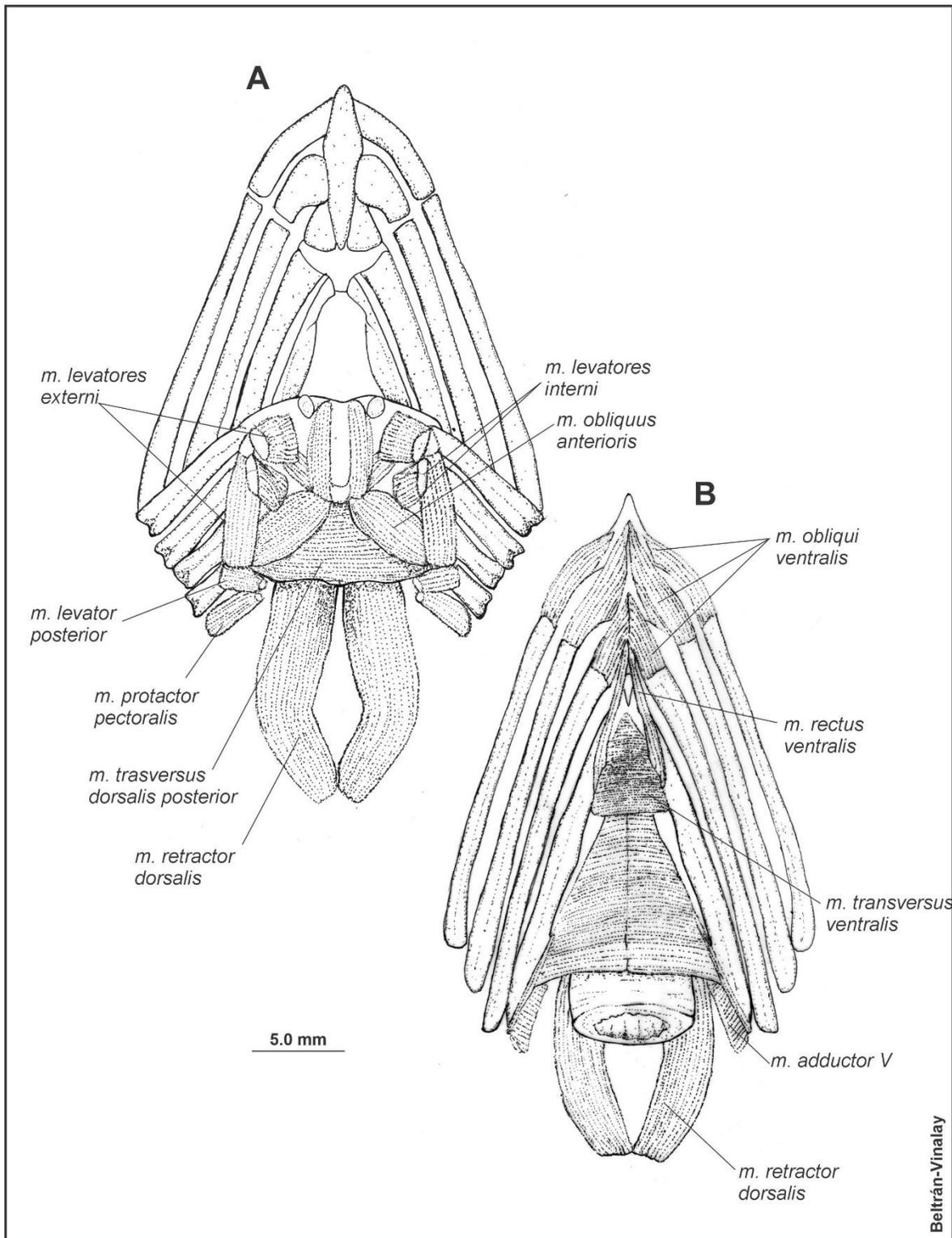
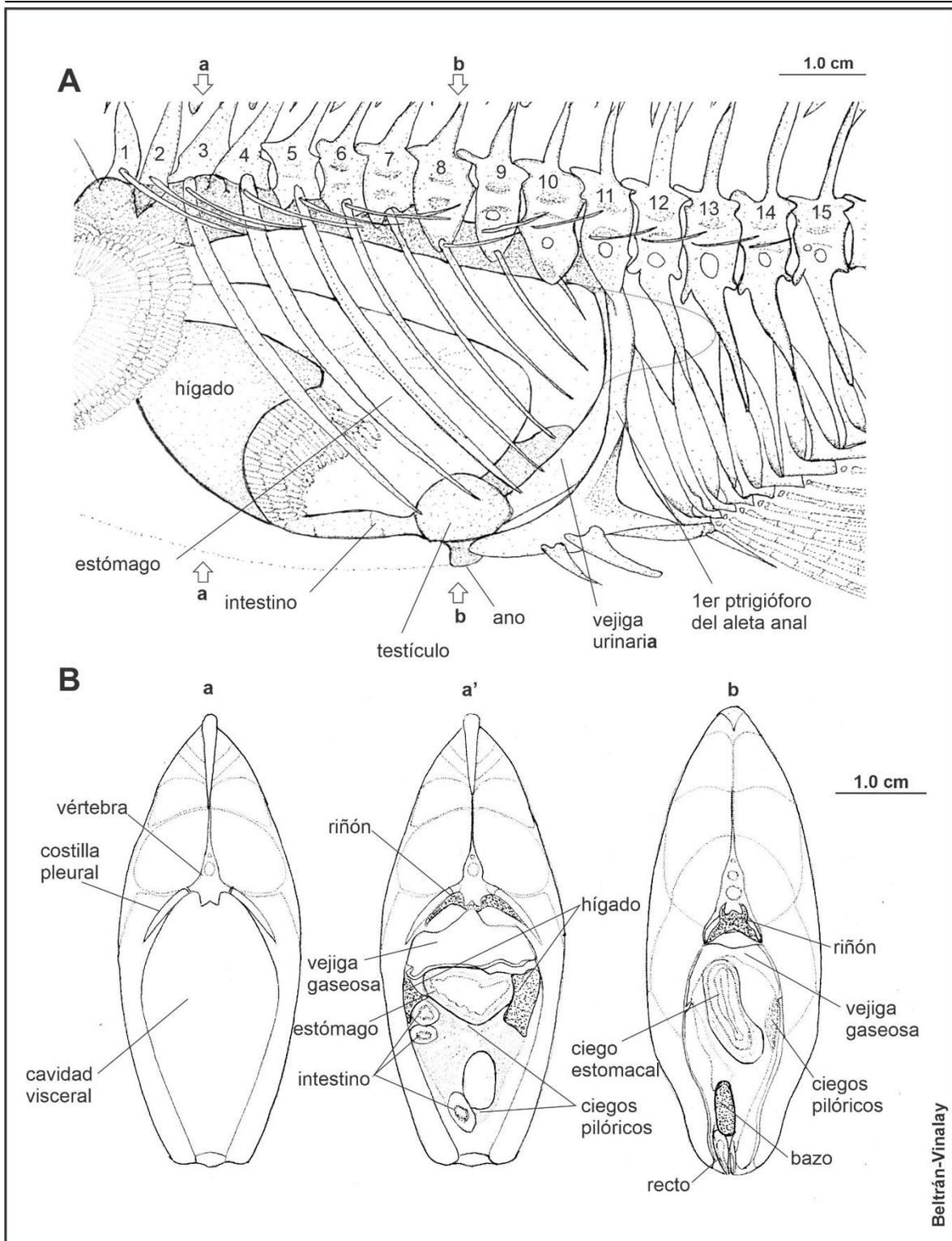


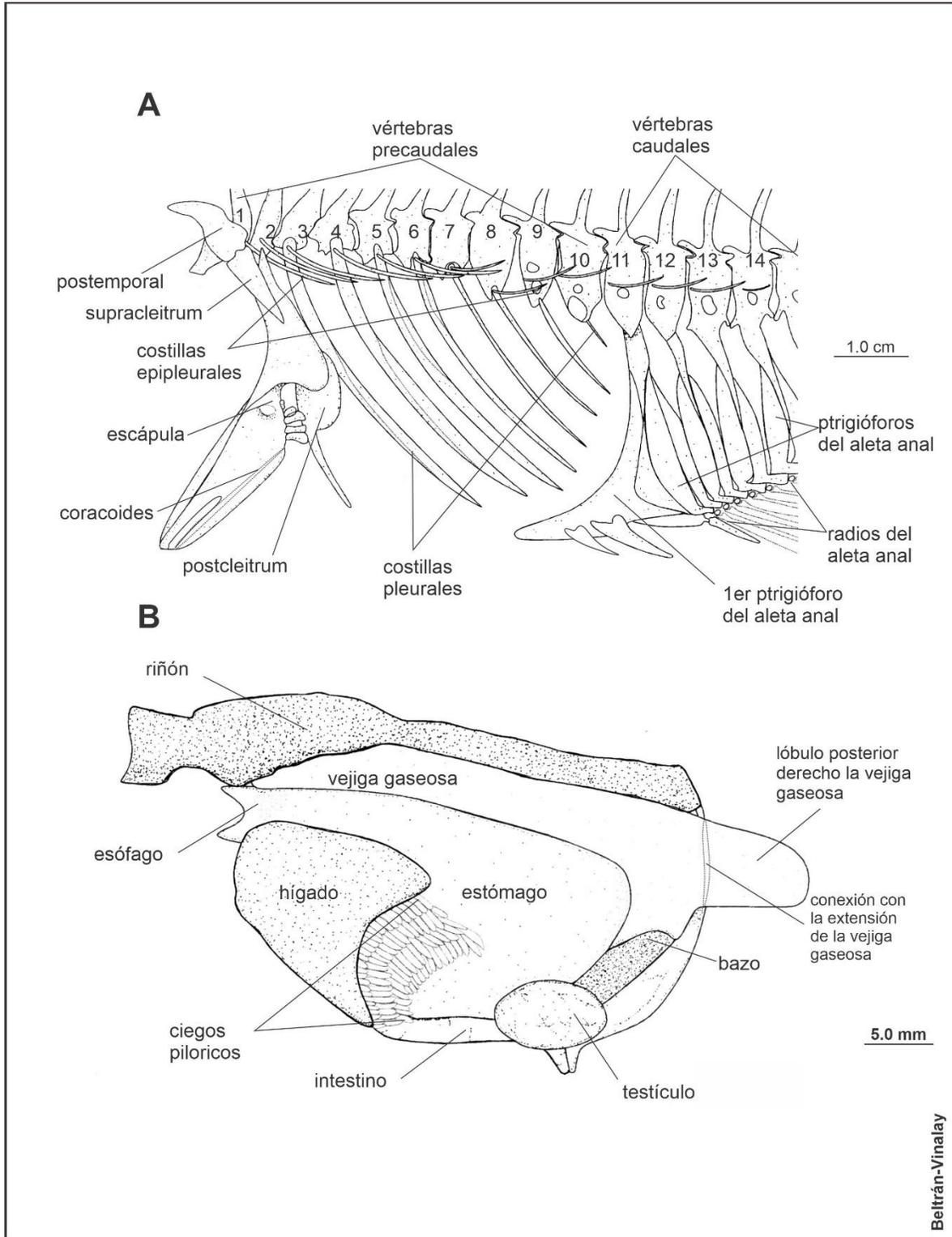
Fig. 13. Musculatura del aparato hioideo de *Caranx hippos*. A) Vista lateral de la musculatura del aparato hioideo B) Vista ventral del músculo *protractor hyoidei*, C) Detalle del músculo *intermandibularis* y de los músculos *hyohyoidei abductores* después de retirar el músculo *protractor hyoidei*.



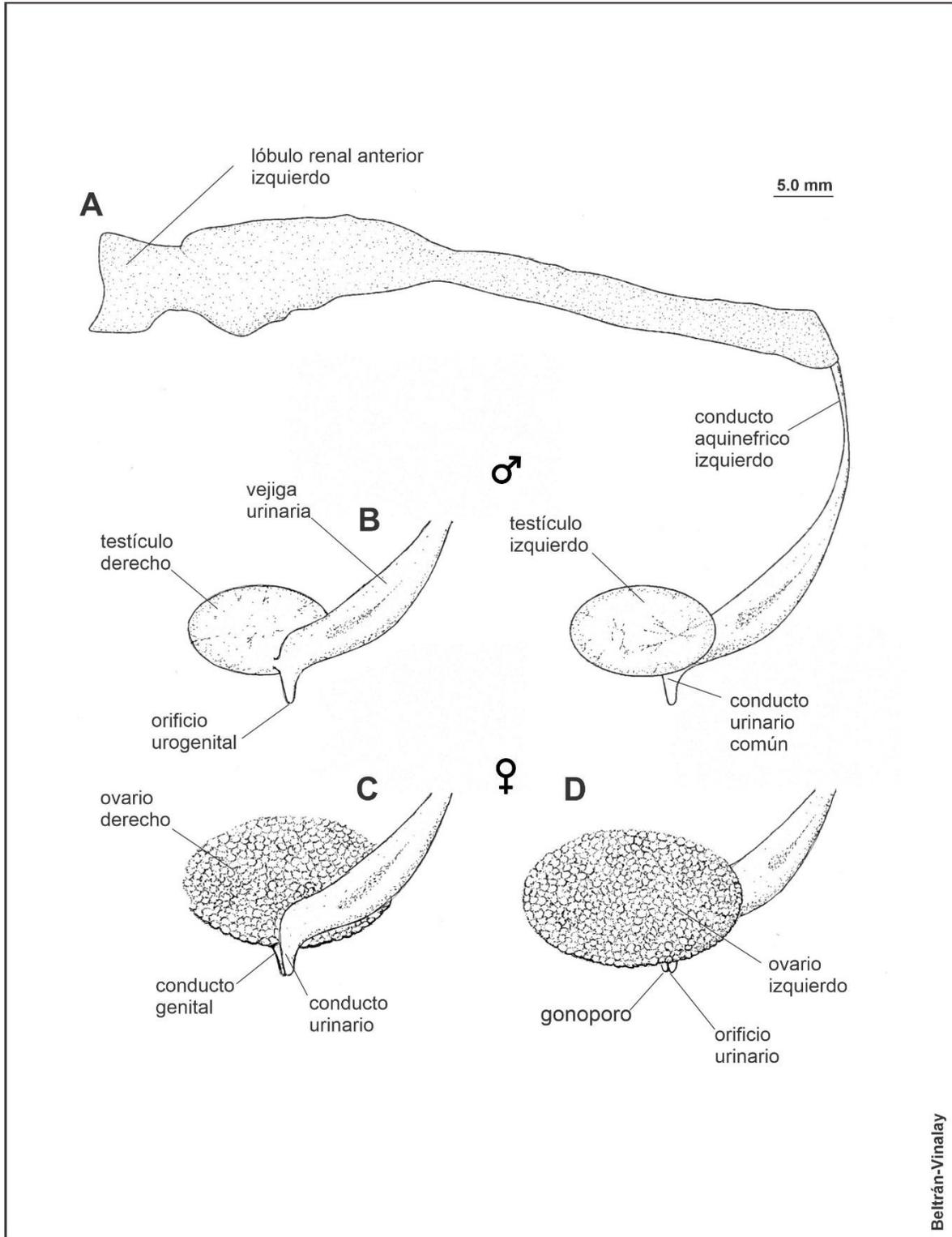
**Fig. 14.** Musculatura del aparato branquial de *Caranx hippos*. A) Musculatura dorsal del aparato branquial B) Musculatura ventral del aparato branquial.



**Fig. 15.** Cavity visceral de *Caranx hippos* A) Distribución de la organografía de *C. hippos*, las flechas muestran los lugares donde realizaron cortes B) Cortes trasversales de cavidad a) apariencia de la cavidad sin la masa visceral, a') corte a nivel de la vértebra 3 y b) corte a nivel de la vértebra.



**Fig. 16.** Límites de la cavidad visceral de *Caranx hippos*. A) Detalle de los huesos que delimitan la cavidad visceral de *C. hippos* y B) masa visceral de *C. hippos*.



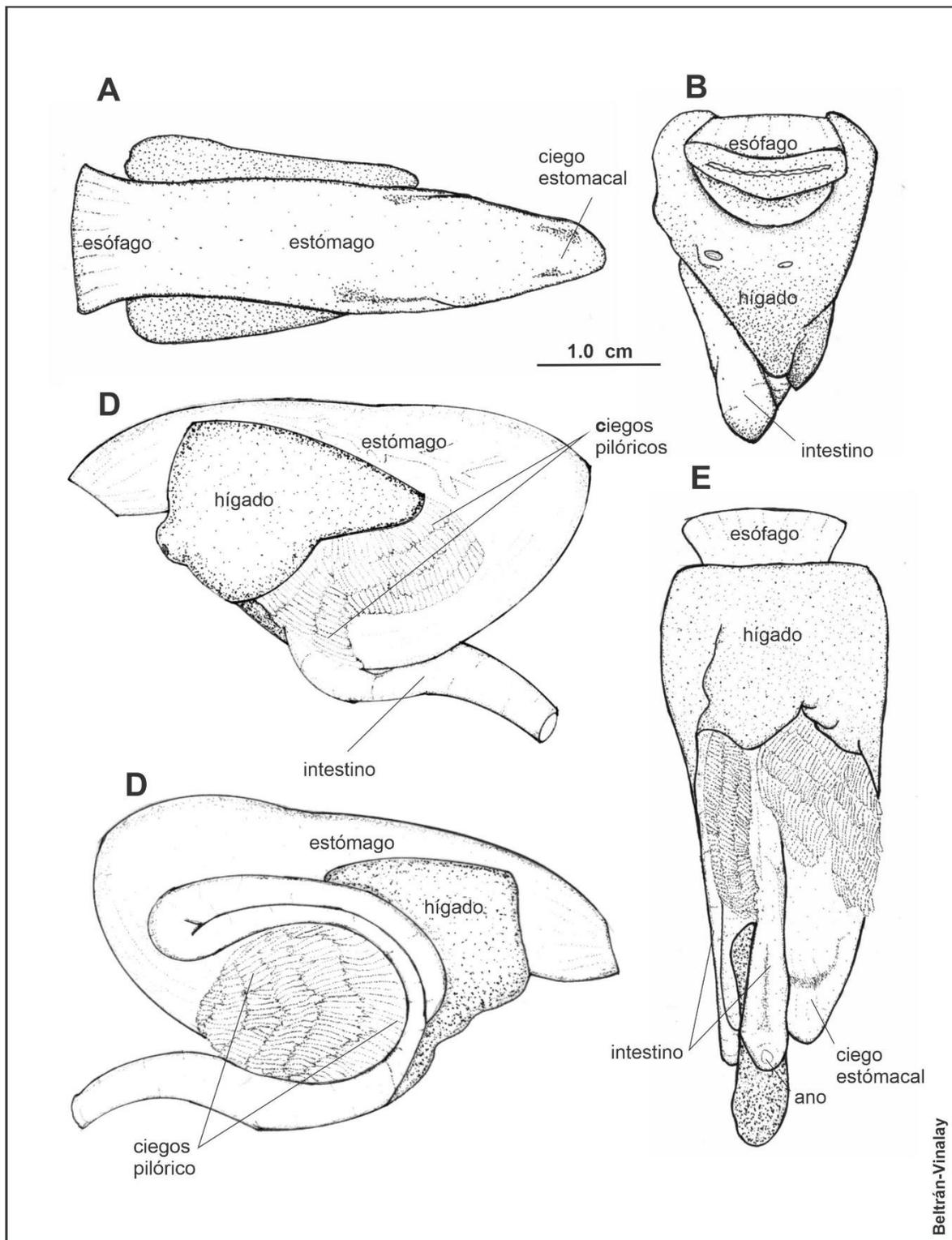


Fig. 18. Vistas del tubo digestivo de *Caranx hippos* incluyendo el hígado a) dorsal, b) anterior, c) izquierda, d) derecha y e) ventral.

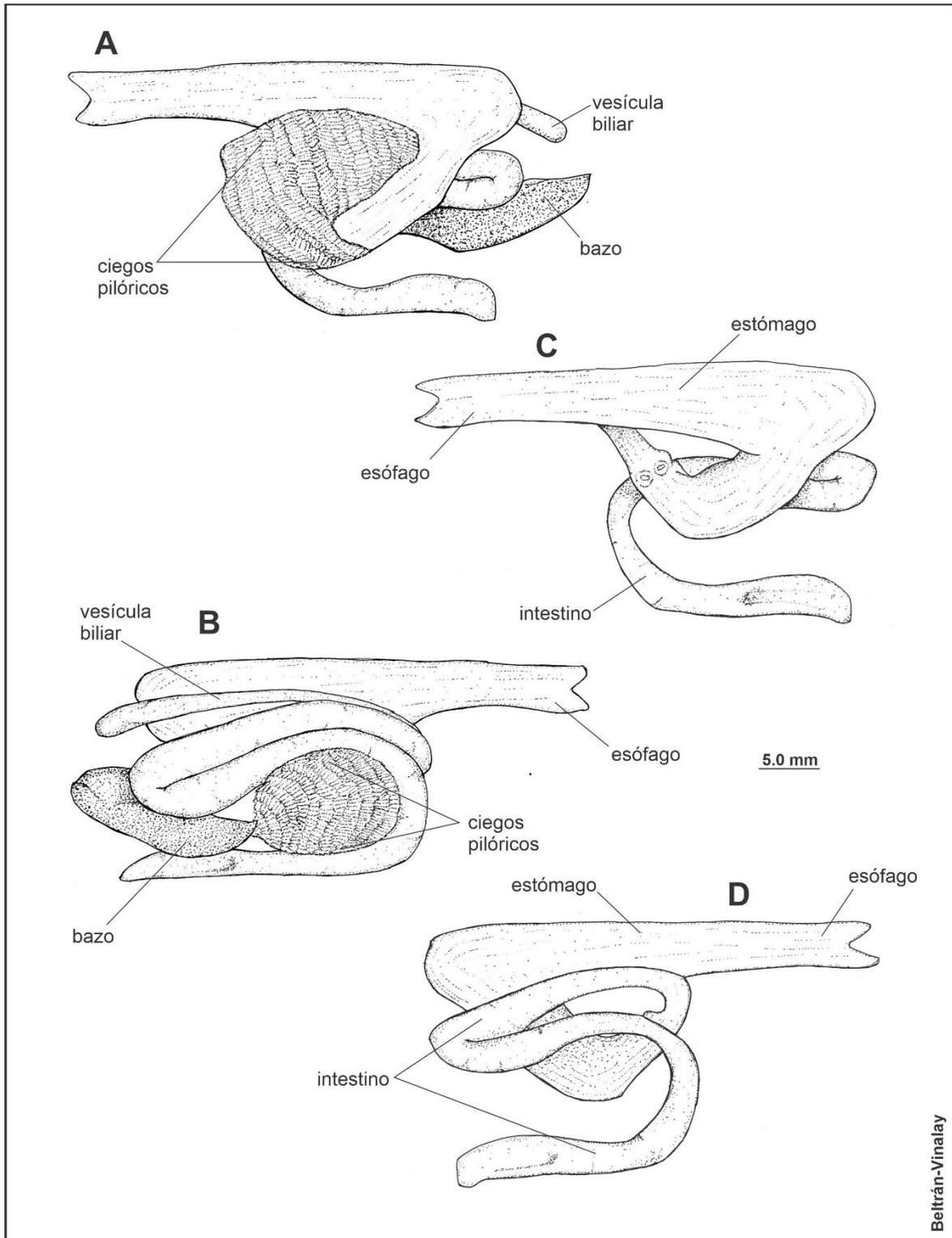


Fig. 19. Apariencia del tubo digestivo de *Caranx hippos* A) Vista izquierda sin hígado B) vista derecha sin hígado, C) y D) vista izquierda y derecha solamente del tubo digestivo.

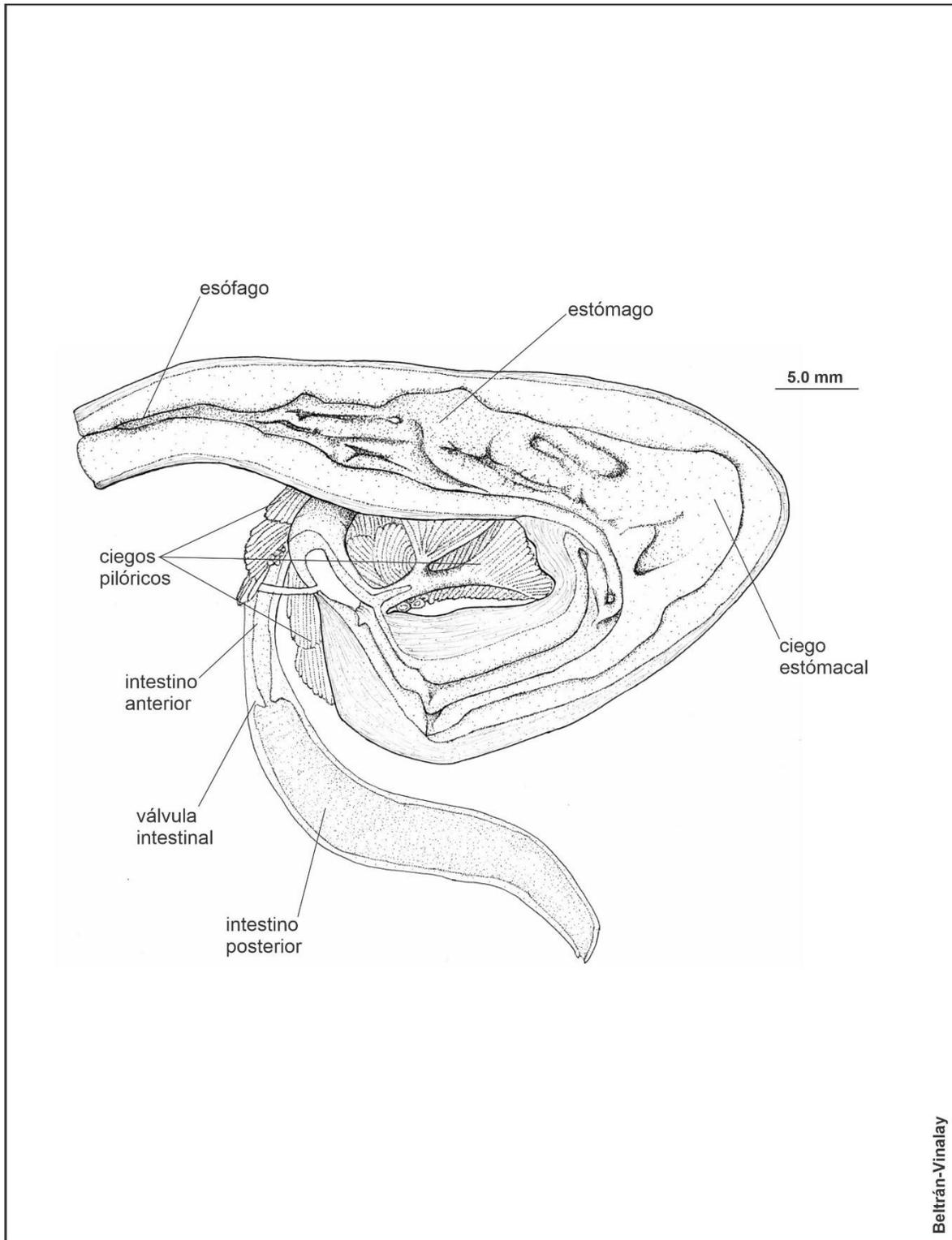
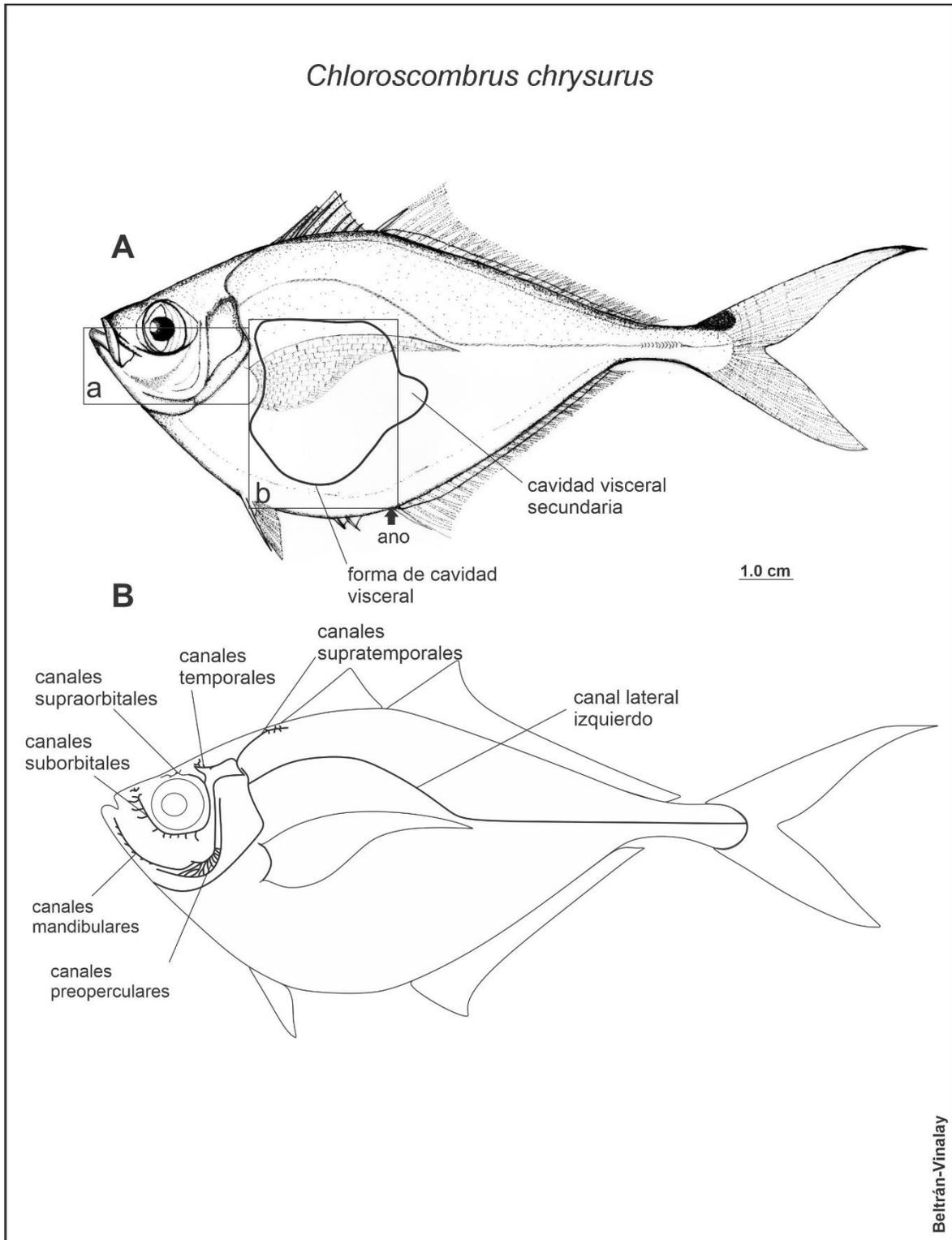


Fig. 20. Corte longitudinal del tubo digestivo de *Caranx hippos*



**Fig. 21.** Morfología externa de *Chloroscombrus chrysurus*. A) ubicación de la cavidad bucofaringea (a) y ubicación de la cavidad visceral (b) y B) Distribución de los canales del sistema de la línea lateral.

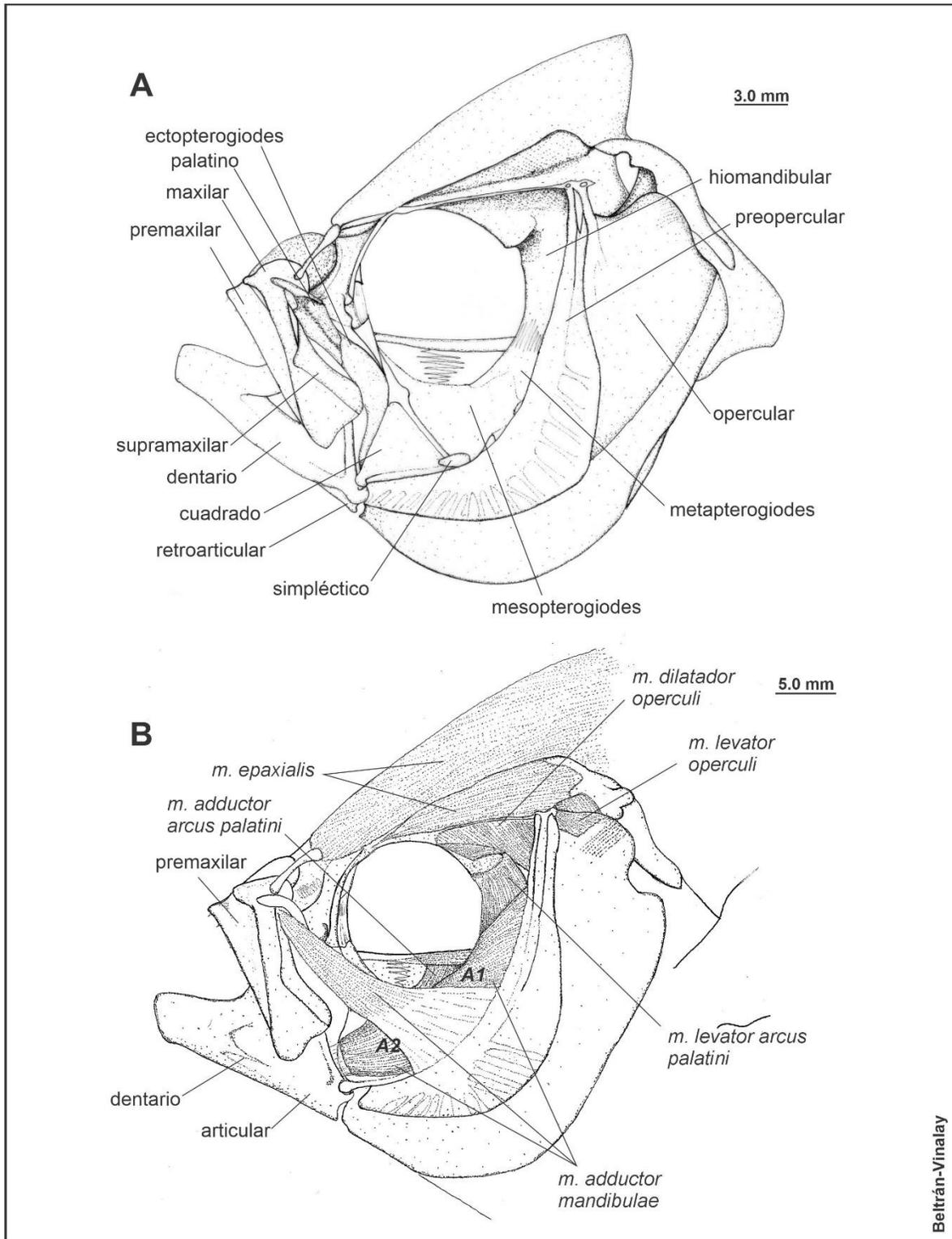


Fig. 22. Región cefálica de *Chloroscombrus chrysurus*. A) Esqueleto visceral, arco mandibular, serie palatina, suspensión mandibular y serie opercular y B) Musculatura de la región cefálica.

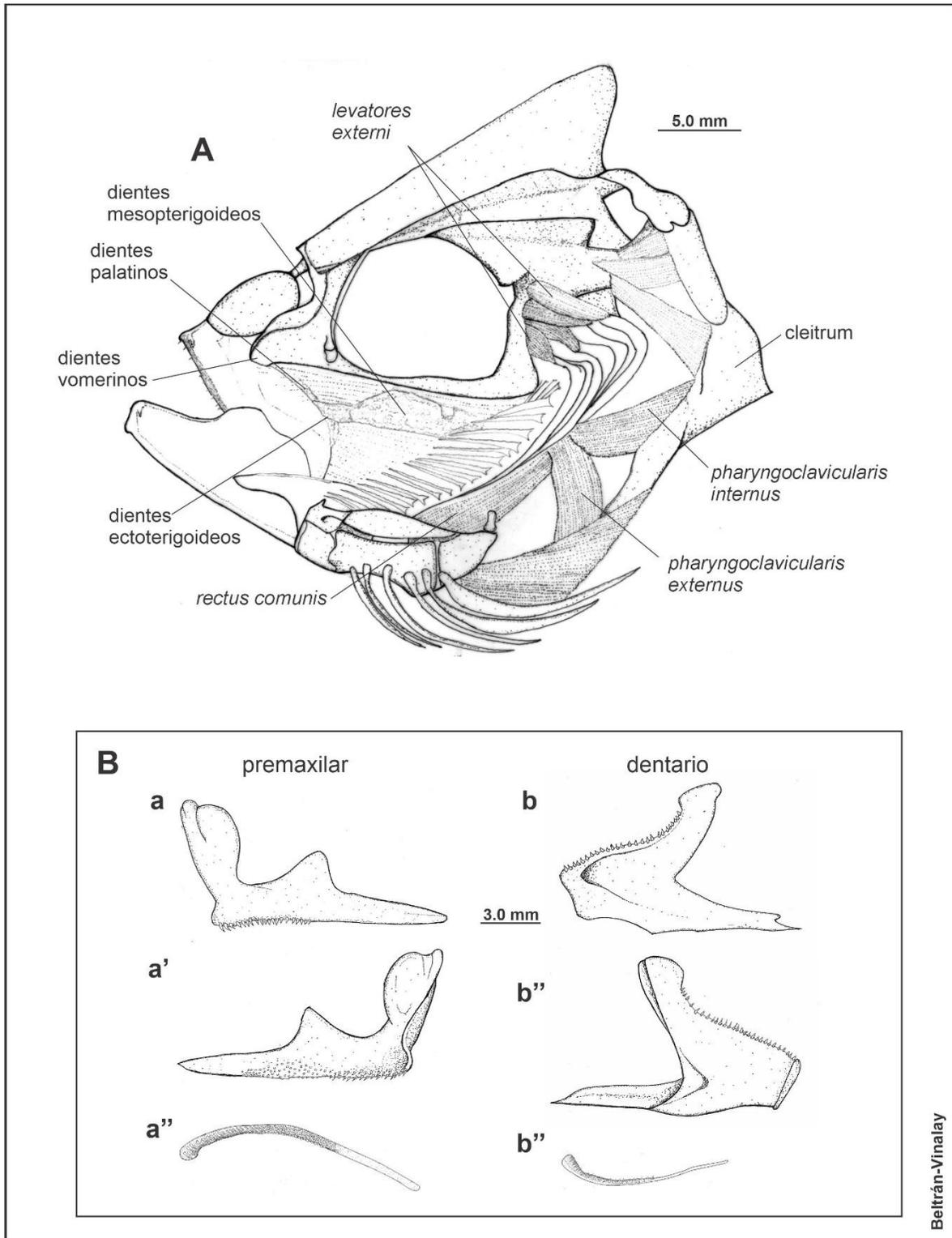
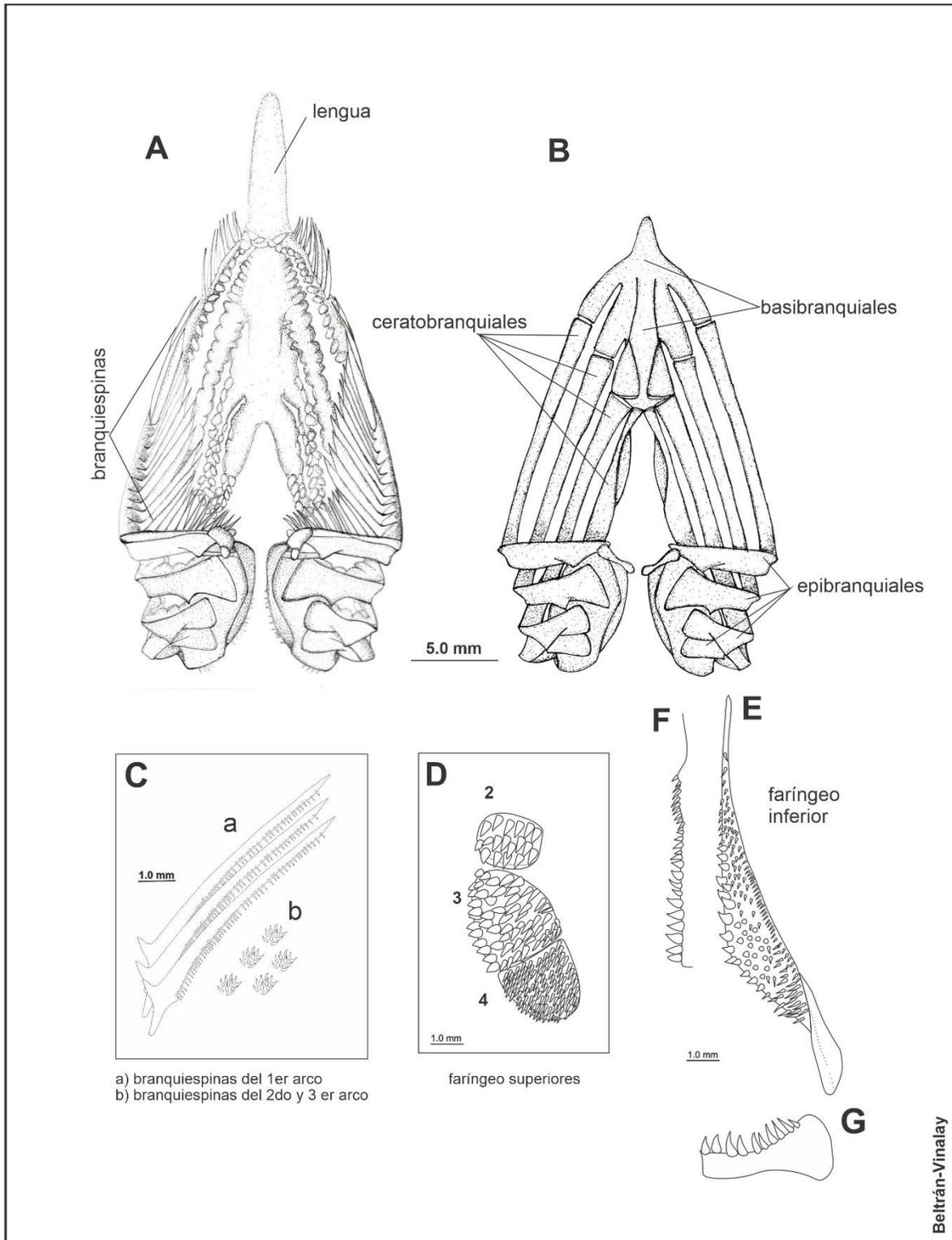


Fig. 23. A) Cavidad bucofaringea y musculatura del aparato branquial de *Chloroscombrus chrysurus* y B) Premaxilar (a) y dentario (b) en vista: en lateral izquierda a y b; interna a' y b'; y dorsal a'' y b''.



**Fig. 24.** Aparato branquial de *Chloroscombrus chrysurus*. A) Vista dorsal del aparato branquial con branquiespinas y sin filamentos branquiales. B) Esqueleto del aparato branquial. C) Detalle de las branquiespinas. D) detalle de los huesos faríngeos superiores y E, F, G) Detalle de los faríngeos inferiores.

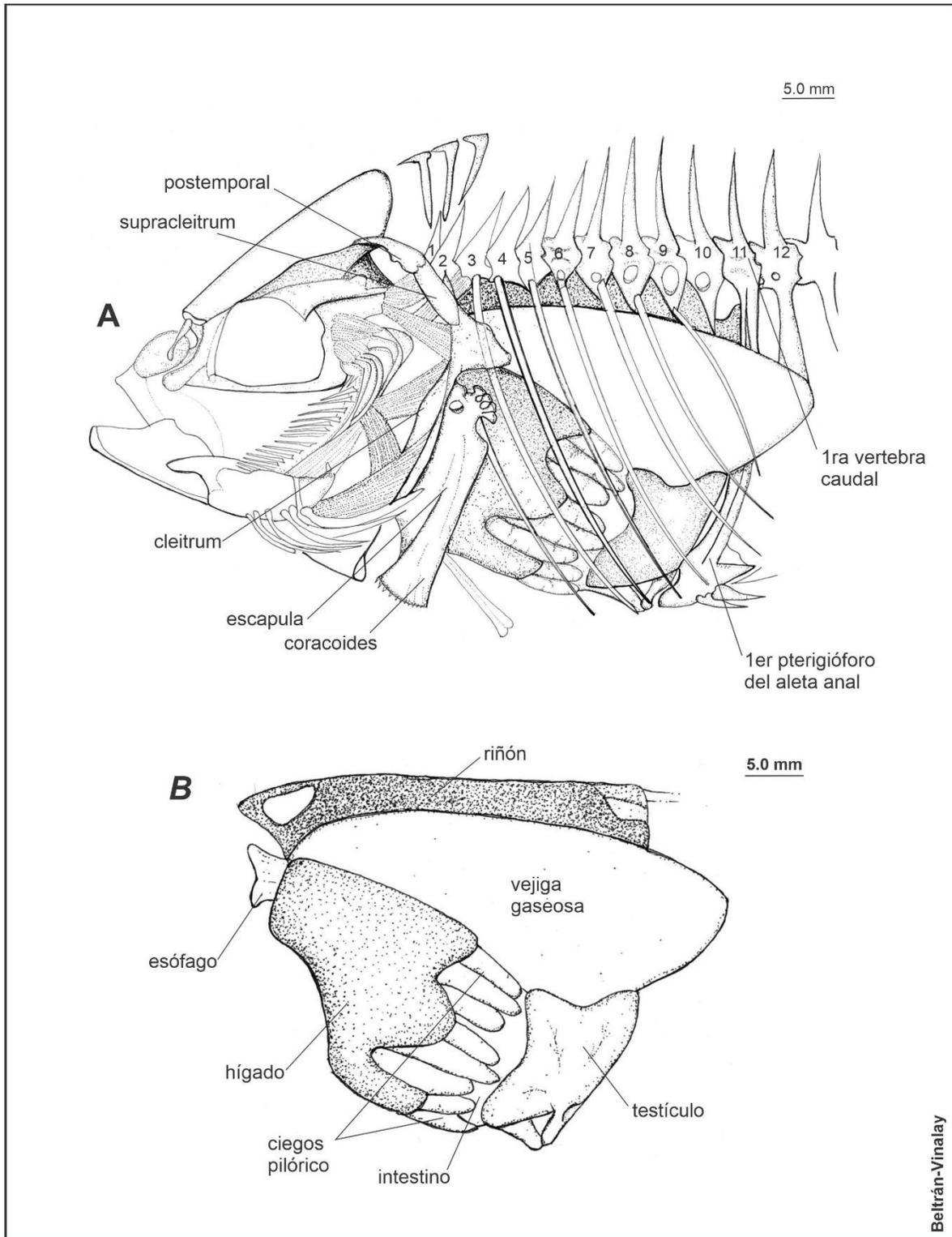
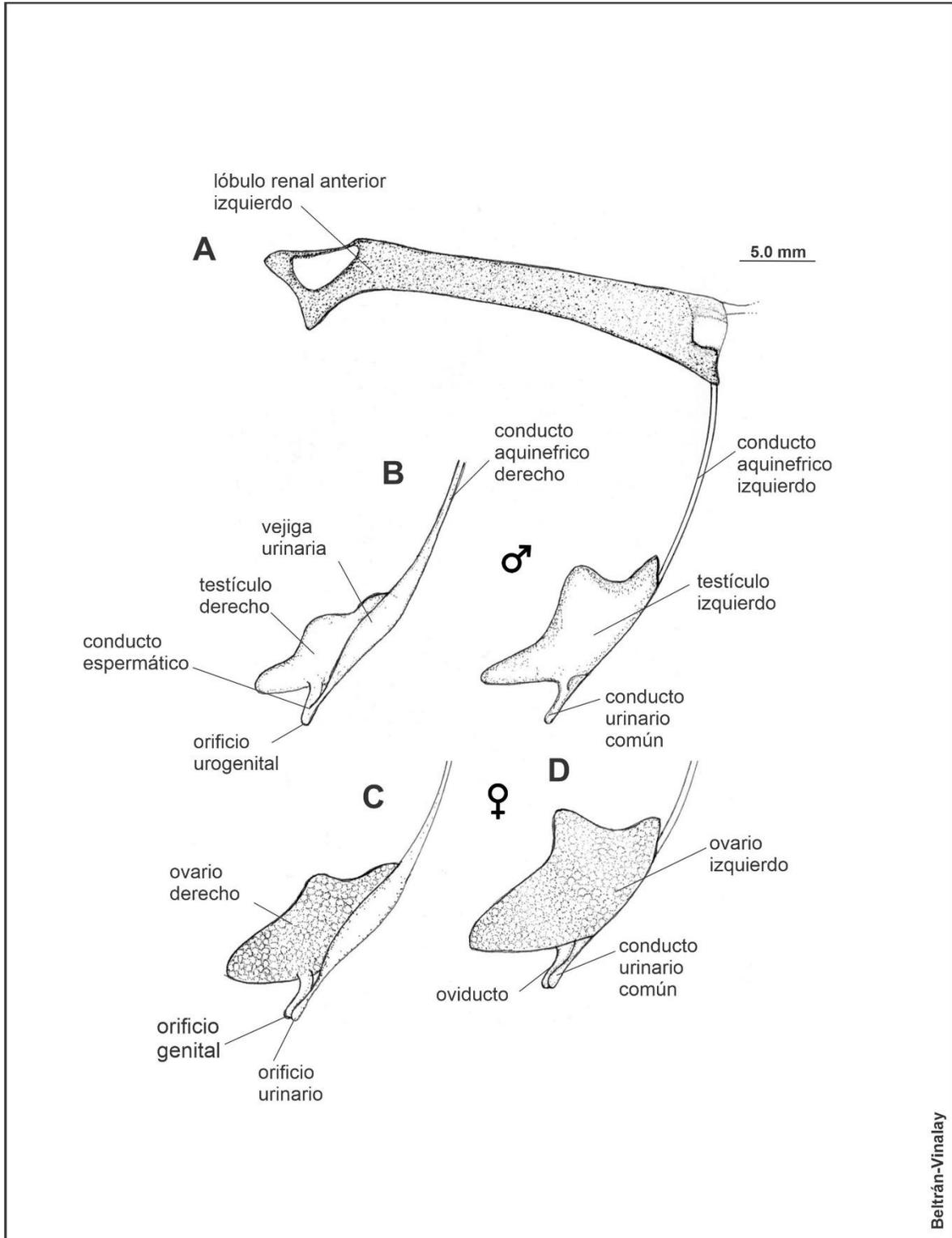


Fig. 25. Cavity visceral de *Chloroscombrus chrysurus*. A) Límites de la cavidad visceral y organografía y B) masa visceral.



**Fig. 26.** Sistema urogenital de *Chloroscombrus chrysurus*. A) Vista izquierda del sistema urogenital, se aprecia el conducto arquinéfrico, la vejiga urinaria y testículo. B) apariencia al retirar el testículo izquierdo permitiendo ver el derecho y sus conductos, C y D) detalle de los ovarios y sus conductos.

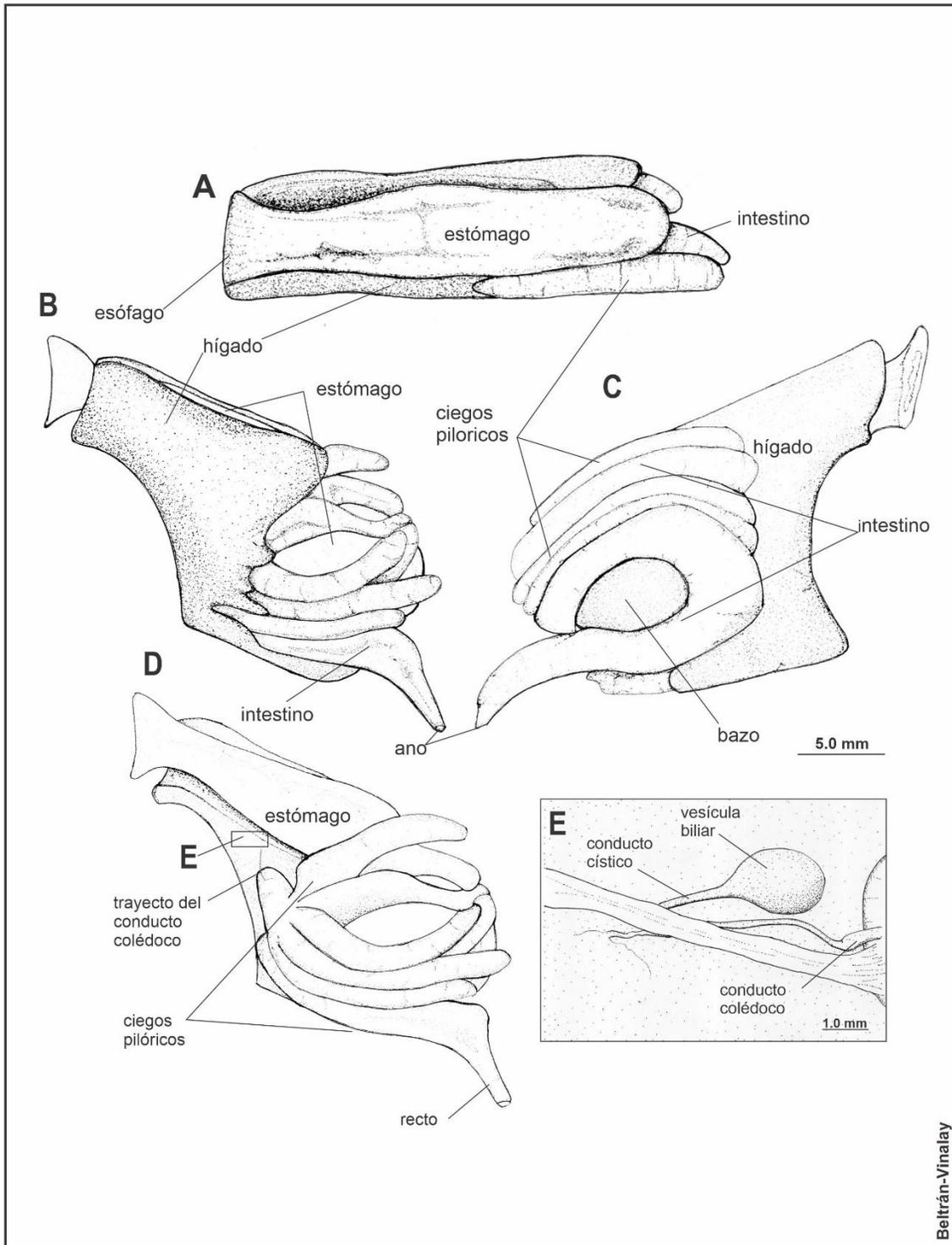
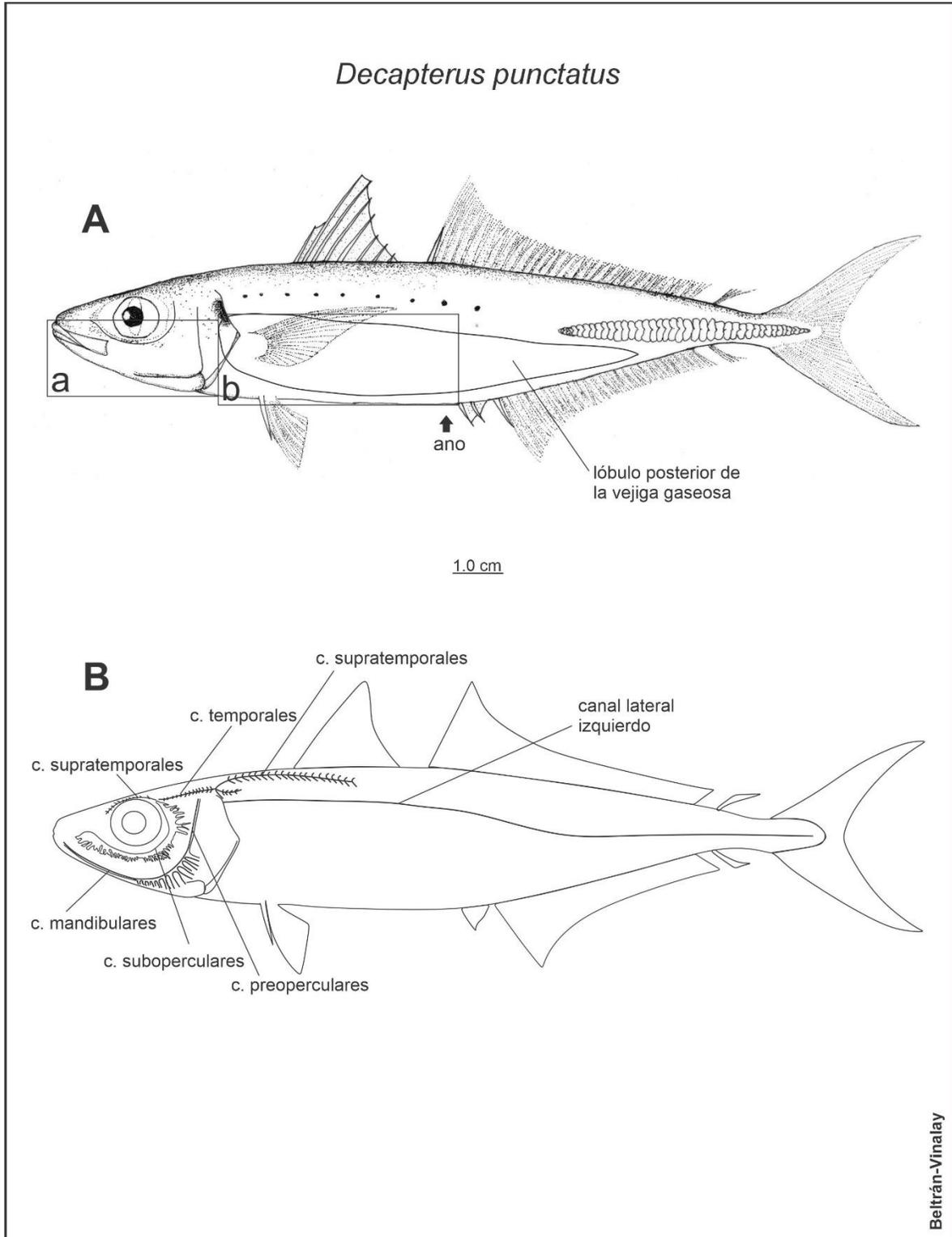


Fig. 27. Tubo digestivo de *Chloroscombrus Chrysurus*. A) Vista dorsal, B) Vista izquierda, C) Vista derecha, D) Aspecto después de retirar parte el hígado y E) vesícula biliar y sus conductos.



**Fig. 28.** Morfología externa de *Decapterus punctatus*. A) ubicación de la cavidad bucofaríngea (a) y ubicación de la cavidad visceral (b) y B) Distribución de los canales del sistema de la línea lateral.

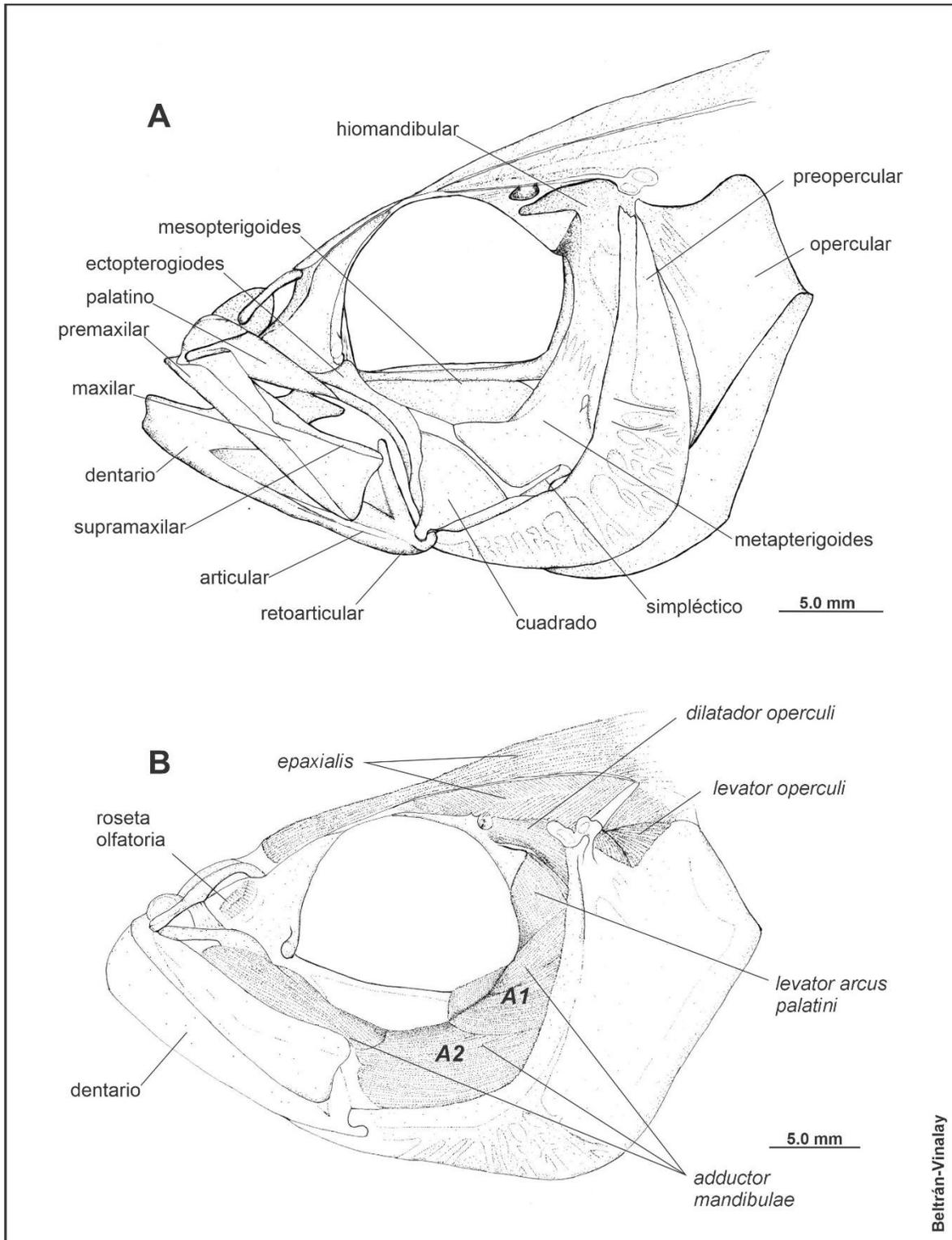
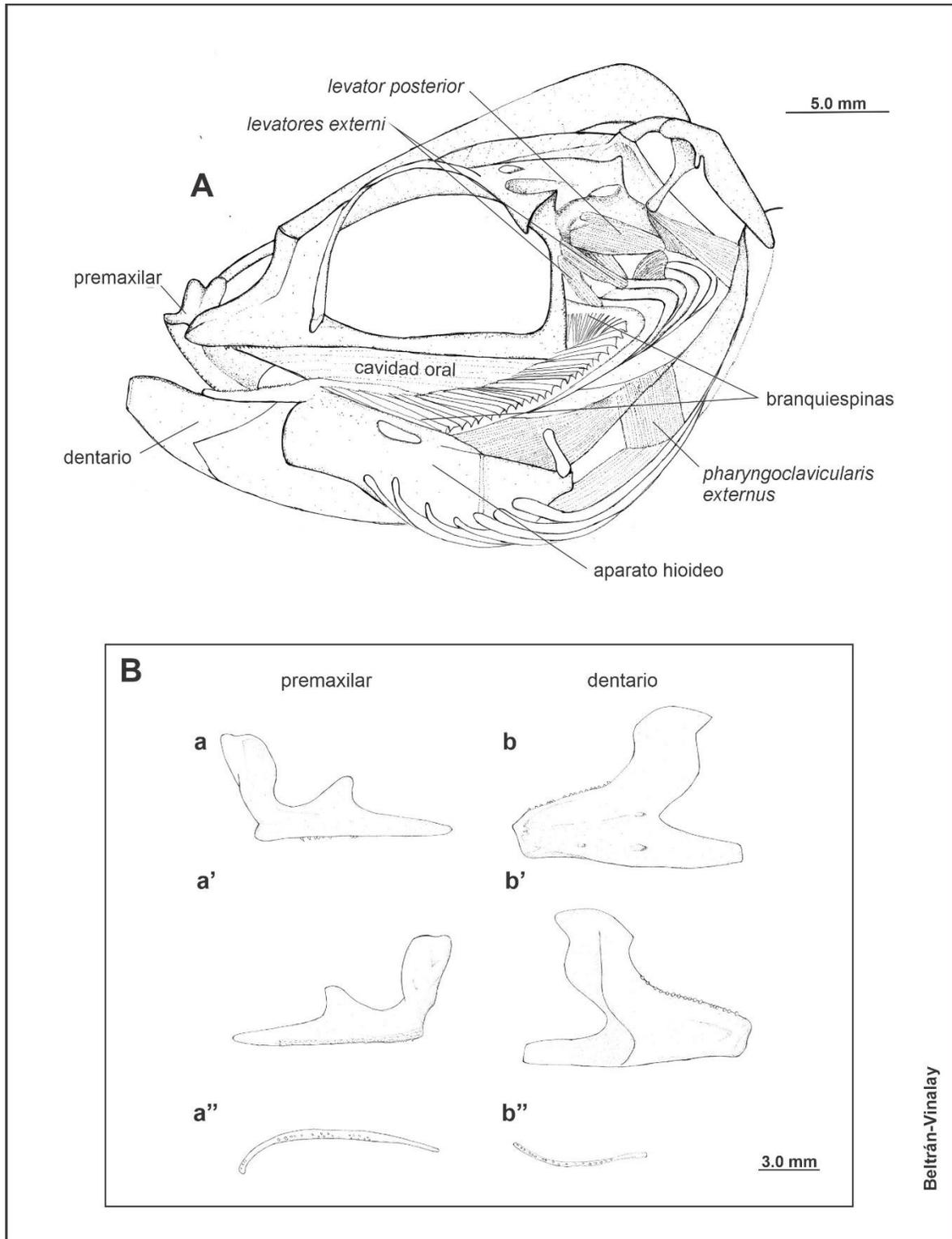


Fig. 29. Región cefálica de *Decapterus punctatus*. A) Esqueleto visceral, arco mandibular, serie palatina, suspensión mandibular y serie opercular y B) Musculatura de la región cefálica.



**Fig. 30.** A) Cavidad bucofaríngea y musculatura del aparato branquial de *Decapterus punctatus* y B) Premaxilar (a) y dentario (b) en vista: en lateral izquierda a y b; interna a' y b'; y dorsal a'' y b''.

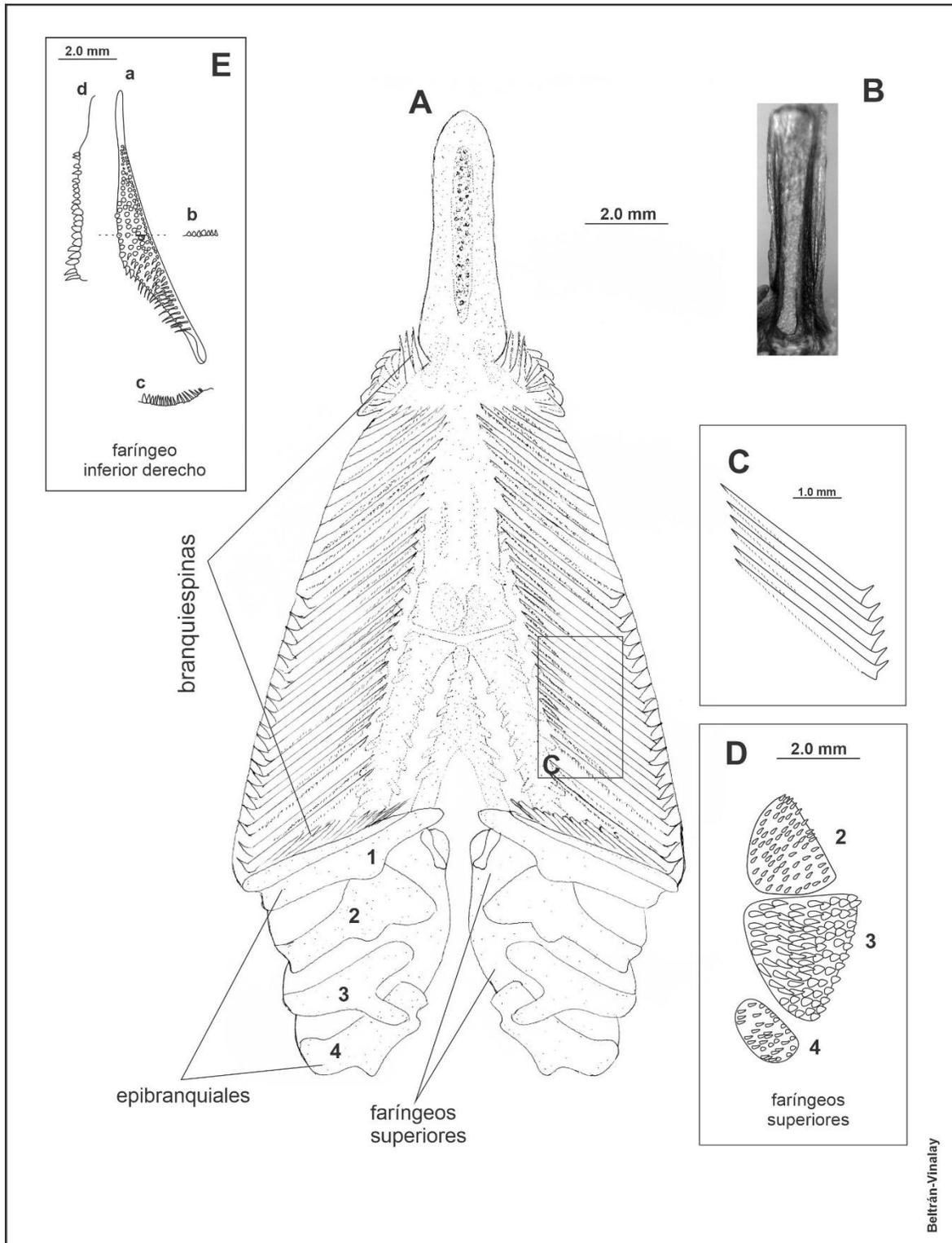


Fig. 31. Aparato branquial de *Decapterus punctatus*. A) Vista dorsal del aparato branquial con branquiespinas y sin filamentos branquiales B) Fotografía de los dientes linguales. C) Detalle de las branquiespinas. D y E) Detalle de los huesos faríngeos inferiores y superiores.

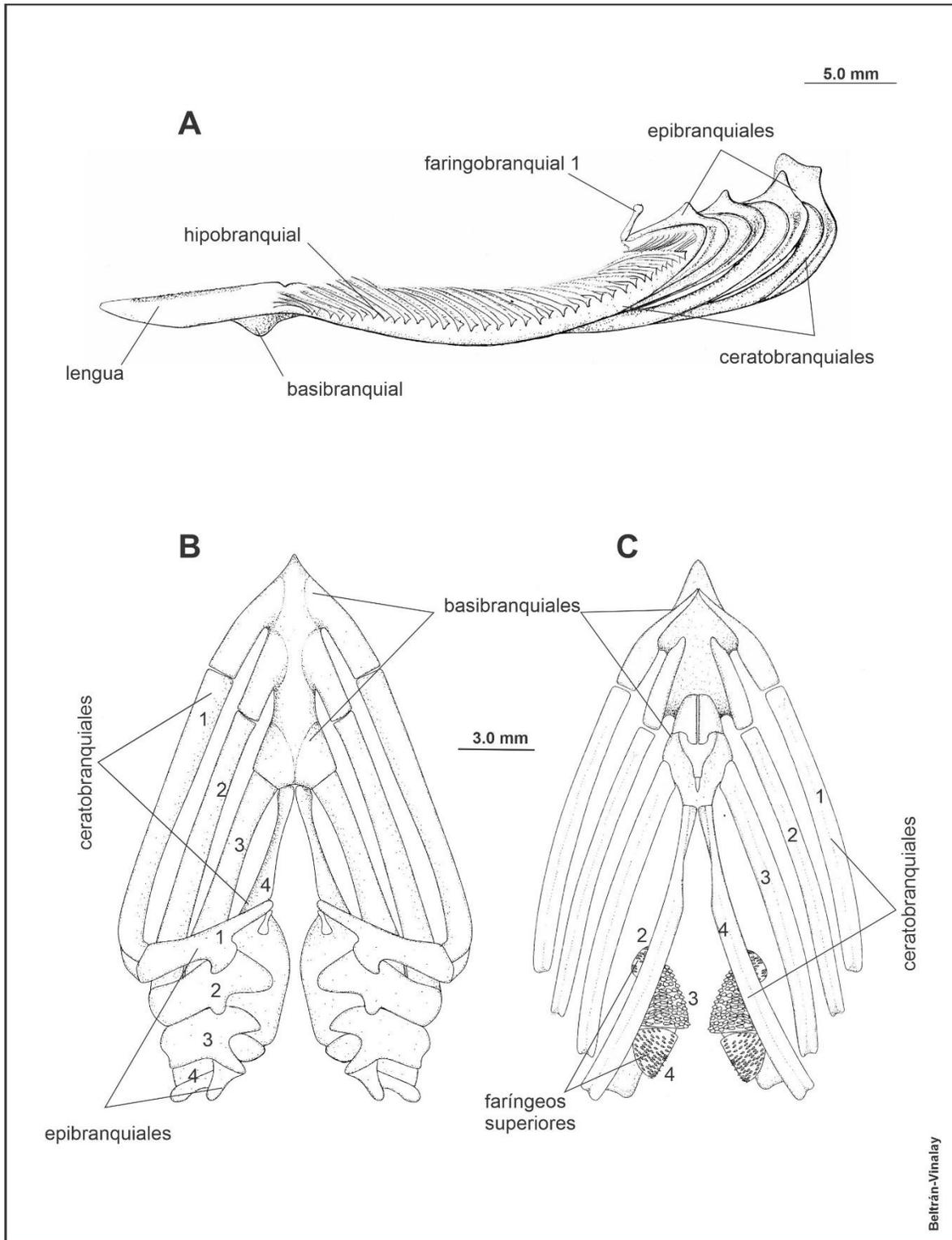


Fig. 32. Esqueleto del aparato branquial de *Decapterus punctatus*. A) Vista izquierda del aparato branquial con branquiespinas y sin filamentos branquiales. B) Vista dorsal del esqueleto del aparato branquial y C) Vista ventral del esqueleto del aparato branquial.

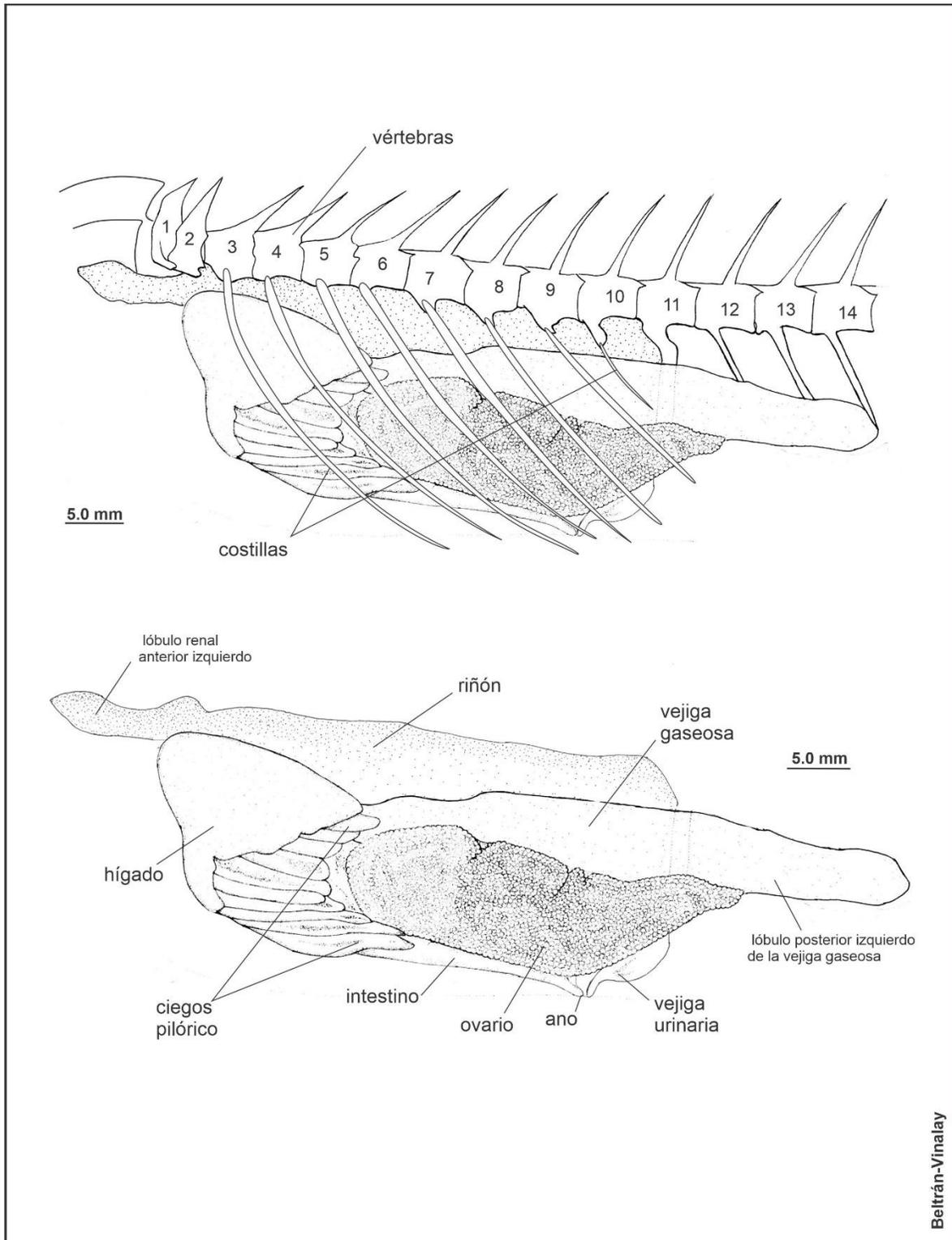
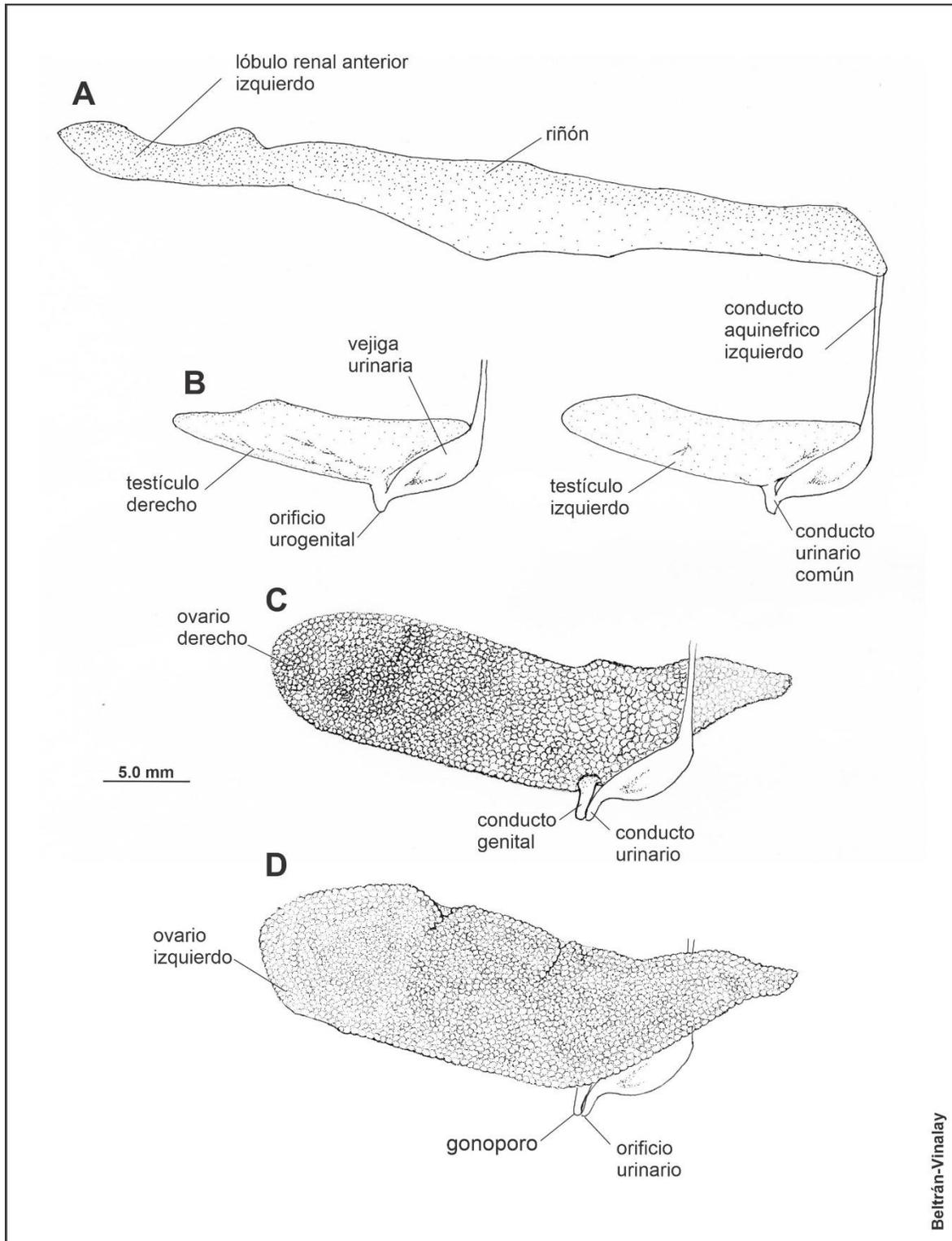


Fig. 33. Cavity visceral of *Decapterus punctatus*. A) Limits of the visceral cavity and organography and B) visceral mass.



**Fig. 34.** Sistema urogenital de *Decapterus punctatus*. A) Vista izquierda del sistema urogenital, se aprecia el conducto arquinéfrico, vejiga urinaria y testículo. B) apariencia al retirar el testículo izquierdo permitiendo ver el derecho y sus conductos, C y D) detalle de los ovarios y sus conductos.

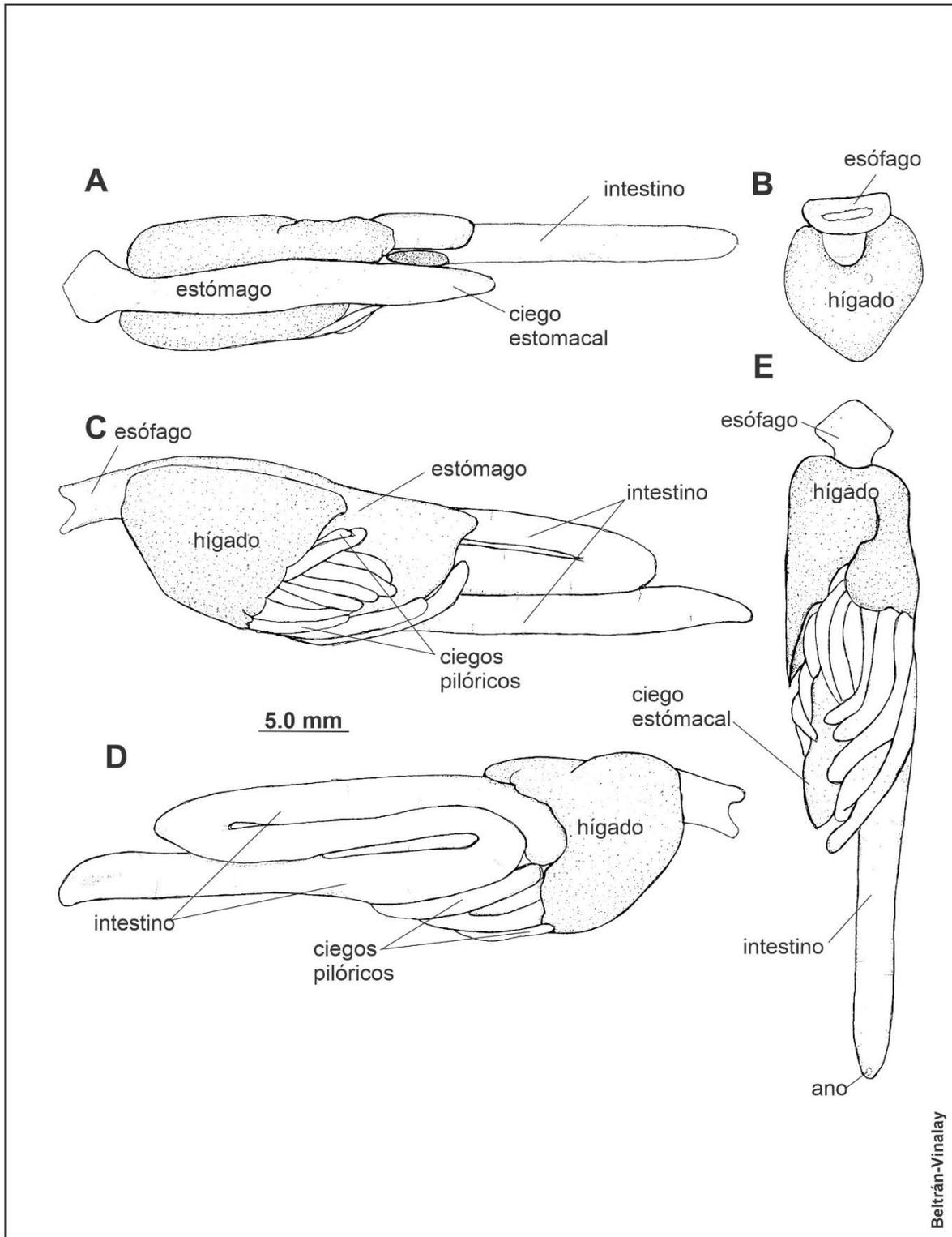
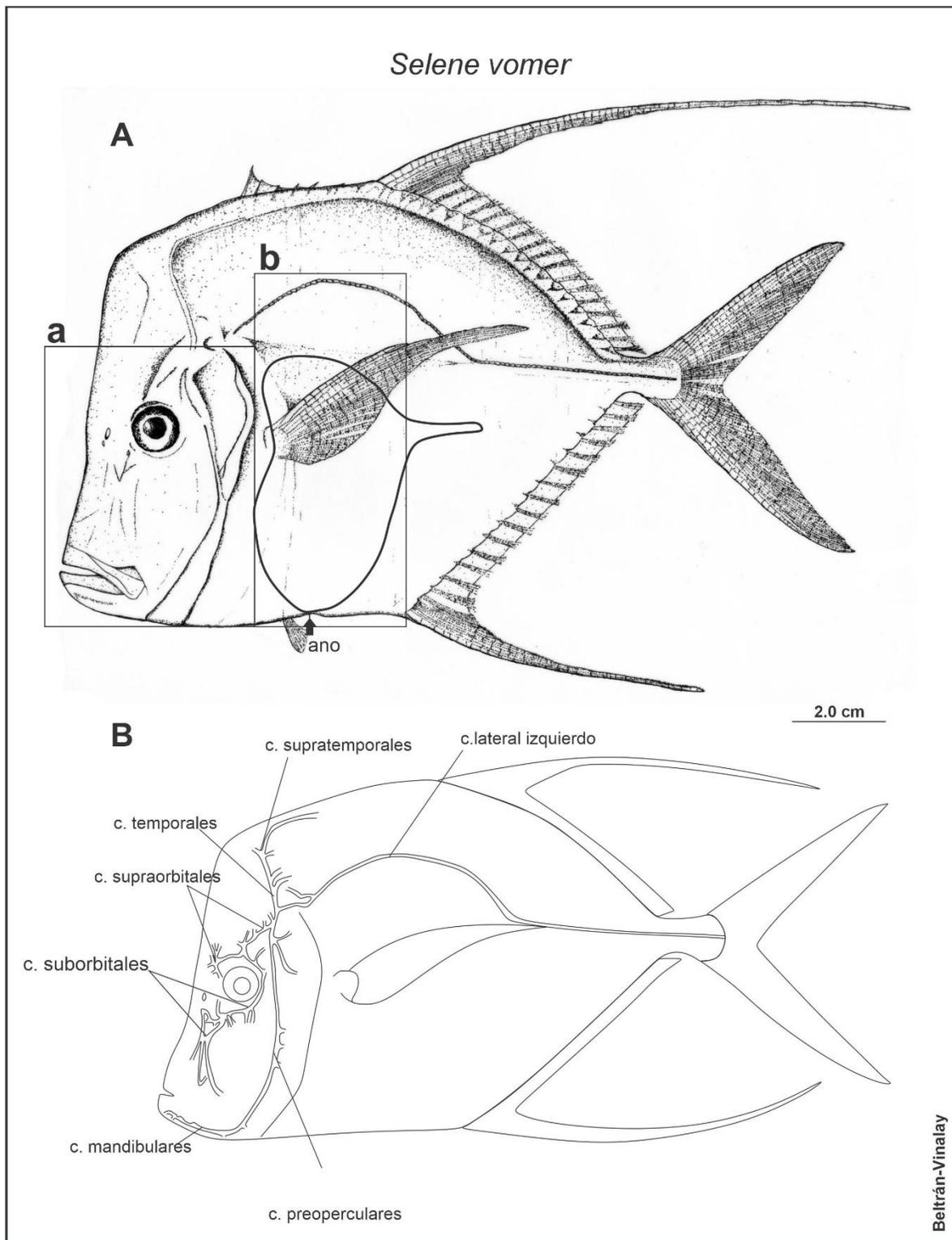
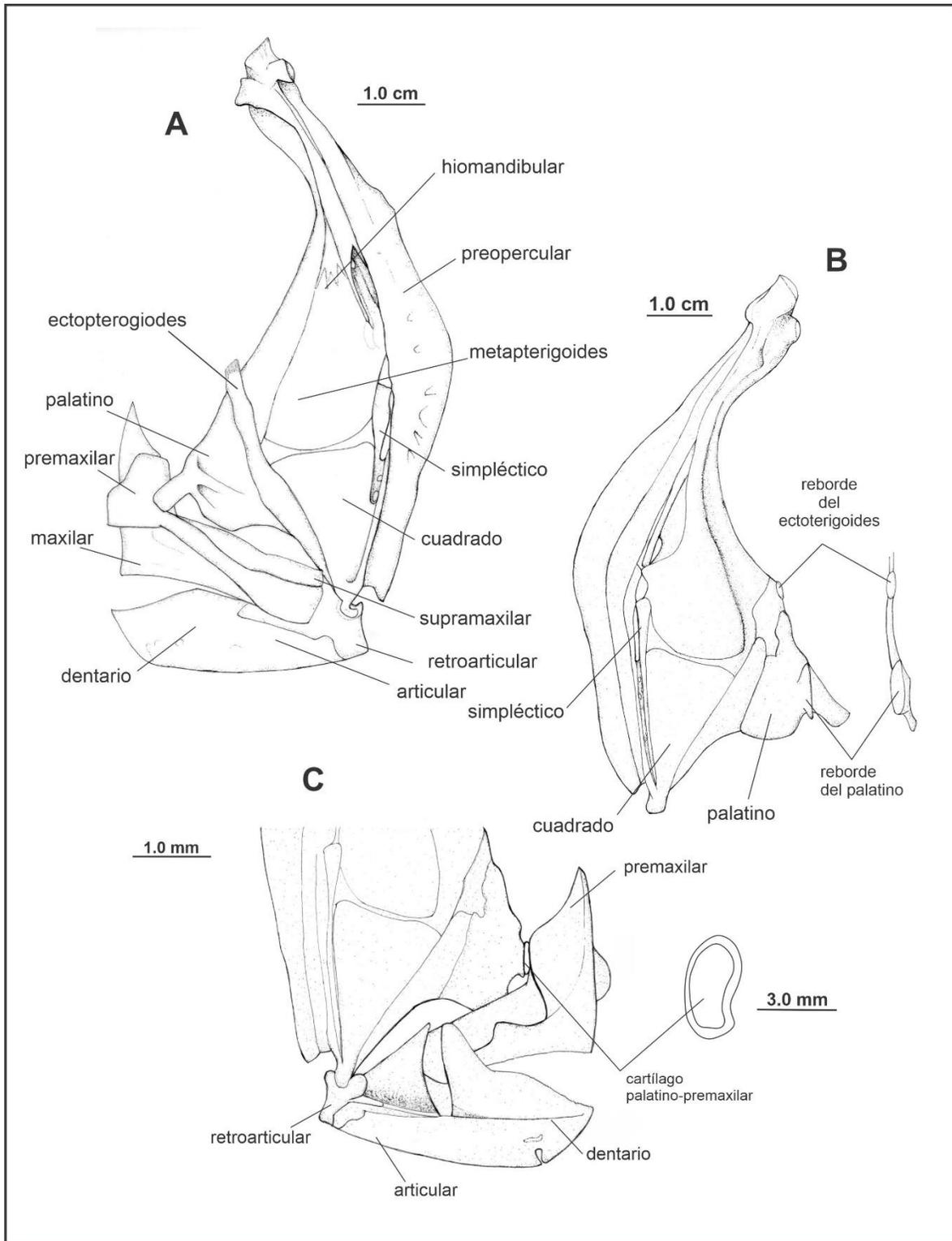


Fig. 35. Tubo digestivo de *Decapterus punctatus*. A) Vista dorsal, B) vista anterior C) Vista izquierda, D) Vista derecha, E) Vista ventral.



**Fig. 36.** Morfología externa de *Selene vomer*. A) Ubicación de la cavidad bucofaríngea (a) y ubicación de la cavidad visceral (b) y B) Distribución de los canales del sistema de la línea lateral.



**Fig. 37 .** A) Esqueleto visceral de *Selene vomer*, Arco mandibular, serie palatina, suspensión mandibular. B) Vista interna donde se observan los rebordes del ectoterigiodes y del palatino y C) Mandíbula y el disco cartilaginoso que se ubica entre el palatino y el premaxilar.

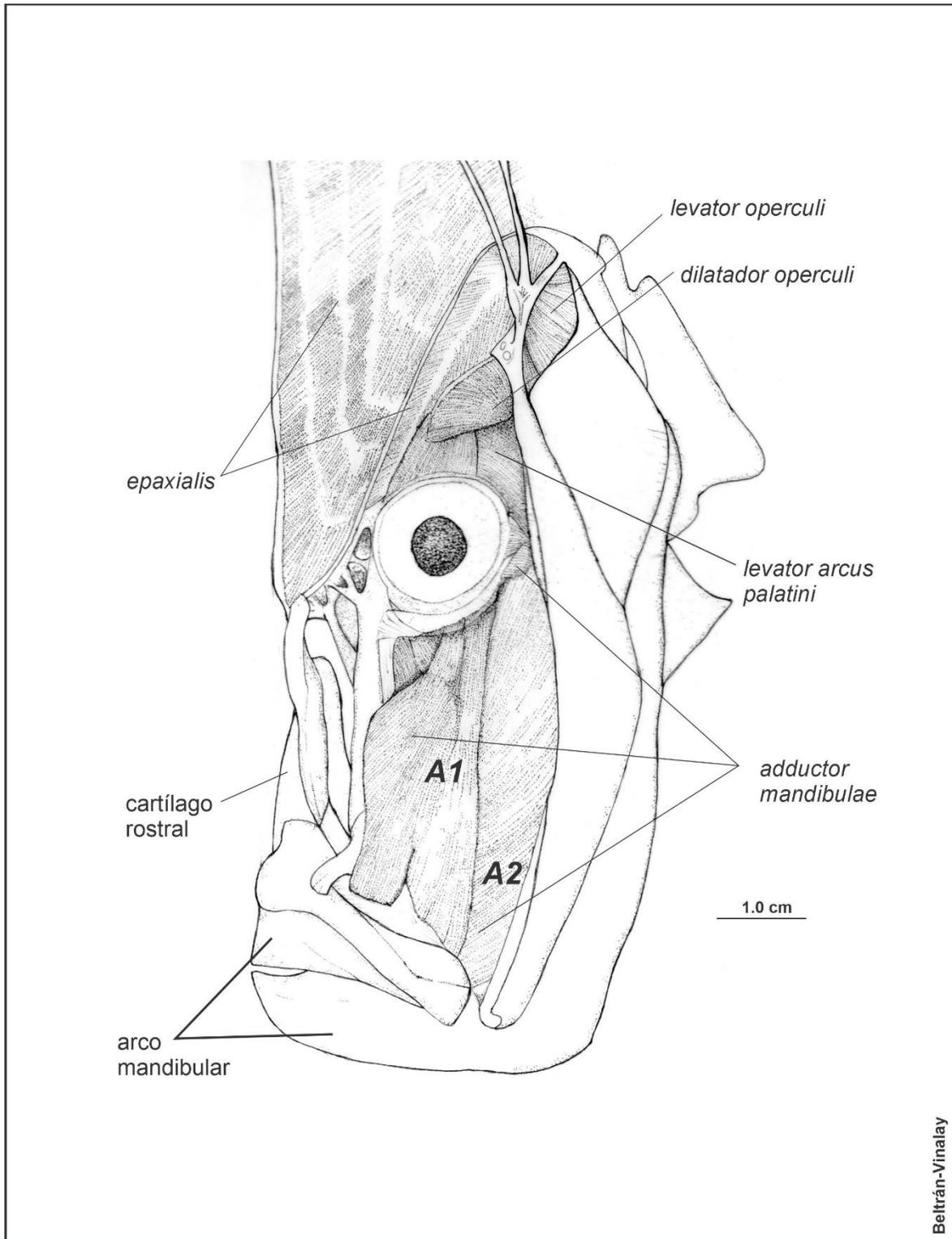


Fig. 38. Musculatura cefálica de *Selene vomer*.

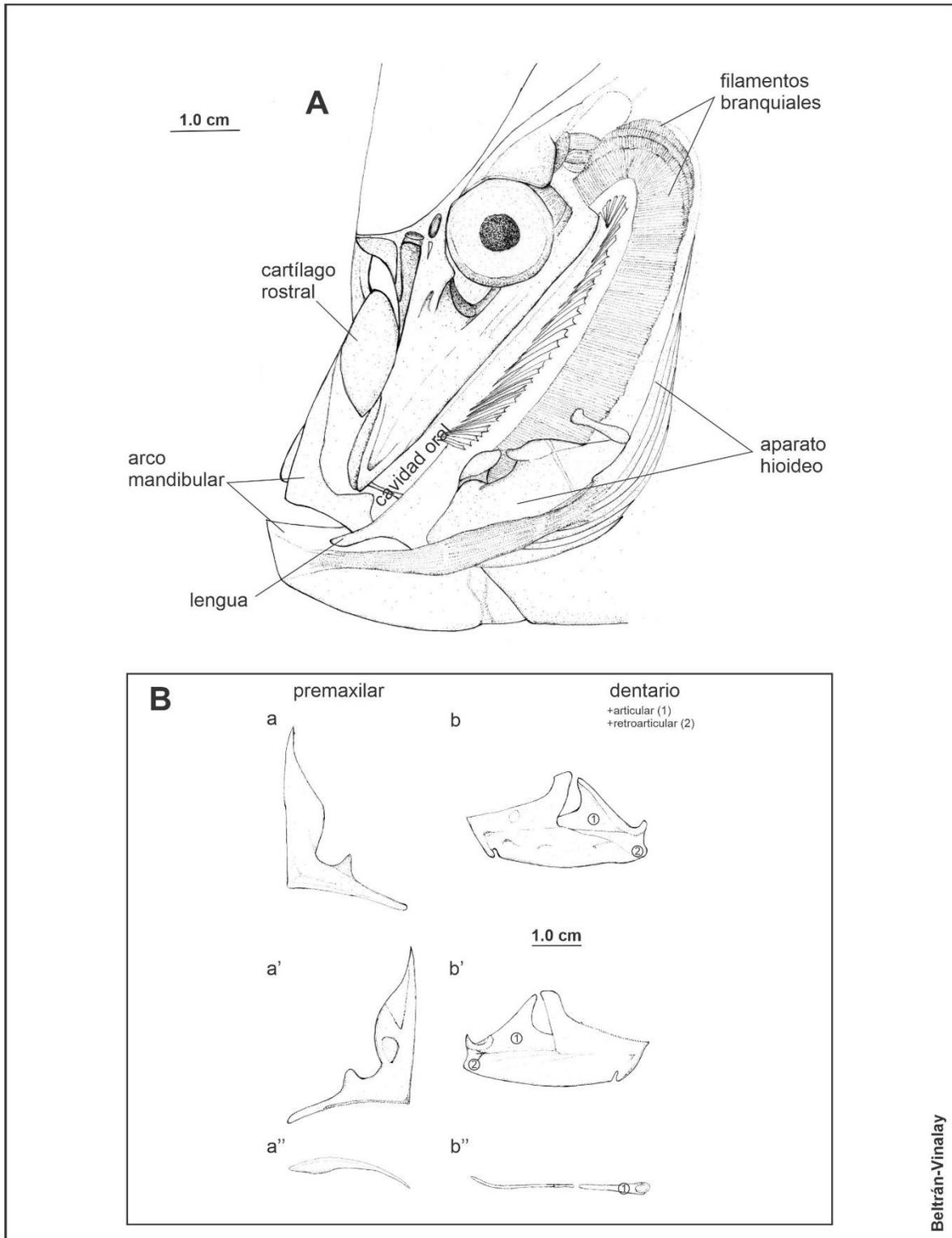


Fig. 39. A) Cavidad bucofaríngea de *Selene vomer* y B) Premaxilar (a) y dentario (b) en vista: en lateral izquierda a y b; interna a' y b'; y dorsal a'' y b''.

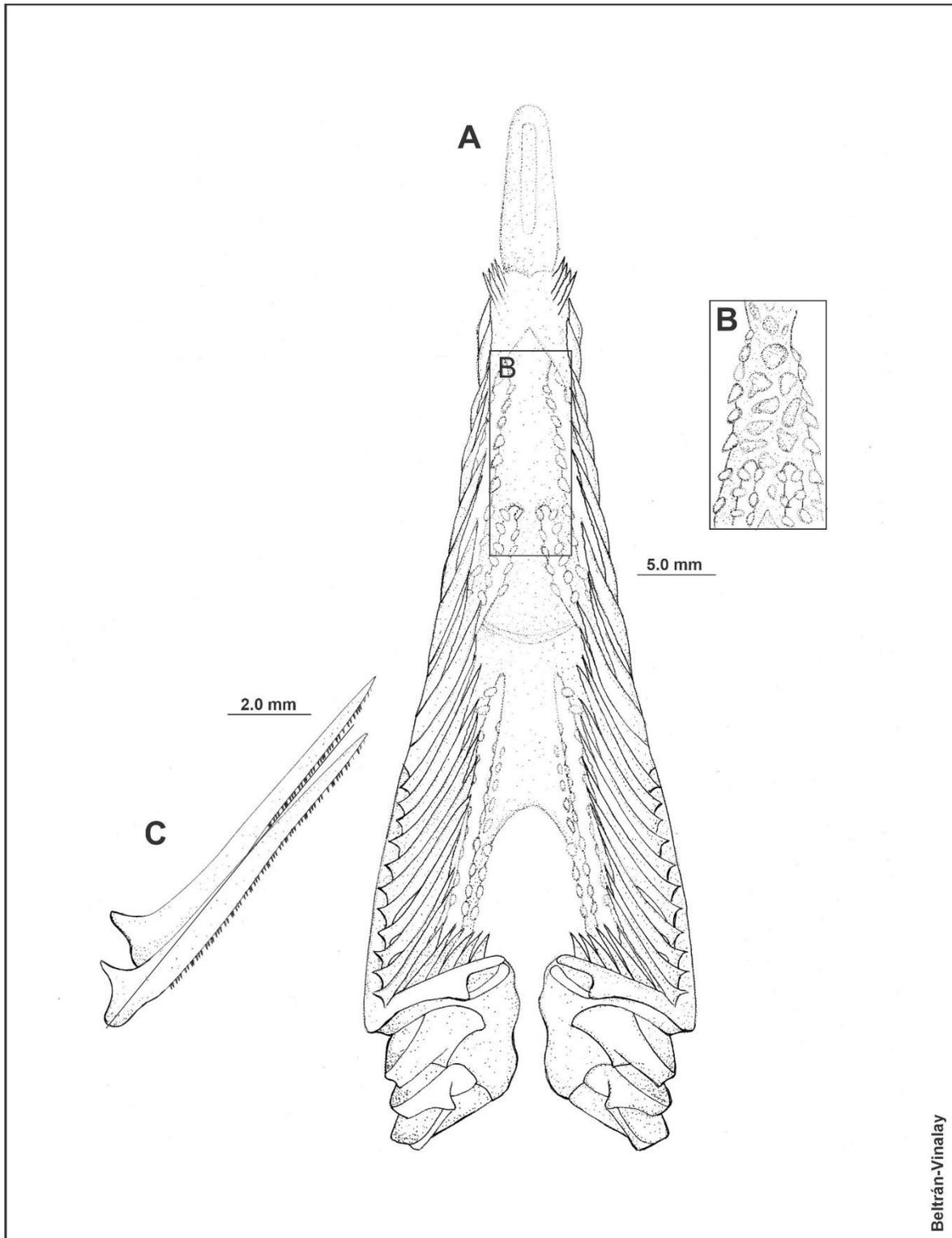
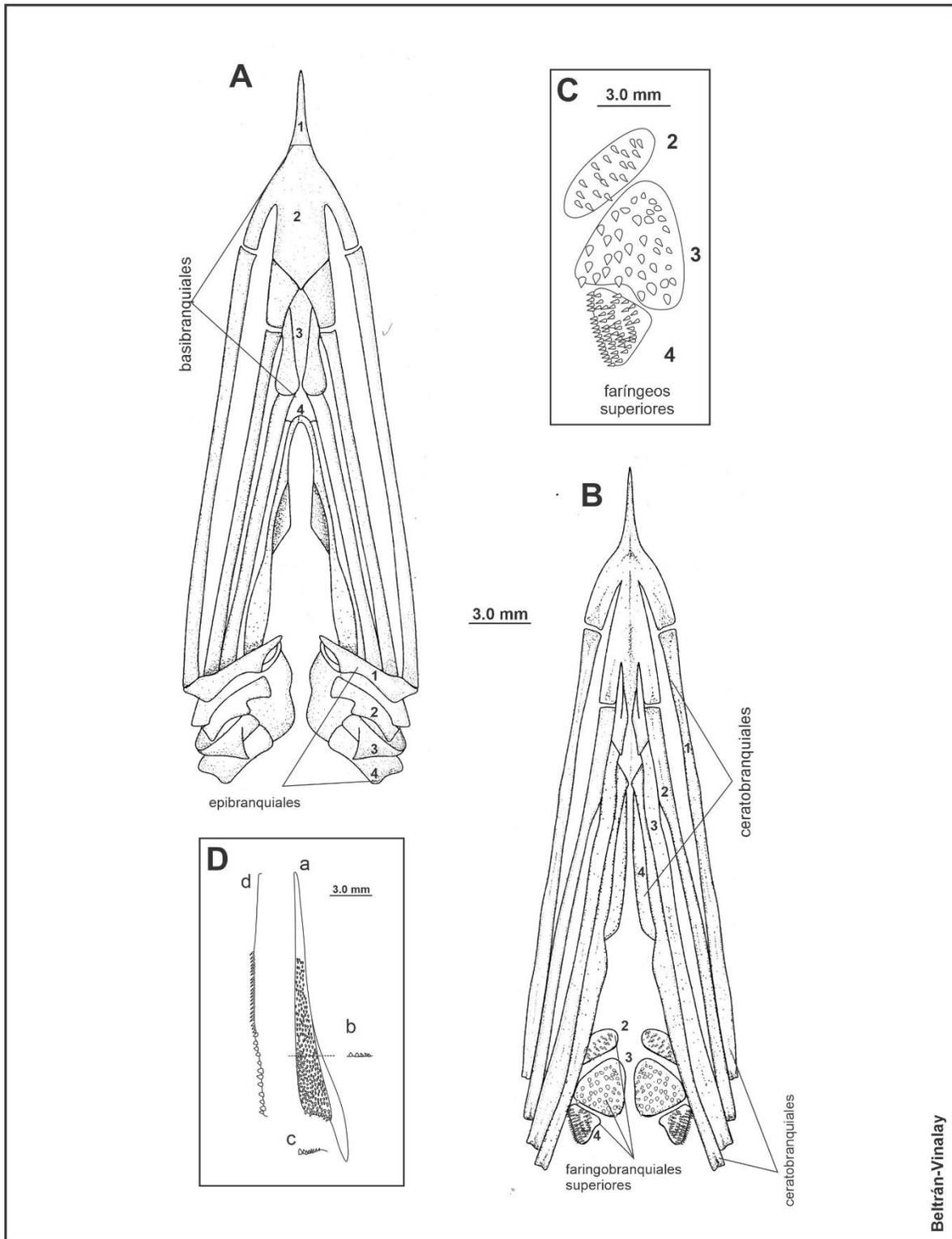


Fig. 40. Aparato branquial de *Selene vomer* A) Vista dorsal del aparato branquial con branquiespinas y sin filamentos branquiales B) Detalle de las placas dentadas sobre los huesos basibranchiales C) Detalle de las branquiespinas.



Beltrán-Vinalay

Fig. 41. Esqueleto del aparato branquial de *Selene vomer*. A) Vista dorsal, B) ventral y C) Detalle de los faríngeos superiores y D) Detalle de los faríngeos inferiores.

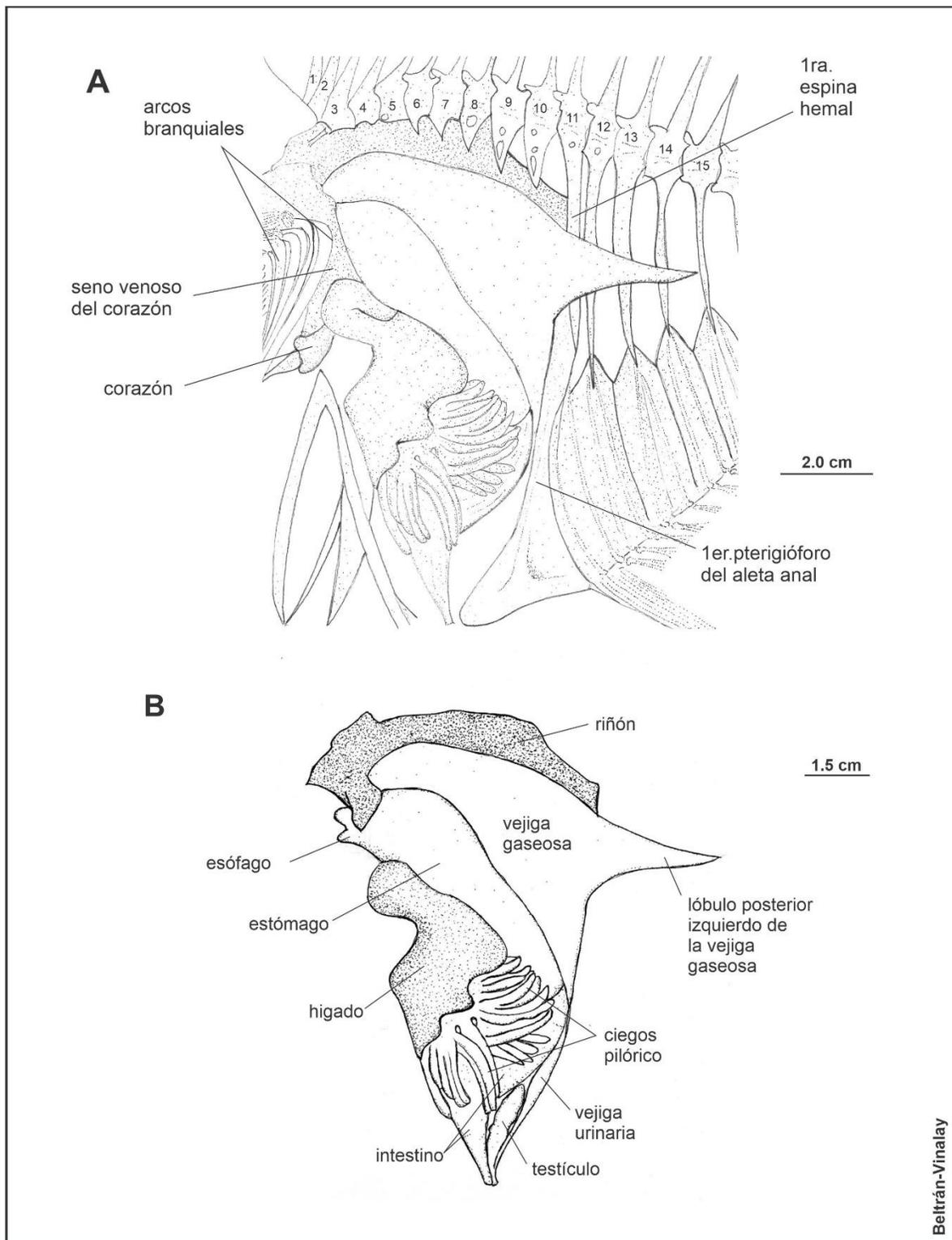
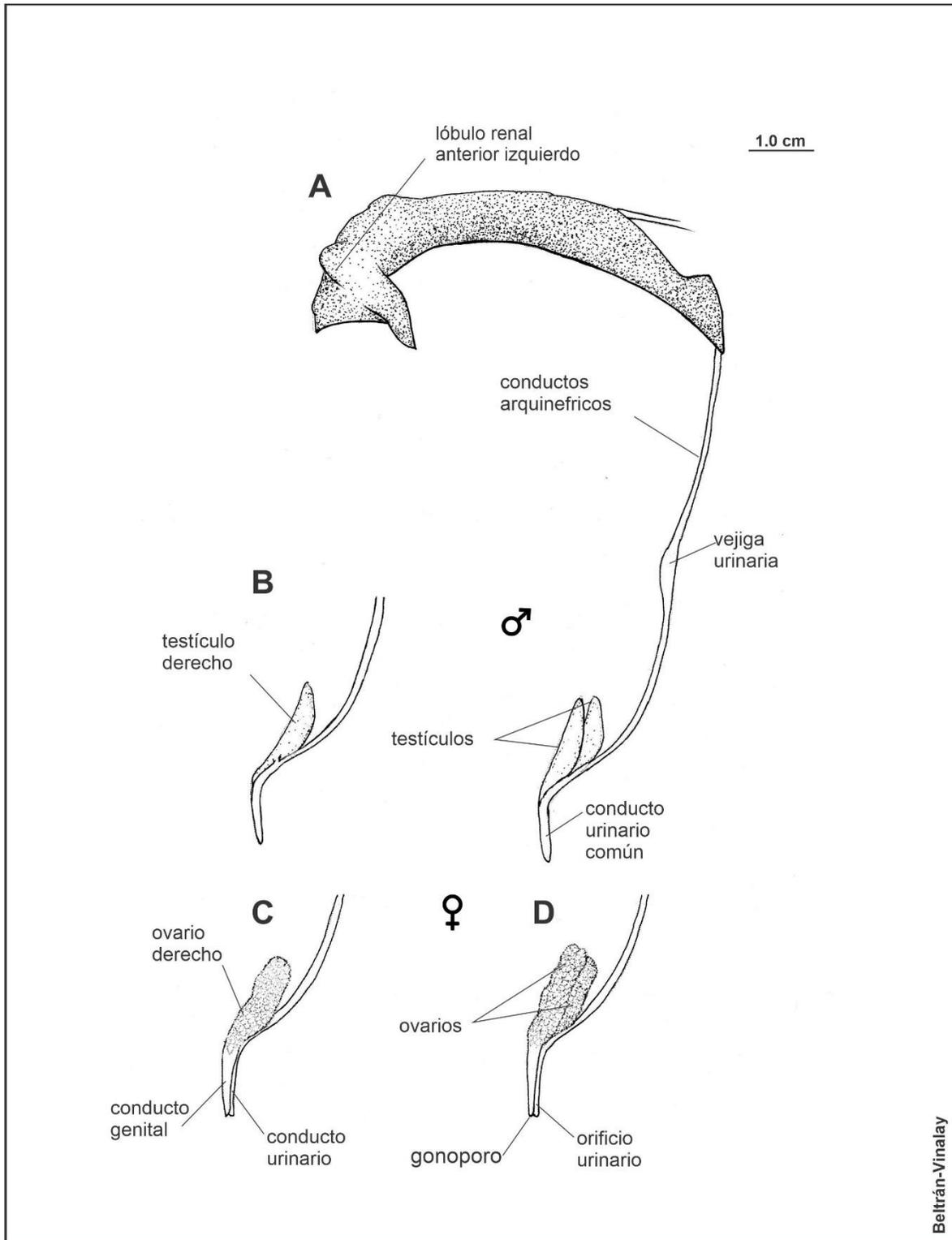


Fig. 42. Cavity visceral de *Selene vomer*. A) Límites de la cavidad visceral y organografía y B) masa visceral.



Beltrán-Vinalay

**Fig. 43.** Sistema urogenital de *Selene vomer*. A) Vista izquierda del sistema urogenital, se aprecia el conducto arquinefrico, vejiga urinaria y testículo. B) apariencia al retirar el testículo izquierdo permitiendo ver el derecho y sus conductos, C y D) detalle de los ovarios y sus conductos.

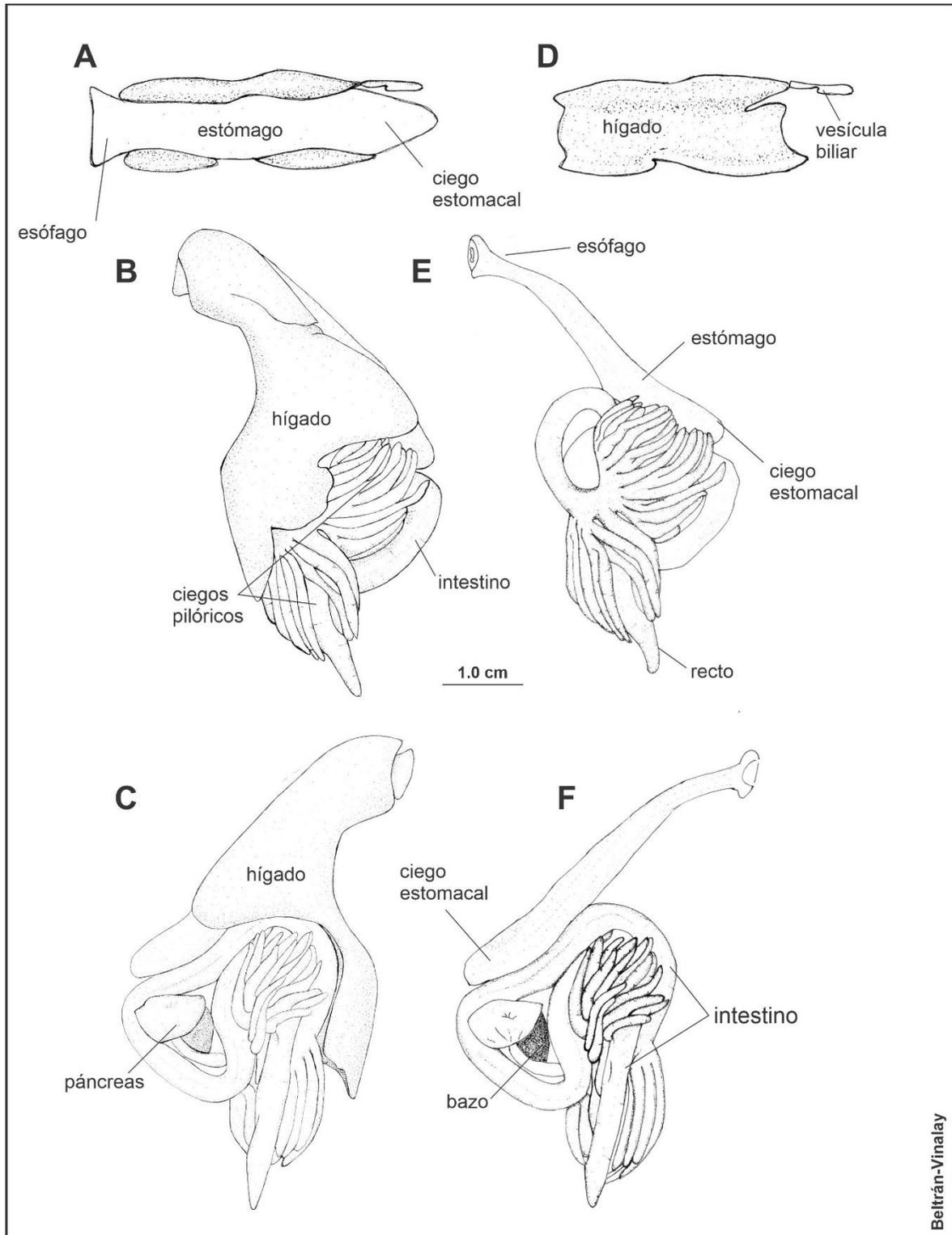
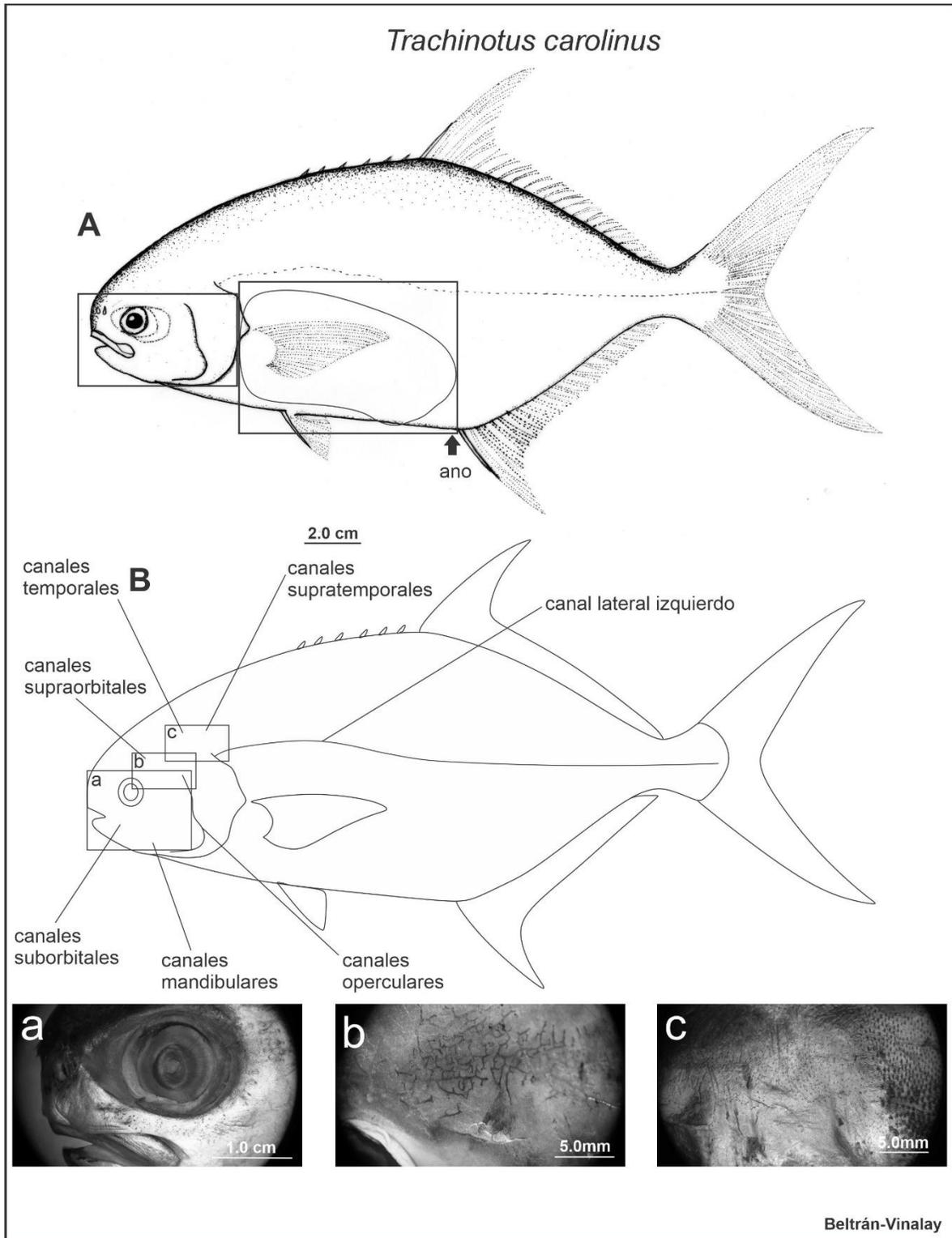
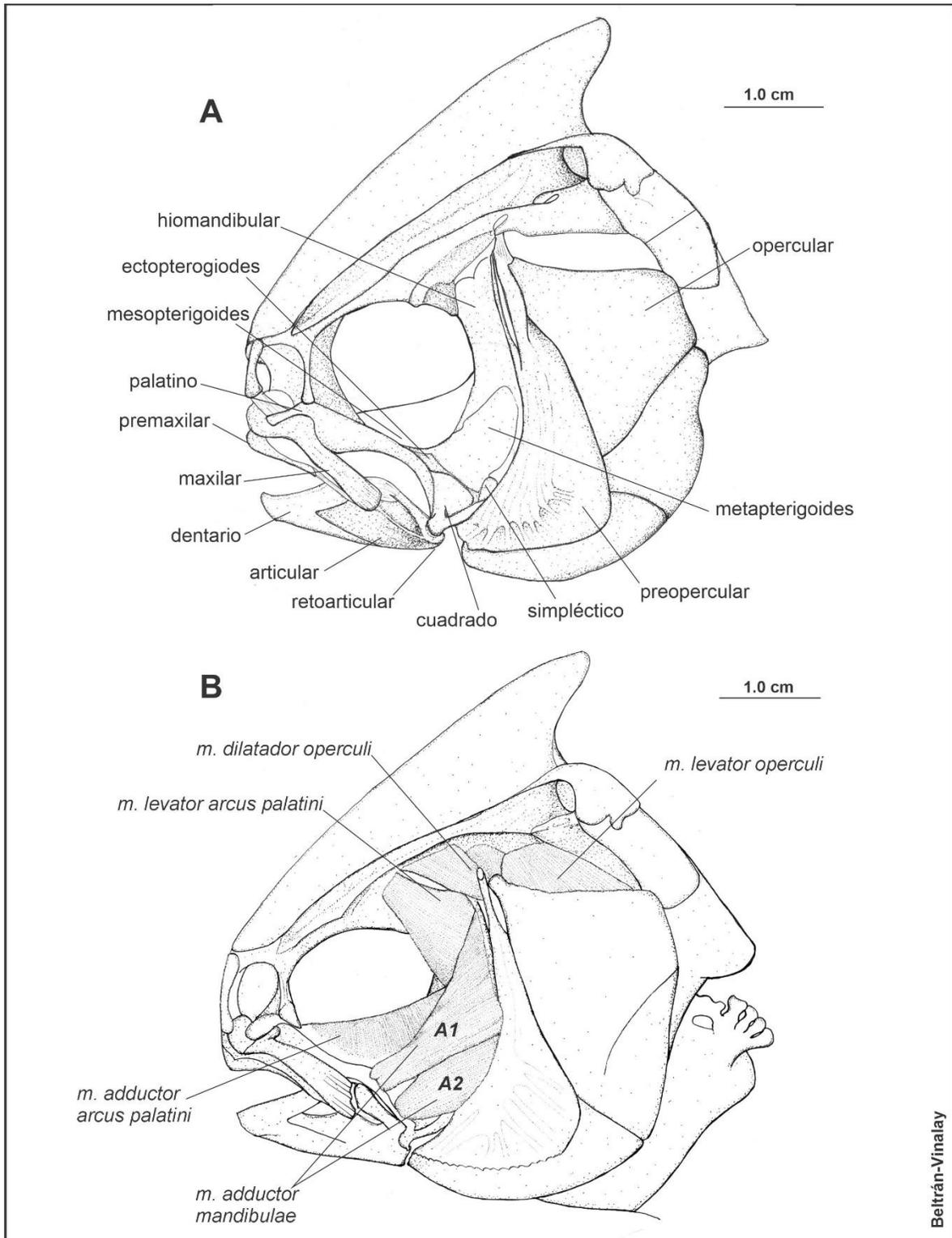


Fig. 44. Tubo digestivo de *Selene vomer*. A) Vista dorsal, B) Vista izquierda, C) Vista derecha, D) vista dorsal del hígado, E y F) Vista izquierda y derecha del tubo digestivo sin hígado.



**Fig. 45.** Morfología externa de *Trachinotus carolinus* A) Ubicación de la cavidad bucofaríngea y visceral y B) Canales del sistema de la línea lateral a) fotografía de los canales y poros suborbitales, b) fotografía de parte de los canales y poros de la temporales y c) fotografía de parte de los poros supratemporales.



**Fig. 46.** Región cefálica de *Trachinotus carolinus*. A) Esqueleto visceral, arco mandibular, serie palatina, suspensión mandibular y serie opercular y B) Musculatura de la región cefálica.

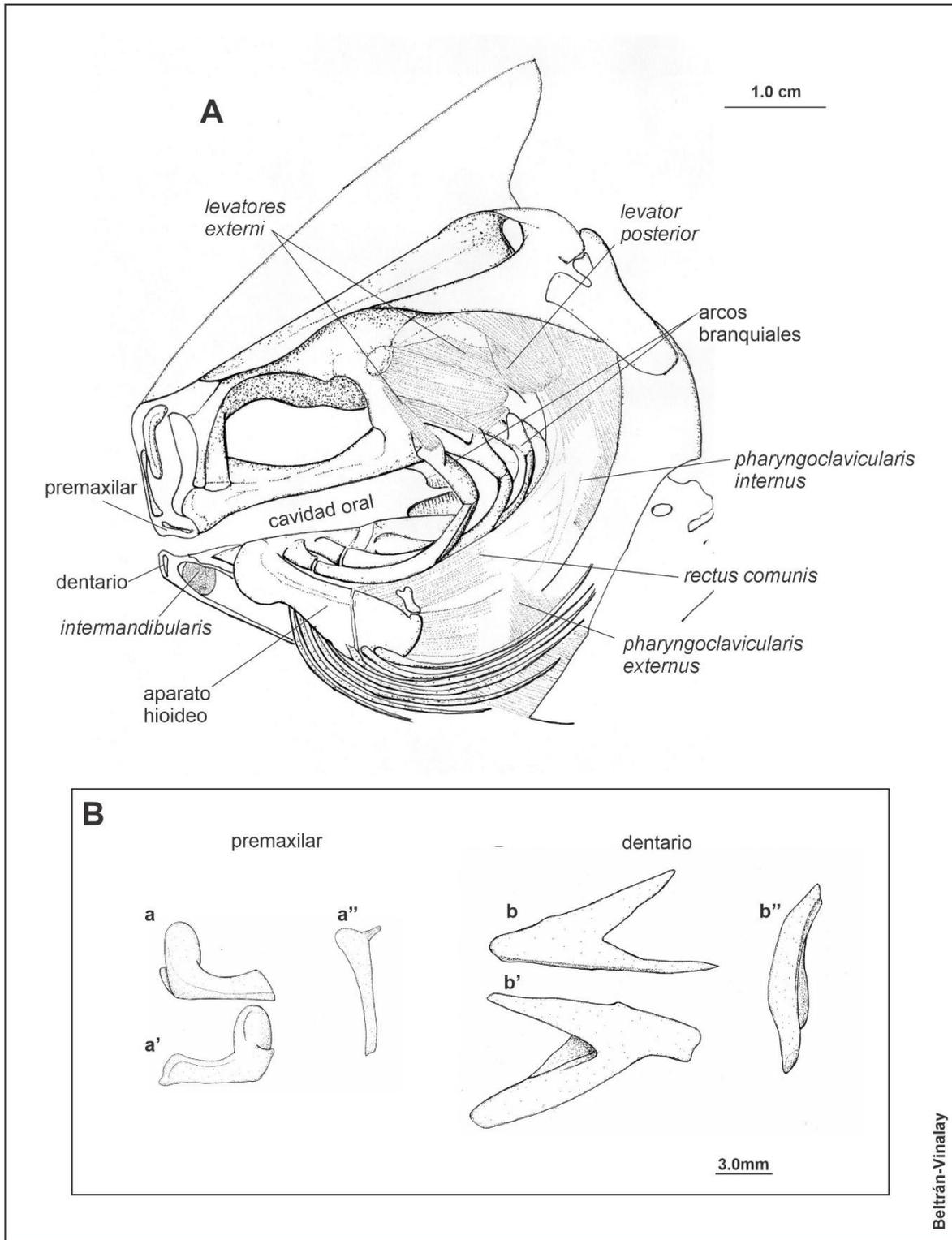


Fig. 47. Cavidad bucofaringea de *Trachinotus carolinus* y B) Premaxilar (a) y dentario (b) en vista: en lateral izquierda a y b; interna a' y b'; y dorsal a'' y b''.

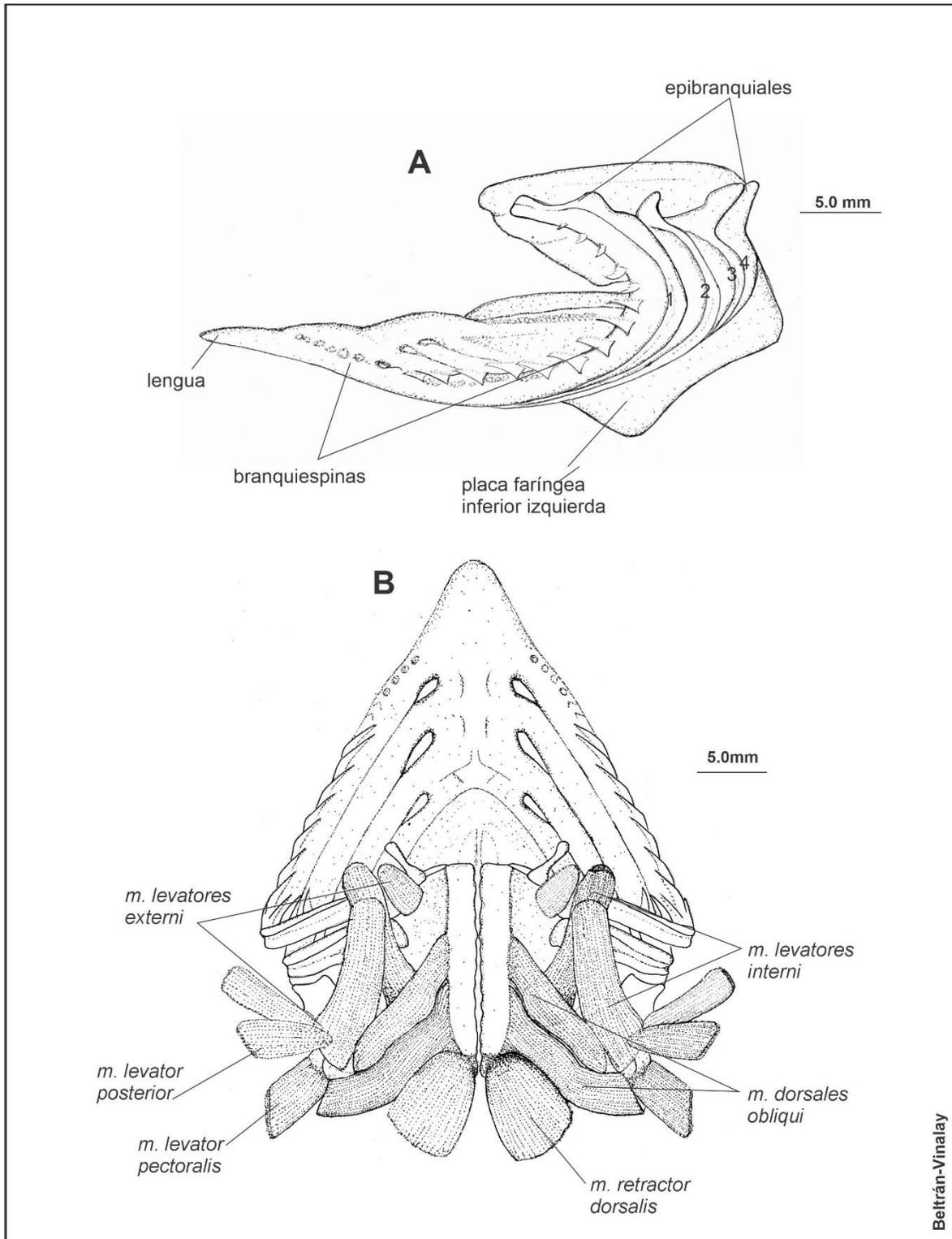
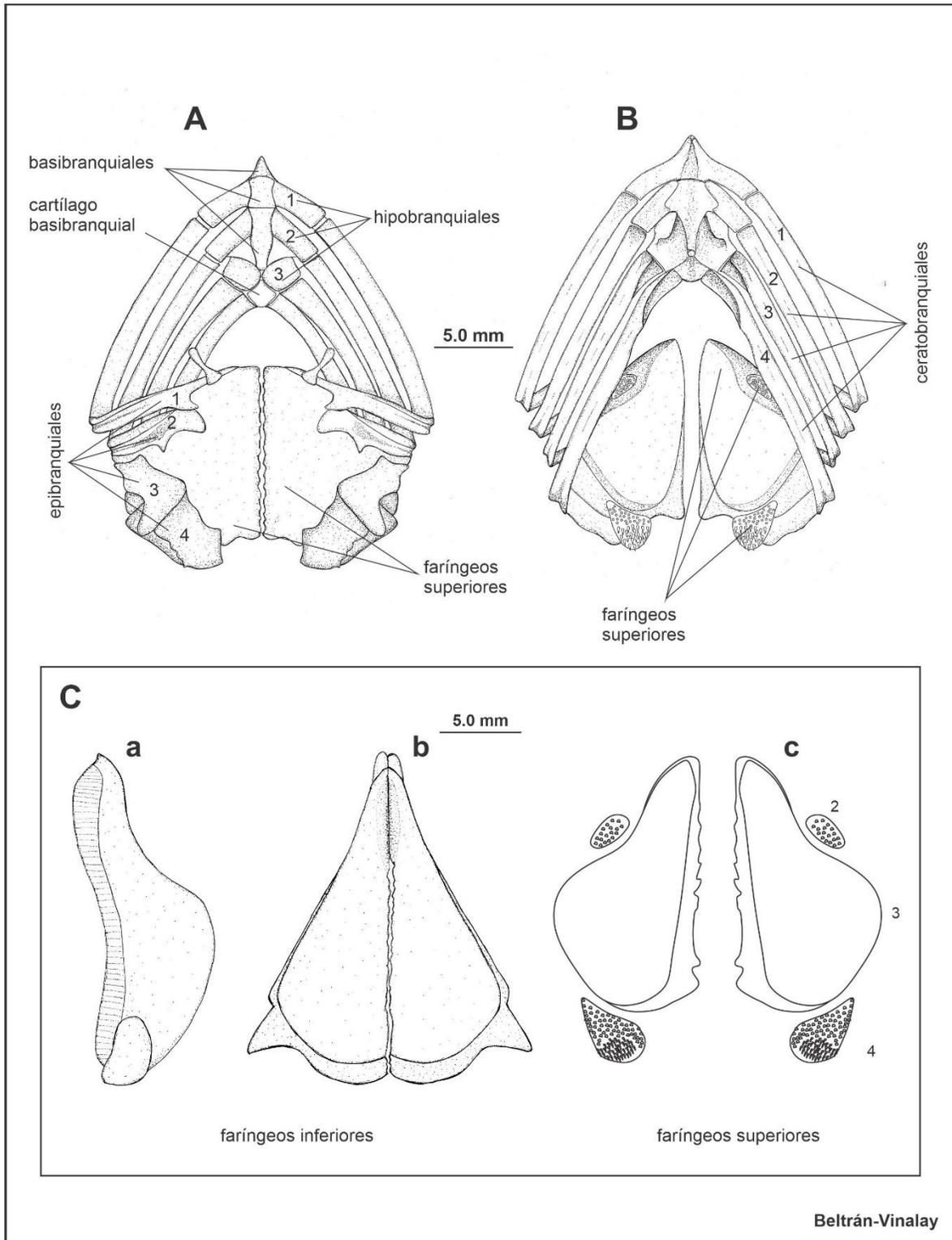


Fig. 48. Aparato branquial del *Trachinotus carolinus*. A) Vista izquierda del aparato branquial con branquiespinas y sin laminillas branquiales y B) Vista dorsal del aparato branquial incluyendo la musculatura.



**Fig. 49.** Esqueleto de aparato branquial de *Trachinotus carolinus*. A) Vista dorsal, B) vista ventral y C) Detalle de los huesos faríngeos inferiores y superiores; a) vista lateral izquierda, b) Vista dorsal y c) vista ventral de los faríngeos superiores.

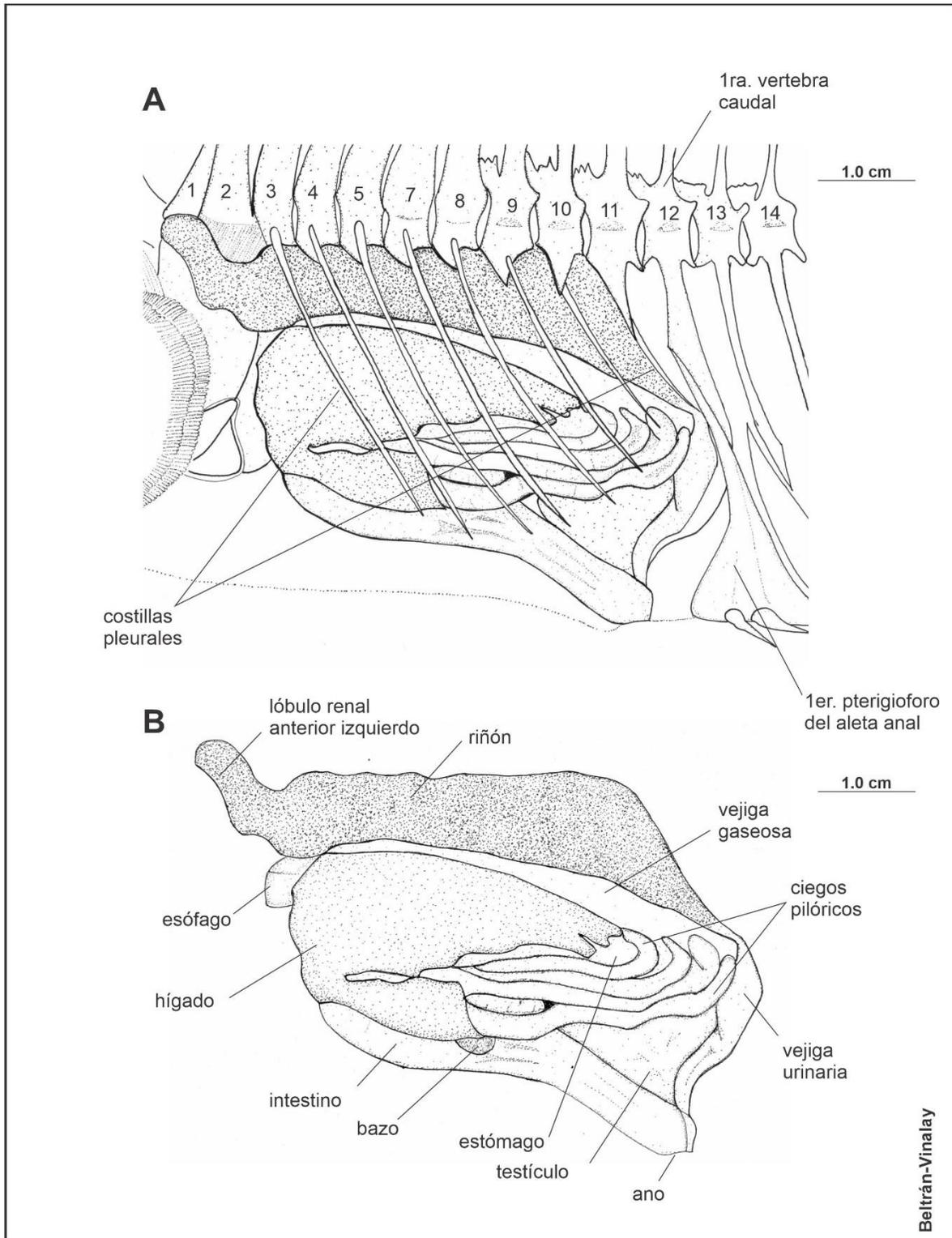
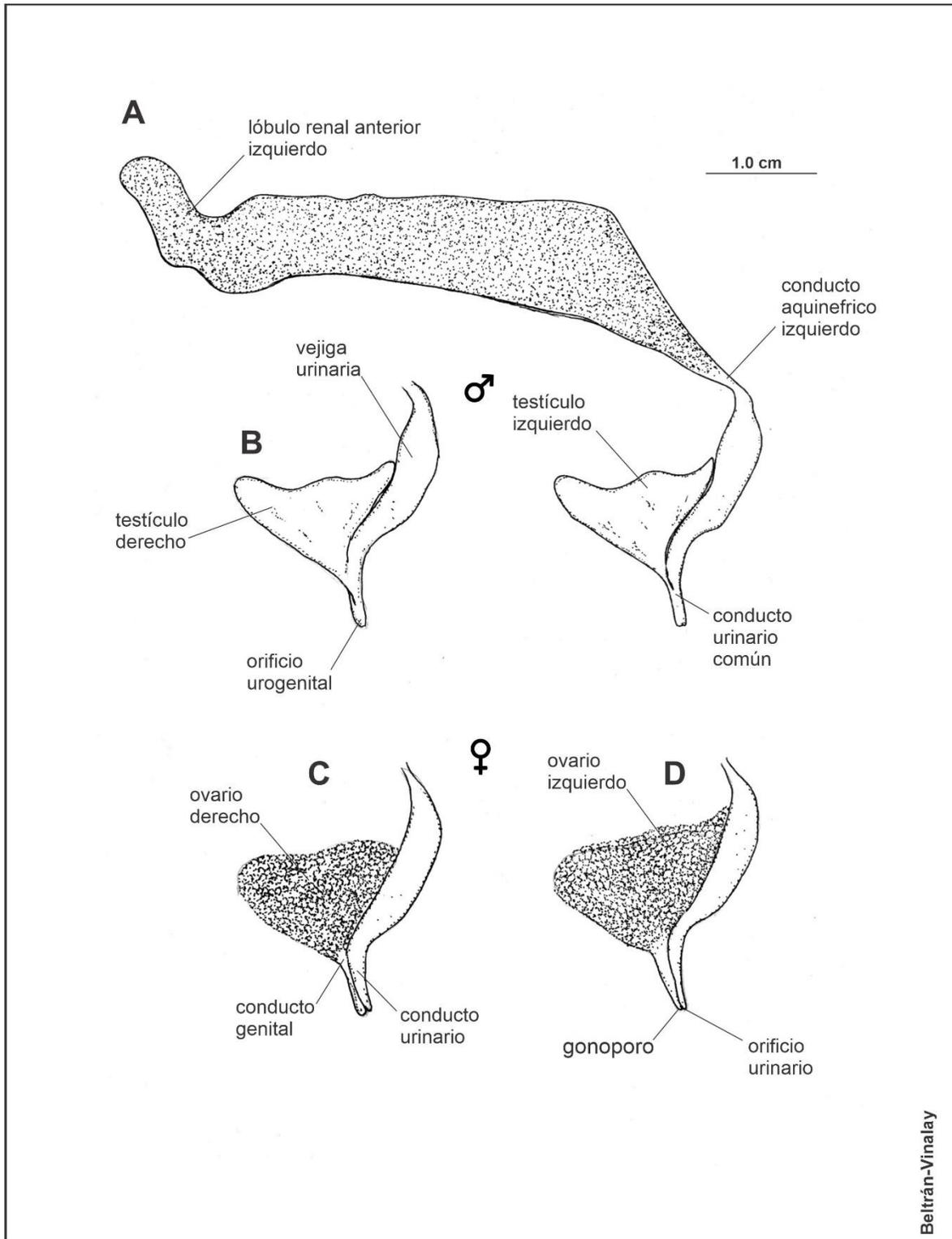


Fig. 50. Cavity visceral de *Trachinotus carolinus* A) Límites de la cavidad visceral y organografía y B) masa visceral.



**Fig. 51.** Sistema urogenital de *Trachinotus carolinus* A) Vista lateral izquierda del sistema urogenital, conducto arquinefrico izquierdo, vejiga urinaria y testículo B) Apariencia al retirar el testículo izquierdo permitiendo ver testículo derecho y sus conductos, C y D) detalle de los ovarios y sus conductos.

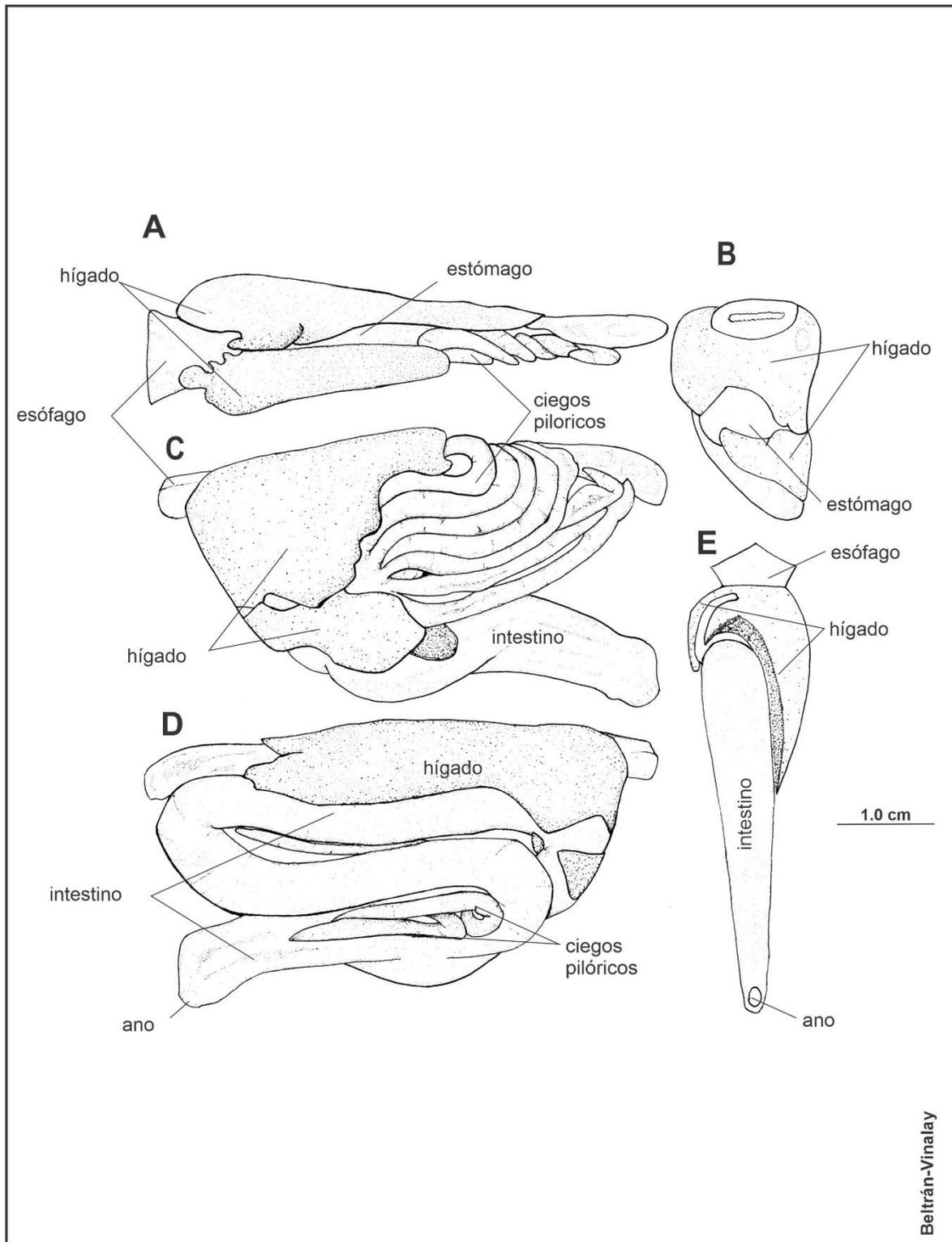


Fig. 52. Tubo digestivo de *Trachinotus carolinus*. A) Vista dorsal, B) Vista anterior, C) Vista izquierda, D) Vista derecha y E) Vista ventral.

## Discusión

Las estructuras como la boca, la lengua, los dientes, las branquiespinas, el esófago, el estómago y el intestino, presentan una gran diversidad de formas, posiciones y tamaños, que están directamente ligadas a los hábitos alimenticios y la estrategia de alimentación de los peces. (Zárate-Hernández *et al.*, 2007, Albouy *et al.*, 2011 y Soares *et al.*, 2013).

Por otra parte, la forma corporal de los peces está relacionada con el estilo de vida e indirectamente con los hábitos alimenticios, por ejemplo, los nadadores veloces como los túnidos (*Thunus*, *Euthynnus*) y marlines (*Istiophoridae*) tienen un cuerpo hidrodinámico el cual reduce la fricción, lo cual les permite recorrer grandes distancias y aprovechar la velocidad generada para capturar a sus presas (Langler, 1990).

Por otra parte, el cuerpo comprimido lateralmente es adecuado para la natación entre corales y bosques de macroalgas. Además, este tipo de cuerpo permite desarrollar una gran velocidad en un trayecto corto, para capturar su alimento o huir de sus depredadores (Huber, 2007). Esta forma corporal está presente en muchos peces costeros como pargos (*Lutjanidae*), robalos (*Centropomidae*) entre otros. Los peces demersales como las rayas y los lenguados, tienen un cuerpo notablemente plano y están bien adaptados para vivir cerca o sobre el fondo.

De acuerdo con la tabla 2, el valor más alto en el índice de compresión lateral es de 4.95, que le corresponde a *S. vomer*, le sigue *C. chrysurus* con un valor de 3.53, por lo cual son las especies más comprimidas lateralmente. De acuerdo con Watson y

Balón (1984) los valores mayores en este índice pueden relacionarse con peces que habitan en aguas relativamente tranquilas, lo cual corresponde a lo señalado para *Chloroscombrus chrysurus* por Cervigón (1966), quien describe, que se distribuyen cerca de la costa, especialmente en bahías y áreas estuarinas. Por otra parte, Cervigón (1993), menciona que los juveniles de *S. vomer* habitan en estuarios y los adultos en aguas poco profundas cerca de la costa. En contraste, los peces fusiformes como *D. punctatus* y *C. hippos* tienen un valor de 2.18 y 2.31 respectivamente.

Algunos autores mencionan que los índices de longitud relativa, altura relativa y espesor relativo del pedúnculo caudal están relacionados con la locomoción de los peces. Como muestra la tabla 3, *C. Chrysurus* y *S. vomer* presentan los mayores valores del índice de longitud relativa del pedúnculo caudal (ILRPC) con un 8.8 % y 8.2% respectivamente; el más bajo es de 4.1% que corresponde a *D. punctatus*. Winemiller (1991) menciona que los mayores valores en dicho índice se pueden relacionar con especies de buena capacidad para el nado. Por lo tanto, bajo este criterio *D. punctatus*, comparativamente tiene poca capacidad de nado.

Por otra parte, Albouy *et al.* (2011) concluyen que un valor menor en el índice de altura relativa del pedúnculo caudal (IARPC) indica un potencial reducido de maniobrabilidad; en consecuencia, *D. punctatus* es la especie con menor maniobrabilidad, en cambio *T. carolinus* tiene un valor de 17.91%, siendo el valor más alto y en segundo lugar esta *C. hippos* con un valor de 12.83%, por lo cual, la especie con mayor maniobrabilidad es *T. carolinus*.

De acuerdo con Winemiller (1991) los peces con mayor valor en el índice del espesor relativo del pedúnculo caudal (IERPC) sugieren una buena capacidad para la natación continua, como *C. hippos* que tiene un valor de 45.93% (Tabla 3). Lo cual corresponde con lo descrito por Saloman y Naughton (1984) quienes mencionan que *C. hippos*, es capaz de recorrer grandes áreas en busca de presas, tanto en el fondo como en la columna de agua, algunos otros autores como Riede (2004) y Caifa *et al.*, (2011) consideran que es una especie migratoria.

Otra característica morfológica que puede estar relacionada con la alimentación es el tamaño del ojo. Algunos autores como Boyle y Horn (2006) y Pouilly *et al.*, (2003) concluyen que los valores mayores del índice de tamaño relativo del ojo (ITRO) pueden relacionarse con el uso de la vista para la ubicación de las presas. Dichos autores también mencionan que los ojos grandes son característicos en peces que se desarrollan en aguas someras y claras, por el contrario, en los que se desenvuelven en ambientes de poca o nula luminosidad tienden a desarrollar ojos pequeños o estar atrofiados. *D. punctatus* es la especie que tiene los ojos más grandes con un valor del ITRO de 9.13%, por el contrario, *T. carolinus* es la especie con los ojos más pequeños con un ITRO de 5.97%.

De acuerdo con lo anterior, se puede proponer que *D. punctatus* es una especie que se distribuye cerca de la costa, que no recorre grandes distancias puesto que de acuerdo con los índices del pedúnculo caudal es una especie de natación poco activa; comparándola con los demás carángidos analizados y que probablemente utiliza más la vista para ubicar a sus presas.

Por el contrario *T. carolinus* tiene mayor capacidad de maniobrabilidad, ojos pequeños, rostro notablemente plano; así mismo cabe destacar que en todos los ejemplares disponibles, se observó la presencia de arena en las narinas de manera constante. Por estos motivos se podría pensar que esta especie utiliza el olfato para ubicar a sus presas entre la arena, la cual remueve con su rostro y se vale de su buena maniobrabilidad para buscarlas de manera minuciosa.

Por otra parte, Pouilly *et al.*, 2003 menciona que las características morfológicas de los peces, que pueden estar más relacionadas con los hábitos alimenticios son: el tamaño de la boca, el tamaño y número de las branquiespinas y la longitud del intestino.

Algunos autores como Willis *et al.*, (2005) mencionan que los valores mayores en el índice de apertura máxima de la boca (IAMB), pueden relacionarse con especies principalmente piscívoras y con la capacidad de consumir presas relativamente grandes, como *C. hippos* que tiene un IAMB de 58%, por el contrario, en *S. vomer* es de 22% y boca en posición basal, lo que sugiere que consume presas pequeñas y organismos bentónicos, como describe Buchheister y Latour (2015) y Cunha (2008) quienes mencionan que se alimenta de peces pequeños, copépodos, misidáceos y poliquetos. Así mismo Kobelkowsky y Castillo-Rivera (1995) relacionan la boca en posición inferior con hábitos bentónicos. Por lo tanto, *Selene vomer* es un pez depredador de hábitos que se especializa en el consumo de presas pequeñas.

Varios autores concuerdan que la dentición está estrechamente relacionada con los

hábitos alimenticios y el tipo de alimento consumido. Los peces depredadores piscívoros como *Lutjanus griseus*, *Elops saurus* y *Synodus foetens* tienen una dentición muy numerosa que incluye elementos de tipo caniniformes; este tipo de dientes están adaptados para clavarse y sujetar, además en *E. saurus* y *S. foetens* tienen forma de flecha, lo cual aumenta estas capacidades. La finalidad de este tipo de dientes es evitar que la presa escape y la dentición faríngea se encarga de dirigirla al esófago y no dejarla regresar.

La dentición de *C. hippos* está bien desarrollada, la mandibular consta de elementos pequeños, medianos, grandes y caniniformes, y la dentición faríngea cuenta con dientes cónicos de diámetro variable; estas características indican que es un pez depredador que se alimenta principalmente de otros peces. Lo cual concuerda con lo descrito por Saloman y Naughton (1984) quienes describen que *C. hippos* se alimenta de presas agrupadas en cardúmenes, por lo que lo considera como un pez principalmente piscívoro. Por otra parte, Días (2016) concluye que *C. hippos* es un depredador generalista, que se alimenta sobre todo de las especies más abundantes en el ecosistema, predominantemente de peces pelágicos y demersales.

En contraste, *T. carolinus*, no presenta dentición mandibular y gran parte de la dentición faríngea esta fusionada en placas, que son accionadas por músculos notablemente desarrollados, cuya fuerza rompe las valvas de las almejas. De las cuales se observaron abundantes restos en el estómago e intestino, lo que sugiere que esta especie es de hábitos durófagos. Esta condición es descrita con anterioridad por Armitage y Alevizon, (1980) y Denadai *et al.*, (2003) quienes

mencionan que se alimenta de las almejas: *Donax variabilis* (almeja frijol), *Tellina* sp, *Tivela mactroides* y del cangrejo topo (*Emerita talpoida*).

En cuanto a la dentición de *C. chrysurus* y *D. punctatus* la mandibular está constituida por dientes pequeños, la mayoría son romos y dispuestos en filas poco organizadas, la dentición faríngea presenta dientes cónicos que varían en longitud y diámetro. Estas especies están adaptadas para el consumo de zooplancton, por lo tanto, no necesitan una dentición mandibular muy desarrollada como los peces piscívoros tal como *C. hippos*.

Otra característica importante relacionada con el tipo de alimentación de los peces son las branquiespinas. De acuerdo con Castillo *et. al*, (1996) las branquiespinas largas, cercanas entre sí y numerosas pueden relacionarse con el consumo de plancton, debido a que funcionan como un filtro. Estos autores mencionan que en peces filtradores como *Brevoortia patronus* y *Brevoortia gunteri* (Clupeidae) las branquiespinas son numerosas y además sobre ellas desarrollan branquiespínulas; disminuyendo más la luz del filtro. De estas dos especies de sardinas, *B. patronus* tiene una mayor cantidad de branquiespínulas por milímetro cuadrado, lo cual la capacita para el consumo de algas unicelulares (fitoplancton), en cambio *B. gunteri* consume alimento de mayor tamaño, zooplancton.

Por otra parte, Ortiz-Burgos y Kobelkowsky (2006) mencionan que el clupeido *Harengula jaguana* (sardina escamuda) es un pez filtrador que presenta 55 branquiespinas largas, delgadas y muy juntas. Como muestra la tabla 3, *D. punctatus* tiene 47 branquiespinas y *C. chrysurus* 35, las cuales son largas y

cercanas entre sí, características que se han relacionado con el consumo de zooplancton; lo cual concuerda con lo descrito por Donaldson y Calvijo, (1994) y Stanton (1987) para *D. punctatus* quienes mencionan que se alimenta de copépodos, larvas de moluscos, decápodos y calanoideos.

Para *C. Chrysurus*, Chaves y Umbria (2003) y Cunha *et al.*, (2008) mencionan que se alimenta de copépodos y larvas de moluscos. De acuerdo con lo anterior se puede pensar que *D. punctatus* al tener más branquiespinas que *C. chrysurus*, se alimenta de presas más pequeñas.

Otra diferencia entre estas especies consumidoras de zooplancton es la forma corporal, *D. punctatus* es fusiforme con boca terminal con un índice de retractilidad del 8%, mientras que *C. chrysurus* es de cuerpo muy comprimido lateralmente, perfil ventral más convexo que el dorsal con boca en posición superior y un índice de retractilidad del 13%. Estas características se relacionan con peces que se alimentan cerca de la superficie, lo cual concuerda con lo descrito por Chaves y Umbria (2003) para *C. chrysurus*.

De acuerdo con lo anterior, se puede deducir que a medida que disminuye el número de branquiespinas, el tamaño de la presa aumenta. De los carángidos analizados, la especie con un número intermedio de branquiespinas es *S. vomer* con 30; Buchheister y Latour (2015) Cunha *et al.* (2008) mencionan que esta especie consume peces pequeños, copépodos, misidáceos y poliquetos, siendo comparativamente la especie que consume presas relativamente pequeñas.

Continuando con la misma idea, una cantidad moderada de branquiespinas de

longitud y separación media, pueden estar relacionadas con peces depredadores piscívoros, como el Jurel *C. hippos*, el cual presenta en promedio 22 branquiespinas con dichas características. Kobelkowsky y Pantoja-Escobar (2009) describen características similares a las de *C. hippos* en *Lutjanus griseus* (pargo gris) también depredador piscívoro, el cual también tiene 22 branquiespinas de longitud y separación media, una dentición bien desarrollada con dientes cónicos, que incluyen dientes caniniformes, una musculatura mandibular y hioidea bien desarrollada, así mismo se considera que también comparten la estrategia de captura mediante succión propuesta por Gerking (1994) para los teleósteos depredadores.

La forma de la cavidad visceral está relacionada directamente con la forma corporal, en los carángidos de cuerpo notablemente comprimido, esta cavidad es muy reducida, esta característica también está presente en los lenguados. Además, los carángidos comparten otras características con algunos lenguados, tales como: adelantamiento de la posición del ano y de la aleta anal, desarrollo de extensiones de la cavidad visceral que salen de los límites esqueléticos de la cavidad visceral. En estas extensiones se alojan en algunas especies de lenguados parte de las gónadas y parte del intestino, como en *Syacium papillosum* (Kobelkowsky y Rojas-Ruiz, 2017). En los carángidos analizados en dichas extensiones se distribuyen los lóbulos posteriores de la vejiga gaseosa, que están presentes en *C. hippos*, *C. Chrysurus*, *S. vomer* *D. punctatus*, en esta última además se aloja parte de los ovarios, con excepción de *T. carolinus*.

En cuanto a los órganos del sistema digestivo Buddington y Diamond, (1987)

mencionan que un esófago notablemente grueso y distensible, se presenta en peces que consumen presas relativamente grandes o duras, como en *C. hippos*, el cual es un depredador capaz de consumir peces relativamente grandes, en ocasiones completos y en *T. carolinus* que es de hábitos carnívoros durófagos.

Otros autores como, Pouilly *et al.*, 2003, examinaron 48 especies de peces de agua dulce, con el objetivo de establecer cuáles son los caracteres morfológicos que se relacionan con los hábitos alimenticios, una de sus conclusiones es que la longitud del intestino está fuertemente relacionada con los hábitos alimenticios, un intestino corto se presenta en peces carnívoros, de longitud media omnívoros y muy largo en herbívoros. Aunque no mencionan alguna otra característica presente en el tubo digestivo, como el estómago, que pueda estar relacionada con los hábitos alimenticios, pero algunos autores que describen el sistema digestivo de peces depredadores mencionan, que el estómago es relativamente grande y que desarrollan el denominado ciego estomacal, Kobelkowsky y Pérez-García (2007) en *Elops saurus* (Elopidae), Kobelkowsky y Pantoja-Escobar (2009) en *Lutjanus griseus* (Lutjanidae). Así mismo *C. hippos* presenta un estómago grande con evidente capacidad de distensión y también desarrolla el ciego estomacal.

Otro órgano presente en el sistema digestivo y exclusivo de los peces son los ciegos pilóricos, estas estructuras se presentan en el 60% de las especies (Kapoor *et al.*, 1976) además pueden incrementar su número con la edad (Honda, 1974). Algunos autores como Mohsin (1961) mencionan que no existe relación entre el número de ciegos pilóricos con los hábitos alimenticios. En cuanto a las especies estudiadas los ciegos pilóricos están presentes en las cinco especies, varían en número,

posición, longitud y diámetro. La especie con más ciegos pilóricos es *C. hippos* con alrededor de 3500. Otra especie piscívora con ciegos es *Elops saurus* (Elopidae), la cual Kobelkowsky 2007 describe que desarrolla una gran cantidad de ciegos pilóricos ramificados dicotómicamente, en contraste *Merluccius australis* (Merlucciidae) no presenta ciegos pilóricos, y también se alimenta principalmente de peces (Serrano *et al.*, 2014). Por otra parte, Aguilar-Medrano *et al.*, (2015) menciona que *Stegastes rectifraenum* (Pomacentridae) especie omnívora presenta tres ciegos pilóricos; asimismo, Kobelkowsky (1998a) describe que el bagre *Ictalurus balsanus* (Ictaluridae) también omnívora no presenta ciegos pilóricos. En cuanto a las especies estudiadas no se observó relación entre los ciegos pilóricos con el tipo de presa. Todas las especies desarrollan ciegos no ramificados a excepción de *S. vomer* donde se ramifican tricotómicamente.

En cuanto a su función, de acuerdo con varios autores (Buddington y Diamond, 1987; Bakke *et al.*, 2010 y Wilson y Castro 2011) mencionan que estas estructuras anatómicas ayudan a los peces carnívoros a aumentar la superficie de absorción y asimilación de nutrientes, compensando la corta longitud del intestino. Algunos otros consideran que aún su función no está bien establecida, pero se menciona que pueden realizar las siguientes: incremento del área de superficie intestinal, tanto para la absorción y secreción, como órganos accesorios de reserva de alimento y lugar de reproducción del microbiota intestinal Buddington y Diamond (1986 y 1987) y Dimes *et al.*, (1994). Para poder definir la función en los ciegos pilóricos en carángidos es necesario realizar un análisis histoquímico de estas estructuras.

Las cinco especies de carángidos de acuerdo con el índice intestinal son carnívoras

y todas presentan ciegos pilóricos, pero, sobre sale *C. hippos* con una gran cantidad de ciegos y con el intestino más corto, con un índice intestinal de 0.46, por lo cual se podría pensar que la función principal de los ciegos pilóricos es la absorción (Tabla 7). Estas estructuras más la información obtenida de la revisión bibliográfica sobre la dieta de cada especie, permite inferir que *C. hippos* es un carnívoro de tipo ictiófago.

Por otra parte, el análisis estadístico de los caracteres morfológicos seleccionados con base en el análisis anatómico, muestran diferencias significativas, lo cual permite definir morfológicamente a cada especie, exceptuando a *C. chrysurus* y *D. punctatus*, las cuales presentan cierto grado de solapamiento, puesto que comparten algunos caracteres relacionados al tipo de alimentación planctofaga.

Las tres especies restantes también son carnívoras, pero están especializadas en dietas diferentes: ictiófaga en *C. hippos*, durófaga para *T. carolinus* y *S. vomer* consume diversas presas relativamente pequeñas que se distribuyen en el fondo o entre las rocas.

De acuerdo con el análisis estadístico de los datos el número de ciegos pilóricos fue la variable más importante en la separación de las especies, seguida por la retractilidad, altura cefálica y diámetro del ojo. Esto se debe a la gran cantidad de ciegos pilóricos que desarrolla el tubo digestivo de *C. hippos*, mientras que las demás especies presentan un número mucho menor. Por cual se realizó un análisis sin considerar a los ciegos por considera que el numero tan elevado de *C. hippos* pudiera influir en la separación, pero se obtuvo el mismo resultado, salvo que *D.*

*punctatus* y *C. chrysurus* se sobre ponían un poco más.

La retractilidad es una característica de la boca de algunos peces, la cual permite que un pez extienda su alcance cuando intenta tomar presas o partículas de comida. Esta característica se puede desarrollar en todos los tipos de boca. Las especies que desarrollan esta característica pueden capturar a sus presas en la columna de agua, en la interfaz aire-agua o adheridas al sustrato (Horn y Ferry-Graham, 2006; Ferry-Graham *et al.*, 2008) Esta característica está presente de mayor a menor grado en *C. chrysurus*, *T. carolinus*, *D. punctatus* y *S. vomer*.

De acuerdo con varios autores la altura de la cabeza es uno de los caracteres que expresan mejor la forma corporal de los peces (Sánchez *et al.* 2003; Winemiller, 1991, Wikramanayake, 1990). Por otra parte, autores como Skúlason *et al.* (1989); Weijjs (1994) y Metzger & Herrel (2005) concluyen que ciertas características del cráneo, como el alto y el ancho, están relacionadas con el tipo de presas que consumen los vertebrados. En el neurocráneo de *T. carolinus* se observaron diferencias con las demás especies analizadas, los huesos pteróticos están muy desarrollados y el esfenótico es notablemente ancho. Cabe mencionar que una característica del neurocráneo de los carángidos es que los huesos pteróticos están muy desarrollados (Kong e Iratchet 1998), cada uno forma una cresta, pero en *T. carolinus* estas crestas son aún más amplias, en dichas crestas se insertan gruesos paquetes musculares pertenecientes a la musculatura dorsal del aparato branquial. Estos músculos proveen parte de la fuerza necesaria para romper las valvas de las almejas de las cuales se alimenta esta especie.

La naturaleza descriptiva de los resultados proporciona una herramienta eficaz para analizar anatómicamente la relación entre morfología y la dieta de los peces carángidos. Este estudio mostró una correlación significativa entre los rasgos ecomorfológicos y los hábitos tróficos; esta información puede ser útil para estudios de nicho ecológico.

## **Conclusiones**

Con base en los en los resultados del presente trabajo se puede llegar a hacer inferencias en cuanto a los hábitos alimenticios, tipos de presa y estilo de vida de cada especie.

De acuerdo con los resultados se concluye que la morfología de los carángidos está relacionada con el tipo de presa. A pesar de que las cinco especies seleccionadas presentan características morfológicas típicas de un pez carnívoro, presentan variaciones morfológicas que las especializan al consumo de cuatro tipos de hábitos alimenticios: ictiófago *Caranx hippos* y *Selene vomer* aunque este último se especializa en consumo de peces pequeños y macroinvertebrados bentónicos, durófago *Trachinotus carolinus* y planctófago *Choloscombrus chrysurus* y *Decapterus punctatus*.

Las características que están relacionadas con los hábitos ictiófagos en *Caranx hippos* son: cuerpo fusiforme, apertura de boca amplia, ancho de boca amplia, altura del pedúnculo caudal, esqueleto visceral robusto, dentición bien desarrollada, cónica y curvada hacia el interior de la cavidad oral, con elementos de tipo caniniformes, musculatura mandibular bien desarrollada, esófago distensible, estómago con ciego e intestino muy corto.

En cuanto a los hábitos durófagos, las variaciones presentes en *Trachinotus carolinus* son las siguientes: los grupos musculares dorsales y ventrales del aparato branquial, están notablemente desarrollados, las mandíbulas no presentan dientes, las branquiespinas son cortas, poco numerosas, los dientes de los huesos faríngeos

están fusionados en placas tanto en los superiores como en los inferiores, formado una prensa que es provista de fuerza por la musculatura branquial, cuya fusión es romper las valvas de las almejas, esófago de aspecto musculoso y distensible, estomago mediano e intestino corto.

Las características relacionadas con los hábitos plactofagos presentes en *Chloroscombrus chrysurus*, *Decapterus punctatus* son boca mediana, retráctil, mandíbulas con dientes muy pequeños dispuestos en filas poco organizadas, aparato branquial con un número alto de branquiespinas, largas y cercanas entre sí, musculatura mandibular poco desarrollada.

#### *Caranx hippos*

El jurel *C. hippos* es un pez fusiforme adaptado para el nado continuo, con características de un pez depredador con ojos y narinas alineados con la línea media del cuerpo. Cuenta con un complejo sistema de canales cefálicos de la línea lateral que lo capacitan para el nado en cardumen, los canales sensoriales más desarrollados son los supratemporales, temporales y supraorbitales.

Se deduce que es especie depredadora morfológicamente bien adaptada a una dieta carnívora principalmente ictiófaga, esto debido a la presencia de dientes cónicos y curvados hacia adentro bien desarrollados en las mandíbulas, apertura de boca amplia, con notable capacidad de expansión de la cavidad bucofaríngea; esta última le brinda la capacidad de consumir peces relativamente grandes o completos. En la cavidad oral cuenta con una gran cantidad de dientes muy pequeños que ayudan a aumentar la eficiencia del descamado de la presa,

permitiendo la acción más efectiva del ácido y las enzimas digestivas. Las musculaturas mandibular y hioidea están bien desarrolladas. En cuanto a su sistema digestivo, el esófago es musculoso y distensible, lo cual permite el paso de grandes trozos o peces completos al estómago, este último es de tamaño relativamente grande, el cual desarrolla el ciego estomacal que aumenta el espacio aún más. Los ciegos pilóricos son extremadamente numerosos y el intestino es muy corto, representa el 0.46 de la longitud estándar; por lo cual se piensa que la función que desempeñan en *Caranx hippos* es aumentar la superficie de adsorción de los nutrientes, contra restando la corta longitud del intestino, aunque esto debe ser estudiado más a fondo mediante técnicas histoquímicas.

#### *Chloroscombrus chrysurus*

La horqueta del atlántico *Chloroscombrus chrysurus* tiene un cuerpo oval comprimido lateralmente, con perfil ventral más convexo que el dorsal. Los ojos y narinas se ubican por encima de la línea media del cuerpo, la boca protractil y en posición superior; estas características, sugieren que se distribuye en aguas tranquilas cercanas a la costa y que se alimenta cerca de la superficie. Cuenta con un complejo sistema de canales cefálicos de la línea lateral, los canales sensoriales más desarrollados son los supratemporales y los temporales.

Es un pez de hábitos carnívoros que se alimenta de zooplancton, presenta en promedio 35 branquiespinas en el aparato branquial. Debido al tipo de alimentación la dentadura mandibular consta de elementos pequeños en las mandíbulas, así mismo presenta dientes muy pequeños en el endoterigoides, ectoterigoides y el

palatino, en estos dos últimos huesos los dientes están aglomerados formando una placa dentada como en algunos clupéidos. Los dientes farigobranquiales en general son cónicos y varían en tamaño. En cuanto a su sistema digestivo, el esófago es corto y el estómago mediano, presenta en promedio 16 ciegos pilóricos e intestino muy corto con un índice intestinal de 0.49.

### *Decapterus punctatus*

La macarela *Decapterus punctatus* es fusiforme, con ojos relativamente grandes, narinas alineadas con la línea media del cuerpo y con boca protráctil. En comparación con los demás carángidos no es una especie adaptada para recorrer grandes distancias y tiene poca maniobrabilidad, por lo que se distribuye en aguas tranquilas cercanas a la costa, además se considera que utiliza la vista para ubicar su alimento. Cuenta con un complejo sistema de canales cefálicos de la línea lateral que lo capacitan para el nado en cardumen, los canales sensoriales más desarrollados son los canales cefálicos temporales, supraorbitales, mandibulares y los supratemporales están bien desarrollados, estos últimos se extienden hasta el origen de la aleta dorsal. Presenta 47 branquiespinas largas por lo cual está bien adaptada a una dieta zooplanctófaga, por lo cual la dentadura mandibular no está muy desarrollada, lleva de 4 a 6 elementos cortos en el premaxilar y dientes pequeños en el dentario, el palatino y el vómer llevan dientes pequeños, en la lengua que es notablemente larga lleva elementos dentales relativamente medianos. Los dientes presentes en los farigobranquiales superiores e inferiores son cónicos y varían en tamaño. En cuanto a su sistema digestivo, el esófago es corto y el estómago es mediano, presenta en promedio 13 ciegos pilóricos, y el

intestino es muy corto con un índice intestinal de 0.48.

*Selene vomer*

El papelillo *Selene vomer* tiene un cuerpo notablemente comprimido lateralmente, con ojos, narinas ubicadas debajo de la línea media del cuerpo, con boca pequeña en posición basal y protractil. Debido a su forma corporal, esta especie se distribuye en aguas tranquilas cercanas a la costa. Y se alimenta de presas que se encuentran sobre el fondo. El sistema sensorial de la línea lateral esta poco desarrollado, consiste en canales gruesos no ramificados.

Presenta 30 branquiespinas largas por lo cual está adaptada a una dieta carnívora de presas pequeñas, debido al tipo de alimentación la dentadura mandibular no es muy desarrollada, lleva elementos muy pequeños en el premaxilar, dentario, palatino, vómer y en la lengua. Los dientes presentes en los farigobranquiales superiores son cónicos y varían en tamaño, así mismo los que están insertos en los faringobranquiales superiores son cónicos y los del inferior se componen de cónicos y romos. En cuanto a su sistema digestivo, el esófago es corto, el estómago es mediano, presenta en promedio 72 ciegos pilóricos, el intestino es corto, con un índice intestinal de 0.5, indicativo de hábitos carnívoros.

*Trachinotus carolinus*

La palometa *Trachinotus carolinus* tiene un cuerpo comprimido lateralmente, con ojos pequeños, narinas ubicadas debajo de la línea media del cuerpo y con boca mediana y protractil. Debido a su forma corporal esta especie se distribuye en áreas cercanas a la costa y se alimenta de presas que se ubican en el fondo y que utiliza

el olfato para ubicar a las almejas que se encuentran enterradas en la arena, las cuales desentierra utilizando su rostro plano y valiéndose de su buena maniobrabilidad. De los canales sensoriales de la línea lateral, los más desarrollados son los canales cefálicos, estos presentan ramificaciones relativamente delgadas que terminan en poros.

Presenta 13 branquiespinas, puesto que está adaptada al consumo de almejas y pequeños crustáceos. Las mandíbulas no llevan dientes, puesto que la función principal de los dientes mandibulares es introducirse en la presa y mantenerla sujeta, pero en este caso las almejas no pueden ser sujetadas de esta manera por lo cual no son necesarios. Pero se ha generado una modificación, la cual consiste que la unión entre el dentario y el articular es particularmente flexible lo cual facilita a la mandíbula tomar formas ovales.

La dentición faríngea consta de elementos cónicos y romos presentes en los faringobranquiales superiores 2 y 4. En cambio el faringobranquial superior 3 y en los faringobranquiales inferiores los dientes están fusionados en una placa gruesa notablemente amplia y, además, los músculos relacionados con el aparato braquial están extremadamente desarrollados, estos músculos proveen la fuerza necesaria para romper las valvas de las almejas.

En cuanto a su sistema digestivo, el esófago es corto con pliegues longitudinales que permiten distensión, estomago grande distensible, presenta en promedio 13 ciegos pilóricos largos, notablemente gruesos, y el intestino es comparativamente el más grueso y largo con un índice intestinal de 0.697, indicado hábitos carnívoros.

### Referencias bibliográficas

**Aguilar-Medrano R., Kobelkowsky A., & Balart E. 2015.** Anatomical description of the Cortés damselfish *Stegastes rectifraenum* (Perciformes: Pomacentridae). Key structures for omnivore feeding. *Revista mexicana de biodiversidad*, 86(4), 934-946.

**Albouy C., Guilhaumon F., Villéger, S., Mouchet M., Mercier L., Culioli, J. & Mouillot D. 2011.** Predicting trophic guild and diet overlap from functional traits: statistics, opportunities, and limitations for marine ecology. *Marine Ecology Progress Series*, 436, 17-28.

**Armitage T. & Alevizon, W. 1980.** "The Diet Of The Florida Pompano (*Trachinotus carolinus*) Along The East Coast Of Central Florida". *Ocean Engineering and Marine Sciences Faculty Publications*. 112. [https://repository.fit.edu/oems\\_faculty/112](https://repository.fit.edu/oems_faculty/112).

**Arreguín-Sánchez F. y Arcos-Huitron E. 2011.** La pesca en México: estado de la explotación y uso de los ecosistemas. *Hidrobiologica*. 21:431-462.

**Atencio G., Hernández M., y Pardo C. 2008.** Descripción morfológica del tubo digestivo de juveniles de rubio *Salminus affinis* (PISCES: CHARACIDAE). *Acta Biológica Colombiana*, 13(3),99-111.

**Bakke A., Glover, C. & Krogdahl Å. 2010.** Feeding, digestion and absorption of nutrients. In *Fish Physiology*. 30, 57–110.

**Boyle K. & Horn M. 2006.** Comparison of feeding guild structure and

ecomorphology of intertidal fish assemblages from central California and central Chile. *Marine Ecology Progress Series*. 319:65-84.

**Buchheister A. and Latour, R. 2015.** Diets and trophic-guild structure of a diverse fish assemblage in Chesapeake Bay, U.S.A. *Journal of Fish Biology*, 86: 967-992. <https://doi.org/10.1111/jfb.12621>

**Buddington R. & P. Diamond. 1987.** Pyloric ceca of fish: a “new” absorptive organ. *American Journal of Physiology* 252: g65-g76.

**Buddington R.; Diamond, P. 1986.** Aristotle revisited: The function of pyloric caeca in fish. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 83: 8012 – 8014.

**Caiafa H., Narváez B. y Borrero S. 2011.** Algunos aspectos de la dinámica poblacional del jurel *Caranx hippos* (pisces: carangidae) en bocas de ceniza, Caribe colombiano. *Revista MVZ Córdoba*, 16(1), 2324-2335.

**Canan B., do Nascimento S., da Silva N. & Chellappa S. 2012.** Morphohistology of the digestive tract of the damsel fish *Stegastes fuscus* (Osteichthyes: Pomacentridae). *Scientific WorldJournal*. 2012;2012:787316 doi: 10.1100/2012/787316

**Cassemiro A., Hahn, N. & Valle de Brito R., 2003.** Diet and trophic morphology of the silverside, *Odontesthes bonariensis*, of Salto Caxiasreservoir, rio Iguacu, paraná, Brazil. *Neotropical Ichthyology*. 18(2): 127-131.

**Cunha F., Pereira E., Vieira C., Monteiro-Neto C. (2000).** Biologia e biometria da palombeta *Chloroscombrus chrysurus* (Linnaeus, 1766) (Teleostei: Carangidae), em Fortaleza, Ceará, Brasil. *Arquivos de Ciências do Mar*, 33.

143-148.

**Castillo M., Kobelkowsky A. & Zamoyoa V. 1996.** Food resource partitioning and trophic morphology of *Brevoortia gunteri* and *B. patronus*. *Journal of Fish Biology*,49, p. 1102-1111.

**Castillo M., Perez H. y Kobelkowsky A. 1988.** Estudio de la biología de *Bardiella ronchus* (Pisces: Sciadnidae) de la Laguna de Tampamachoco, Veracruz, México, *Universidad y Ciencia* 5(10):69-84.

**Carpenter K. 2002.** The living marine resources of the Western Central Atlantic. Volume 3: Bony fishes part 2 (Opistognathidae to Molidae), sea turtles and marine mammals. FAO Species Identification Guide for Fishery Purposes and American Society of Ichthyologists and Herpetologists Special Publication No. 5. Rome, FAO. 1375-2127pp.

**Cervigón F. 1966,** F. Los peces marinos de Venezuela. Est. Inv. Mar. Margarita, Fundación La Salle de Ciências Naturales, 1(389-391), 2(466-467), Caracas.

**Cervigón F. y Alcalá A. (1993).** *Los peces marinos de Venezuela* (Vol. 2). Fundación Científica Los Roques. Caracas. 497pp.

**Chaves C. & Umbria C. 2003.** Changes in the Diet Composition of Transitory Fishes in Coastal Systems, Estuaru and Continental Shelf. *Brazilian Archives of Biology and Technology* 46 (1) 44-46.

**Cunha F., Feitosa C., Monteiro-Neto C. y Delgado, G. (2008).** Hábitos alimentarios de la ictiofauna de acompañamiento del camarón y otras especies de interés comercial en la plataforma cubana. Proyecto FAO: EP/INT/724/GEF.

Recuperado

de

[https://www.fao.org/fishery/docs/DOCUMENT/rebyc/cuba/Habitos\\_alimentarios.pdf](https://www.fao.org/fishery/docs/DOCUMENT/rebyc/cuba/Habitos_alimentarios.pdf)

**Denadai, R., Santos B., Bessa, E., Fernandez, S. y Scaloppe, F. 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.

**Dias E. (2016).** Caracterização da Comunidade de Pequenos Peixes Pelágicos e da Dieta do Predador, *Caranx hippos*, no Parque Nacional Marinho João Vieira Poilão, GuinéBissau. Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias. Universidad de Lisboa.

**Dimes L., Garcia C. & Haard N. 1994.** Estimation of protein digestibility studies enzymes from the pyloric ceca of rainbow trout and salmon. *Comparative Biochemistry and Physiology*. 109A (2): 349-360.

**Donaldson P., & Clavijo E. 1994.** Diet of round scad (*decaapterus punctatus*) on a natural and an artificial reef in on slow bay, North Carolina *Bulletin of Marine Science*, (55), 2-3: 501-509.

**Fagade O. & Olaniyan O. 1973.** The food and feeding interrelationship of the fishes in the Lagos Lagoon. *Journal of Fish Biology*, 5(2):205-25.  
<https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.1973.tb04449.x>

**Ferry-Graham, L. A., Gibb, A. C. and Hernandez, L. P. 2008.** Premaxillary movements in cyprinodontiform fishes: an unusual protrusion mechanism facilitates “picking” prey capture. *Zoology* 111:455–466.

**Fugi R., Agostinho A. y Hahn N. 2001.** Trophic morphology of five benthic-feeding fish species of tropical floodplain. *Revista Brasileira de Biologia*. 61(1):27-33.

**Gerking S. 1994.** *Feeding ecology of fish*. Academic Press, San Diego. 416 pp.

**Green M. 1971.** Studies on the swim bladders of *Eucinostomis gula* and *E. argentus* (Pisces: Gerreidae). *Bulletin of Marina Science*, 21:567-590.

**Gregory K. 1959.** *Fish skull. A study of evolution of natural mechanisms*. Eric Lundberg, Florida. 481pp.

**Guevara-Rascado M. y Sánchez-Regalado R. 2001.** Distribución, abundancia, biomasa reproductora y rendimiento potencial de dos especies de carángidos en la Zona Económica Exclusiva mexicana del Golfo de México, 1990. INP. SGARPA. México. *Ciencia Pesquera* No. 15. 105: 112.

**Hernández D., Pérez M. y Domitrovic A. 2009.** Morphology, Histology and Histochemistry of the Digestive System of South American Catfish (*Rhamdia quelen*). *International Journal of Morphology*, 27(1), 105-111.

**Honda E. 1974.** Contribucao ao conhecimento da biología de peixes do Amazonas. II. Alimentacao de *Colossoma bidens* (Spix). *Acta Amazónica*. 4: 47 – 53.

**Horn M., Gawlicka A., German D., Logotheis E., Cavanag J. & Boyle K. 2006.**

Structure and function of the stomachless digestive system in three related species of New World silverside fishes (Atherinopsidae) representing herbivory, omnivory and carnivory. *Marine Biology*; 149: 1337-1345.

**Horn H. & Ferry-Graham A. 2006.** *Feeding Mechanisms and Trophic Interactions*. In: Allen, L. G., Pondella, D.J. and Horn M. H. (eds.). The Ecology of Marine Fishes: California and Adjacent Waters. University of California Press, Berkeley. Pp:387-410.

**Huber E. y Castro P. 2007.** *Biología Marina*, 6ª edición, McGraw-Hill Interamericana. 486pp.

**Huber E. y Castro P. 2007.** *Biología Marina*, 6ª edición, McGraw-Hill Interamericana. 486pp.

**Hulsey D., Franser J. y Streeleman T. 2005.** Evolution and Development of Complex Biomechanical Systems: 300 million Years of Fish Jaws, *Zebrafish*. 2: 243-257.

**Kapoor G., Smit H., y Verighina, I. A. 1976.** The Alimentary Canal and Digestion in Teleosts. *Advances in Marine Biology*, 109–239. doi:10.1016/s0065-2881(08)60281-3

**Karachle K. & Stergiou I. 2010.** Intestine morphometrics of fishes: a compilation and analysis of bibliographic data. *Acta Ichthyologica Et Piscatoria* 40(1). <https://doi.org/10.3750/AIP2010.40.1.06>

**Kobelkowsky A. 2007.** Morphology of the digestive system of the Mexican flounder, *Cyclopsetta chittendeni* (Teleostei, Paralichthyidae). *Bulletin of Fish Biology*, 9, p.34-49.

**Kobelkowsky A. 2005a.** General anatomy and sexual dimorphism of *Goodea atripinnis* (Teleostei: Goodeidae). 483-498. *In:* M.C. Uribe and H.J. Grier (eds.) *Viviparous Fishes*. 483-498. New Life Publications. Homestead, Florida, U.S.A. 603 p.

**Kobelkowsky A. 2005b.** Digestive system and dental sexual dimorphism in the ray *Urotrygon chilensis*. 574-575. *In:* M.C. Uribe and H.J. Grier (eds.) **Viviparous Fishes**. 574-575. New Life Publications. Homestead, Florida, U.S.A. 603 p.

**Kobelkowsky A. 1998a.** Sistema digestivo y vejiga natatoria del bagre del Balsas *Ictalurus balsanus* (Pisces: Ictaluridae). *Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural*, 48, p.87-93.

**Kobelkowsky A. 1998b.** Branquiocráneo y dentición del pargo gris *Lutjanus griseus* (Pisces: Lutjanidae). *Zoología Informa*. (38): 15-32.

**Kobelkowsky A. 1995.** Estructuras relacionadas con la microfagia en los peces de la laguna de Pueblo Viejo, Veracruz, México. *Oceanología*, 1(5):7-18.

**Kobelkowsky A. Figueroa G. 2018.** El sistema digestivo del pescado blanco de Pátzcuaro *Chirostoma estor estor* (Teleostei: Atherinopsidae). *In:* Barriga Sosa, I. de los A., P. Ramírez y G. Barrera (Eds.) *Acuicultura en México: Impacto en Producción, Manejo y Conservación*. Editorial Académica Española. Pp. 197-217.

**Kobelkowsky A. y Beltrán-Vinalay O. (2020).** Morfología de la cavidad visceral del pez jorobado *Selene vomer* (Teleostei: Carangidae). *Revista de biología*

marina y oceanografía, 55(2), 150-159.

<https://dx.doi.org/10.22370/rbmo.2020.55.2.2500>

**Kobelkowsky A. & Terán-Martínez J. 2020.** Anatomy of the visceral cavity of *Eugerres mexicanus*. *Revista de Biología Tropical. International Journal of Tropical Biology*.68(1): 189-199.

**Kobelkowsky A. y Rojas-Ruiz, I. 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.

**Kobelkowsky A., Pantoja-Escobar O. 2009.** Morfología del Sistema digestivo del pargo gris *Lutjanus griseus* (Teleostei: Lutjanidae). *Vertebrata Mexicana*, 22, p.1-11.

**Kobelkowsky A. y Ortiz-burgos S. 2007.** Morfología del sistema digestivo de *Dorosoma cepedianum* (Pisces: Clupeidae). *Archivos Mexicanos de Anatomía Nueva Época*. 2(1) p.35-38.

**Kobelkowsky A. y Pantoja-Escobar O. 2007.** Morfología del sistema digestivo de la berrugata *Menticirrhus saxatilis* (Teleostei: Sciaenidae). *Hidrobiológica*, 17 (2), p.159-168.

**Kobelkowsky A. y Pérez-García A., 2007.** Morfología del Sistema digestivo de *Elops saurus*. *Vertebrata Mexicana*, 21, p.10-7

**Kobelkowsky A. y Alemán-Rivero M. 2000.** Branquiocráneo de la mojarra de mar, *Diapterus auratus* Ranzani (Pisces: Gerreidae). *Universidad y Ciencia* 16(32): 19-26.

**Kobelkowsky A. y Garduño J. 1989.** Morfología general y osteología de la Brema *Megalobrama amblycephala* YIH (Pisces, Cyprinidae). *Revista Sociedad Mexicana de Historia Natural.*, 48:87-93.

**Kobelkowsky, A. y Castillo M. 1995** Sistema digestivo y alimentación de los bagres (Pisces: Ariidae) del Golfo de México. *Hidrobiológica.* 5(1-2) p.95-103.

**Kong I. y Iratchet P. 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>

**Lagler K., Bardach R., Miller R & May D. 1990.** *Ichthyology: The study of fishes.* John Wiley & Sons. 506 pp.

**Londoño-Franco, F. Laverde-Trujillo, M. y Muñoz-García, G. 2017.** Descripción anatómica e histológica del aparato digestivo de la sabaleta (*Brycon henni*), Antioquia, Colombia. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 28(3), 490-504.

**Medina Z., Martínez T., Machado A., Bonilla A., y López H. 2009.** Anatomía e histología de los ciegos pilóricos en cinco especies de peces de la familia characidae. *Revista Científica*, 19(6), 607-618.

**Metzger A. & Herrel A. 2005.** Correlations between lizards cranial shape and

diet a quantitative, phylogenetically informed analysis. *Biological Journal of the Linnean Society*. 86(4):433-66

**Mohsin S. 1961.** Comparative morphology and histology of the alimentary canal of *Glossogobius giurus* (Ham). *Canadian Journal of Zoology* 39: 605-613.

**Motta J., Clifton B., Hernandez, P. 1995.** Ecomorphological correlates in ten species of subtropical seagrass fishes: diet and microhabitat utilization. *Environmental Biology of Fish* 44, 37-60. <https://doi.org/10.1007/BF00005906>.

**Navarro-Rodríguez M. 2000.** Variación anual de las larvas de peces de la familia *Serranidae*, *Haemulidae*, *Sciaenidae* y *Carangidae* (Perciformes: Actinopterygii) de la plataforma continental de Jalisco y Colima México. Tesis Maestría. Universidad de Colima. Colima México.

**Nelson J., Grande T. & Wilson M. 2016.** *Fishes of the world*. John Wiley & Sons., New Jersey. 711 pp.

**Nelson E. 1955.** The morphology of the swim bladder and auditory bulla in the Holocentridae, *Fieldiana Zoology*, 37:121-137.

<https://doi.org/10.5962/bhl.title.2938>.

**Nikolsky V. 1963.** *The ecology of fishes*. Academic Press, London, 352 pp.

**Novakowsky C., Fugí R. & Hann S. 2004.** Diet and dental development of three species of *Roeboides* (Characiformes: Characidae). *Neotropical Ichthyology*. 2(3):157-162.

**Ortiz Burgos S.; Kobelkowsky A. 2006.** El sistema digestivo de la sardina escamuda *Harengula jaguana* (Pisces: Clupeidae). *Vertebrata Mexicana*; 18:1-7.

**Pankhurst W. 1987.** Intra- and interspecific changes in retinal morphology among mesopelagic and demersal teleosts from the slope waters of New Zealand. *Environmental Biology of Fishes*, 19 (04), 269-280.

**Parmentier E. & Mann D. 2011.** Hearing and morphological specializations of the mojarra (*Eucinostomus argenteus*). *Journal of Experimental Biology*, 214: 2697-2701.

**Pohlmann K., Atema, J. & Breithaupt, T. 2004.** The importance of the lateral line in nocturnal predation of piscivorous catfish. *The Journal of Experimental Biology*, 207: 2971-2978.

**Popper A. 1982.** The morphology and evolution of the ear in actinopterygians fishes. *American Zoologist*, 22(2):311-328.

**Riede K. 2004.** Global register of migratory species from global to regional final report of the ryd project 808 05 081. Federal Agency for Nature Conservation, Bonn, Germany. 329p.

**Rodrigues A., & Cargnin-Ferreira E. 2017.** Morphology and Histology of the Pirarucu (*Arapaima gigas*) Digestive Tract. *International Journal of Morphology*, 35(3), 950-957.

**Rodríguez F., Durán E., Gómez A., Ocaña F., Álvarez E, Jiménez-moya F., Broglio C. y Salas C. 2005.** Cognitive and emotional functions of the teleost fish cerebellum. *Brain Research, Bulletin*, 66: 365-370.

**Ruehl C. & DeWitt J. 2005.** Trophic plasticity and fine-grained resource variation in populations of western mosquitofish, *Gambusia affinis*. *Evolutionary Ecology Research*. 7: 801-819.

**Saloman H. & Naughton S. 1984.** Food of crevalle jack (*Caranx hippos*) of Florida, Louisiana y Texas. 37p. Also available at:

<https://repository.library.noaa.gov/view/noaa/5561> (downloades September 13, 2022).

**Sánchez R., Germán G. y Victoriano P. (2003).** Relación entre características del tracto digestivo y los hábitos alimentarios de peces del rio Yucao, sistema del rio meta (Colombia). *Gayana*, 67(1), 75-86.

**Serrano E., Leiva C., Sánchez C., Wacyk J., Zegers T. y Godoy M. 2014.** Caracterización Histológica y Morfológica del Tracto Digestivo de la Merluza Austral (*Merluccius australis*). *International Journal of Morphology*, 32(3), 10791084.

**Skúlason, S., Noakes L. & Snorrason S. 1989.** Ontogeny of trophic morphology in four sympatric morphs of arctic charr *Salvelinus alpinus* in Thingvallavatn, Iceland. *Biological Journal Linnean Society*. 38: 281-301.

**Soares B., Begot T. & Montag L. 2013.** Ecomorphological patterns of the fishes inhabiting the tide pools of the Amazonian Coastal Zone, Brazil. *Neotropical Ichthyology*, 11(4), 845-858.

**Stanton H. 1987.** Distribution, abundance, reproduction, food habits, age and growth of round scad. *Decapterus punctatus*, in the south Atlantic bight. Fishery

Bulletin.; 85: 251–268.

**Tovar B., Corchuelo C., Gómez R., Obando B. y Hurtado G. (2013).** Histología y morfometría del ojo del pez de *Ariopsis seemanni*: Implicaciones en ecología visual. *Hidrobiológica*, 23(3), 420-430.

**Vega M. & Viozzi P. 2016.** The cephalic lateral line system of temperate perches (Perciformes: Percichthyidae) from Argentinean Patagonia. *Zoologi (Curitiba)*, 33(6). <https://doi.org/10.1590/S1984-4689zool-20160025>

**Watson D. & Balon E. 1984.** Ecomorphological analysis of fish taxocenes in rainforest streams of northern borneo. *Journal of Fish Biology*. 25,371-384.

**Weijjs, W. A. 1994.** Evolutionary approach of masticatory motor patterns in mammals. In: Bels, V.; Chardon, M. & Vandewalle, P. *Advances in Comparative and Environmental Physiology: Biomechanics of Feeding in Vertebrates*. Vol. 18. Berlin, Springer-Verlag

**Wellenreuther M., Brock M., Montgomery J., & Clements D., (2010).** Comparative Morphology of the Mechanosensory Lateral Line System in a Clade of New Zealand Triplefin Fishes. 2 *Brain Behavior Evolution*. 75:292-308.

**Wikramanayake, E. 1990.** Ecomorphological and biogeography of a tropical stream fish assemblage: evolution of assemblage structure. *Ecology* 71:1756-1764.

**Williams J. & Nickol, B. 1989.** Histological structure of the intestine and pyloric caeca of the green sunfish, *Lepomis cyanellus* Rafinesque. *Journal of Fish Biology*, 35(3), 359–372. doi:10.1111/j.1095-8649.1989.tb02988.x

**Willis, S., Winemiller K. & López-Fernández H. 2005.** Habitat structural complexity and morphological diversity of fish assemblages in neotropical floodplain river. *Oecologia* 142: 284-295.

**Wilson J. & Castro L. 2011.** *Morphological diversity of the gastrointestinal tract in fishes.* In: Grosell, M., A.P. Farrell & C.J. brauner (Eds.) *The multifunctional gut of fish.* Academic Press, London. Pp. 1-55.

**Winemiller K. 1991.** Ecomorphological diversification in lowland freshwater fish assemblage from five biotic regions. *Ecological Monographs* 614:343-365.

**Winterbottom, R. 1974.** A descriptive synonymy of the striated muscles of the Teleostei. *Proceedings of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia* 1974 (125): 225-317.

**Zárate-Hernández, R., Aguirre-León, A., Ortiz-Burgos, S. y Castillo M. 2007.** Ecomorfología de peces estuarinos del Golfo de México. *ContactoS*, 66:12-20.

# **Anexos**

Ilustraciones de las especies estudiadas



Fig. 53. *Caranx hippos*.

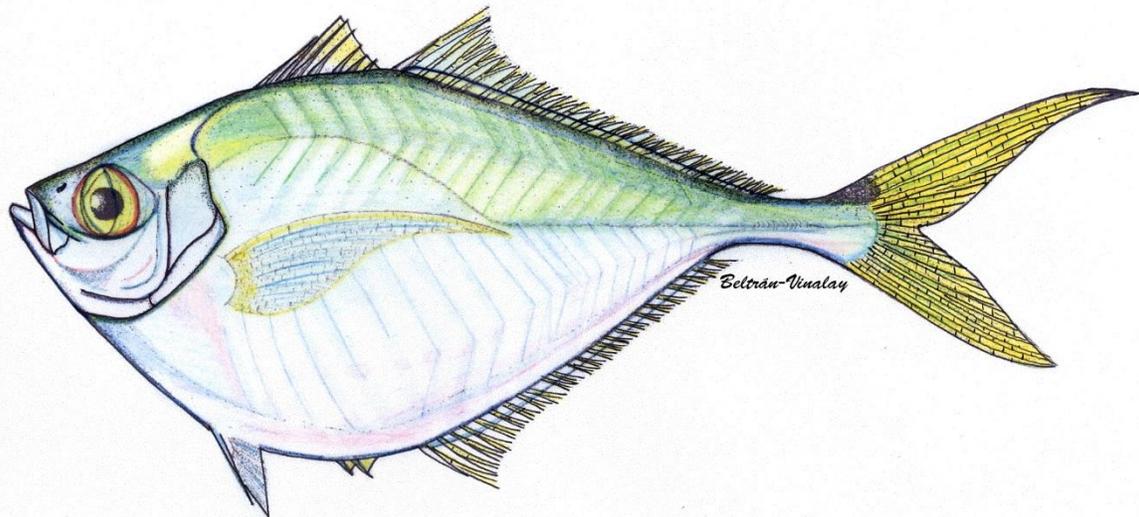


Fig. 54. *Chloroscombrus chrysurus*.

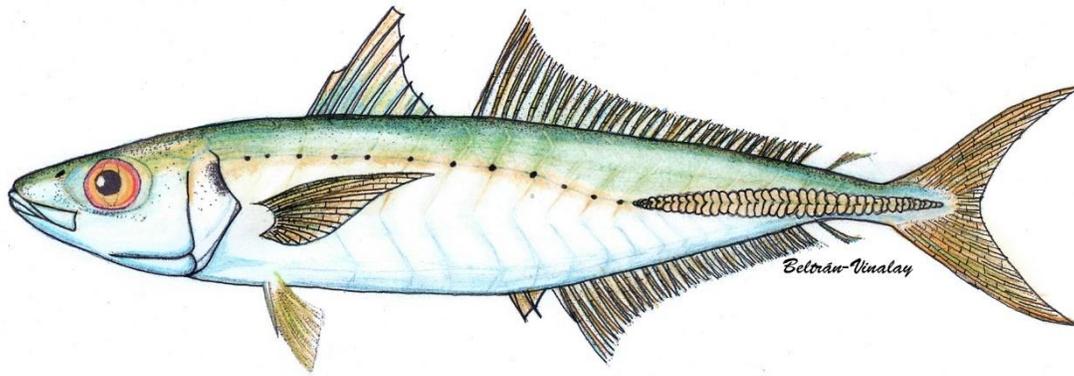


Fig. 55. *Decapterus punctatus*

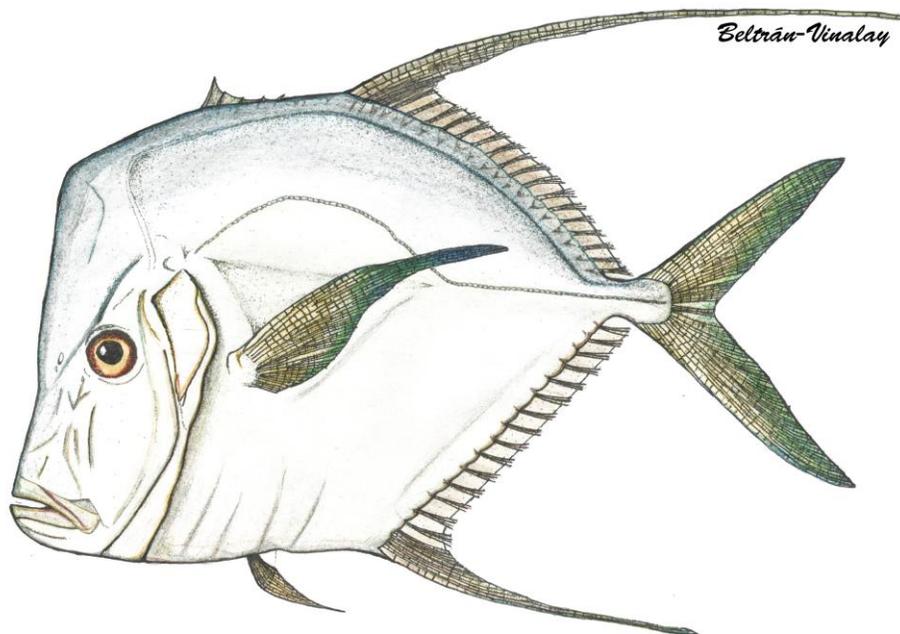
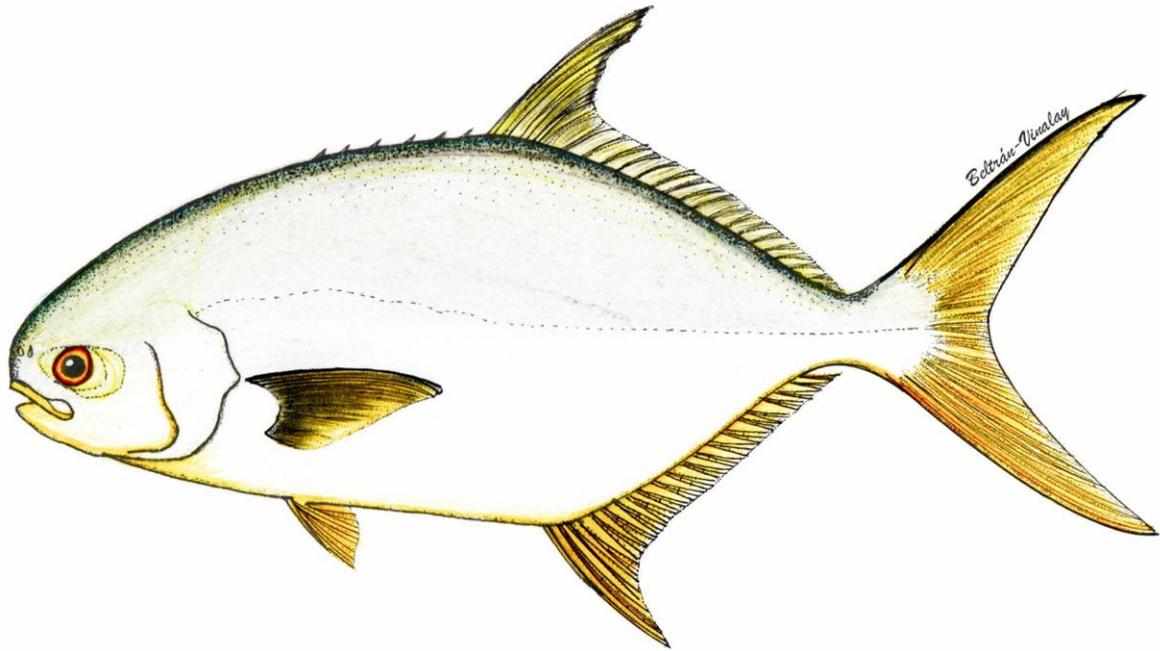


Fig. 56. *Selene vomer*



**Fig. 57.** *Trachinotus carolinus*

**Artículos derivados del Proyecto de Tesis**

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:** brachiocranium, 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 anualmente (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; Estupiñán-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 brevoorti* (Gill, 1863), y el estudio de Kobelkowsky & Beltrán-Vinalay (2020) sobre la morfología de la cavidad visceral y la esplacnología 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 orobranquial 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).

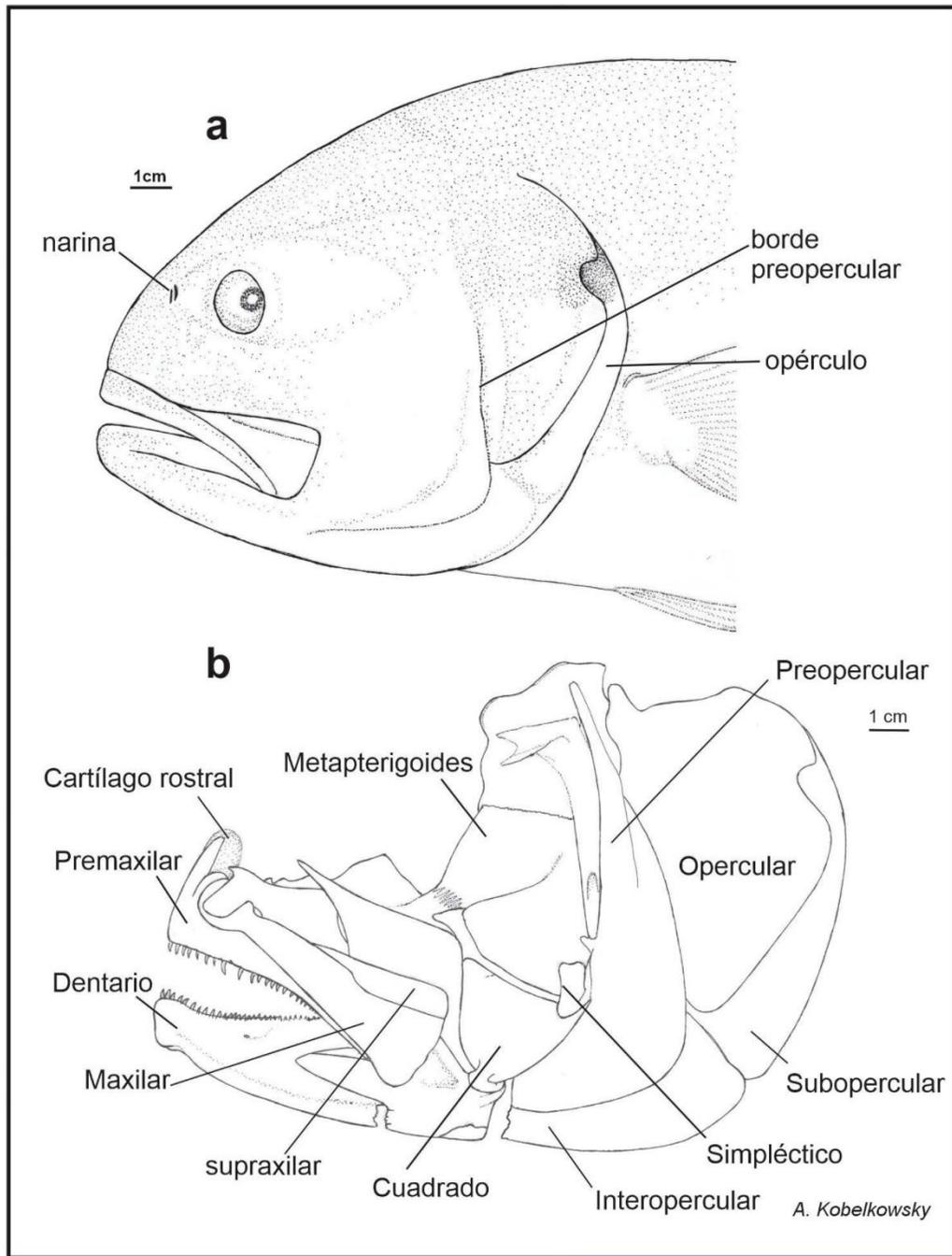


Figura 1. Región cefálica de *Caranx hippos*. a) Vista lateral izquierda de la región cefálica de *Caranx hippos*. b) Vista lateral del esqueleto visceral.

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 preopérculo al ligamento preopérculo-ánguloarticular. En su superficie interna se observa el cartílago de Meckel y el coronomeckeliano de aspecto romboidal, bien desarrollado (Fig. 2b)

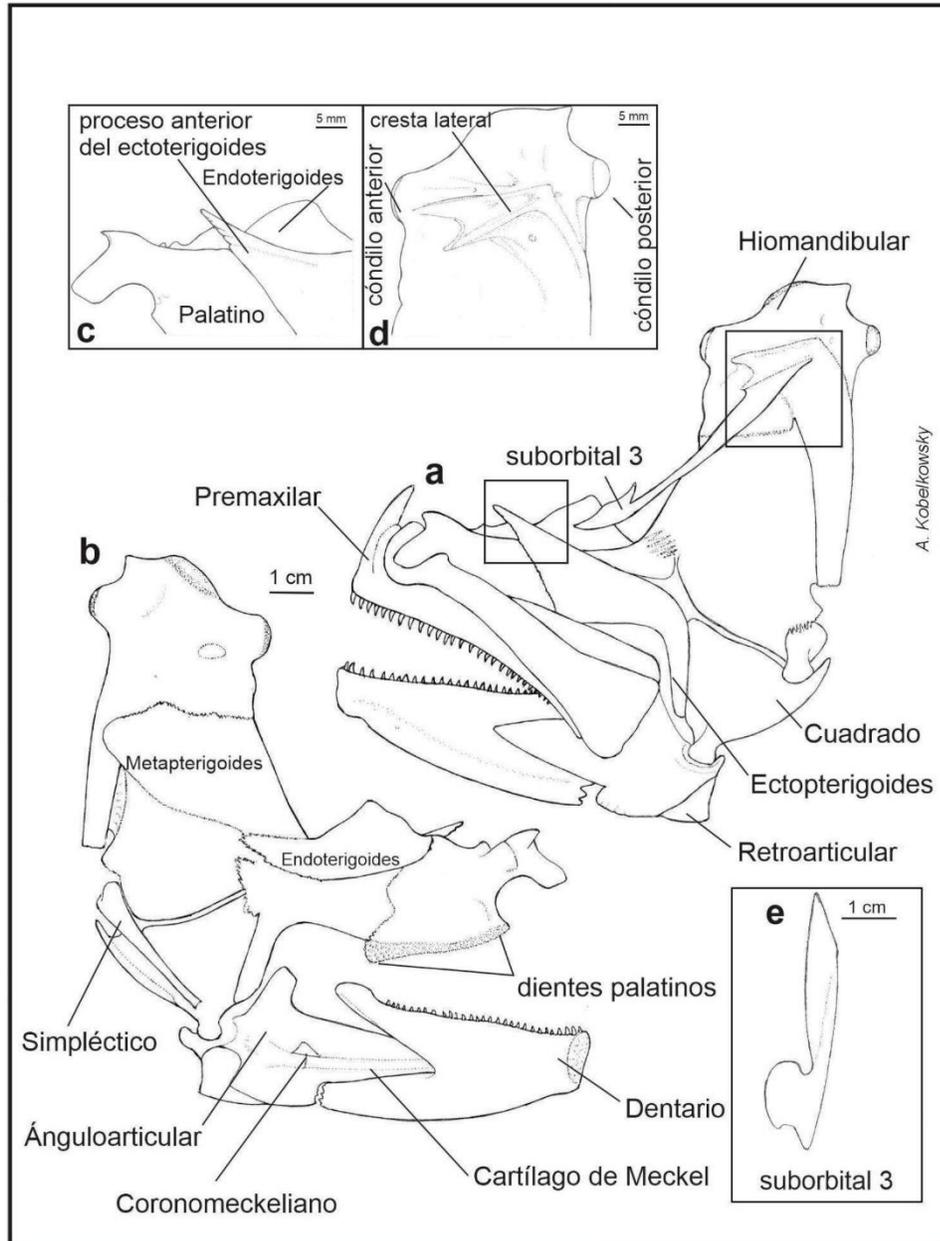


Figura 2. Esqueleto visceral de *Caranx hippos*. Vista lateral izquierda. a) Arco mandibular, serie palatina, suspensión mandibular. b) Detalle de la cara interna del Arco mandibular, serie palatina, suspensión mandibular c) Aspecto del proceso anterior del ectopterygoides. d) Cresta lateral del hiomandibular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

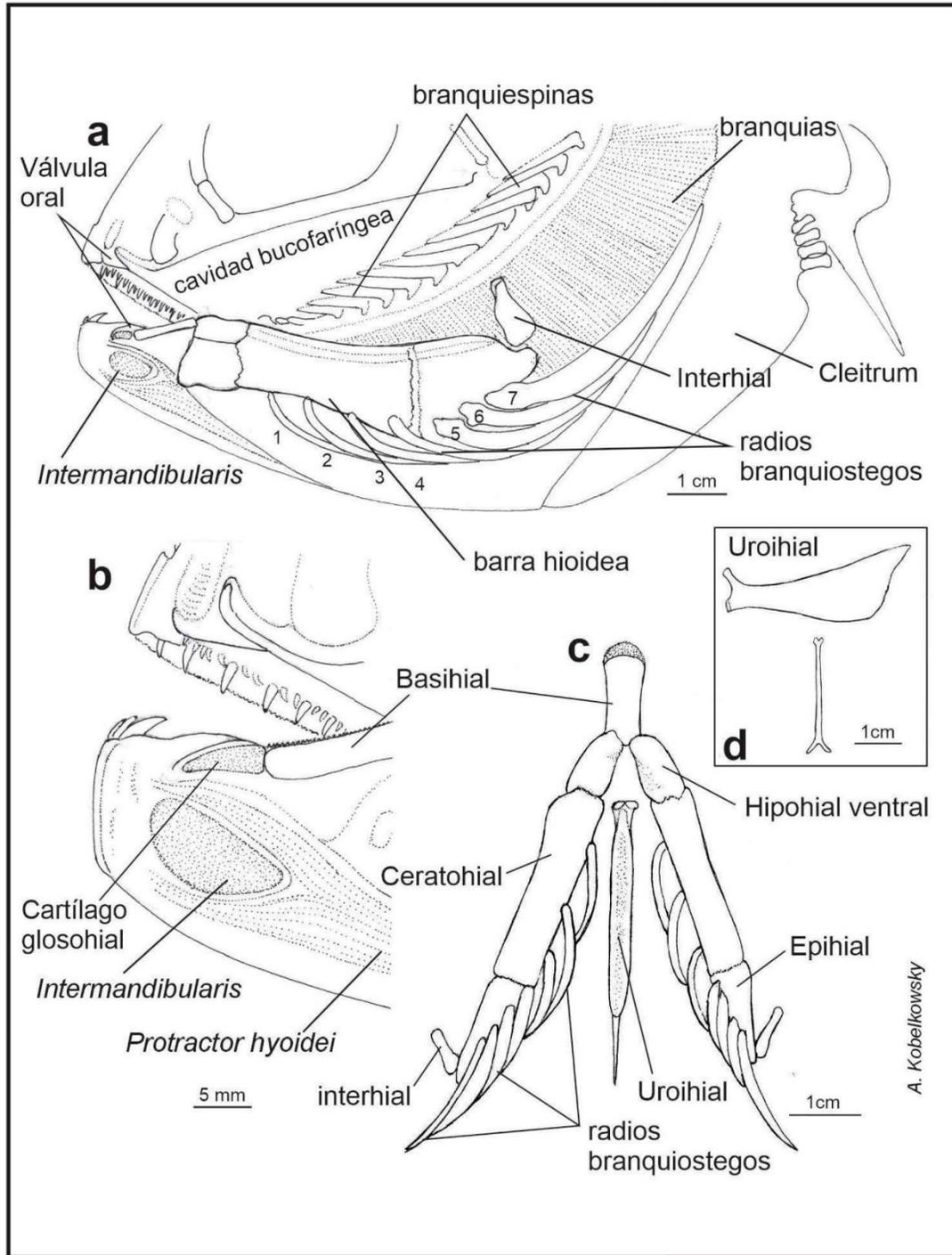
Los basibranquiales son elementos esbeltos, de los cuales el más largo es el 3 y el más corto es el 1. El basibranquial 4 se curva hacia abajo y sirve como punto de inserción de los músculos *obliqui ventrales* III. Posterior al basibranquial 4 se localiza el cartilago basibranquial.

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 cartilago. 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 cartilago 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.



A. Kobelkowsky

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 urohial.

**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 hyomandibulae* que se inserta en la superficie interna del mismo hueso.

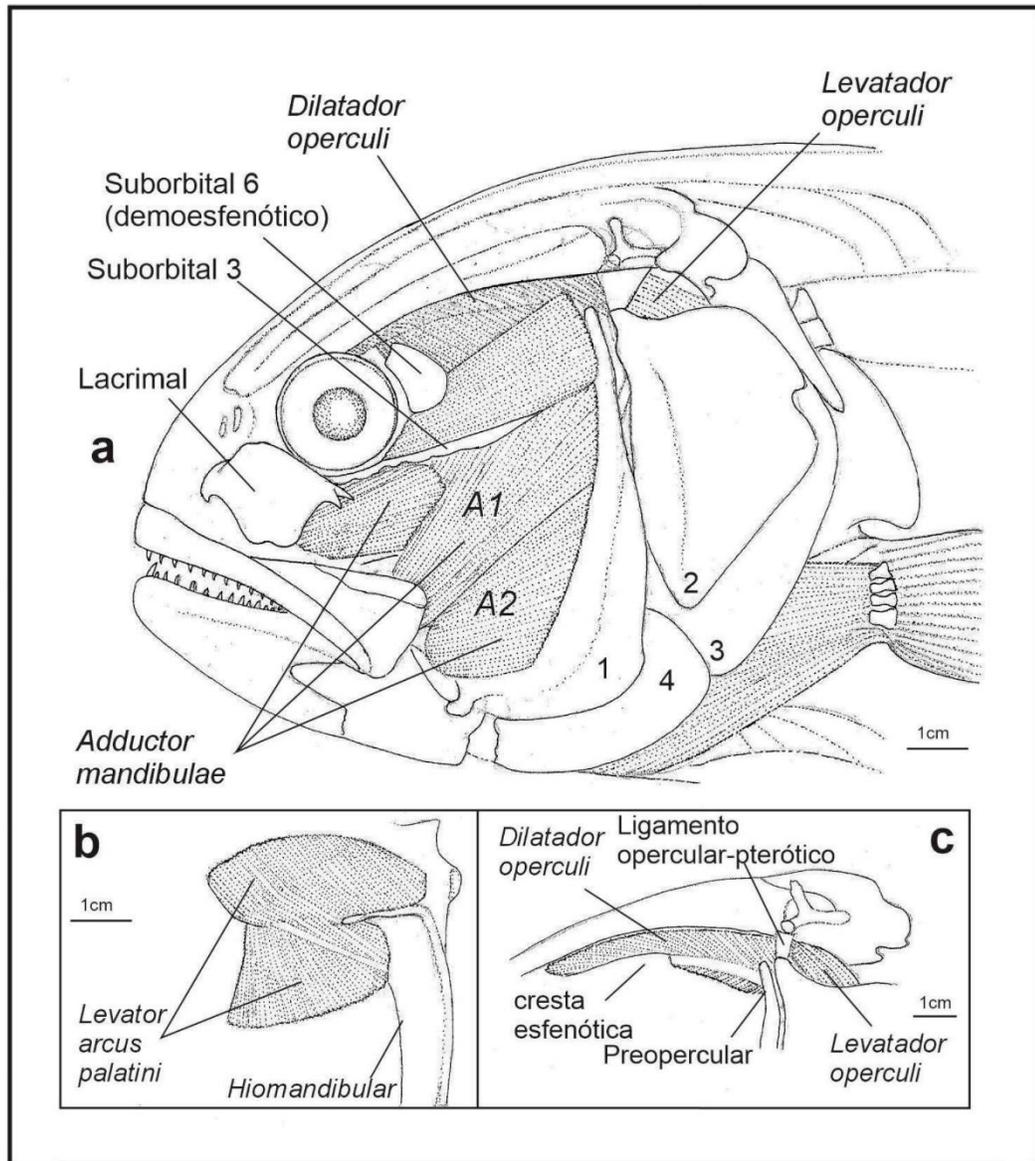


Figura 4. Musculatura visceral de *Caranx hippos*. Vista lateral izquierda. a) Relaciones topográficas del *adductor mandibulae*. b) Músculo *Levator arcus palatini*. c) Músculo *Dilatador operculi* y el Ligamento opercular-pterótico.

La musculatura hioidea está constituida por los músculos *protactor hyoidei* y *stenohyoidei*. 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 *stenohyoideus* 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 epibranquial 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.

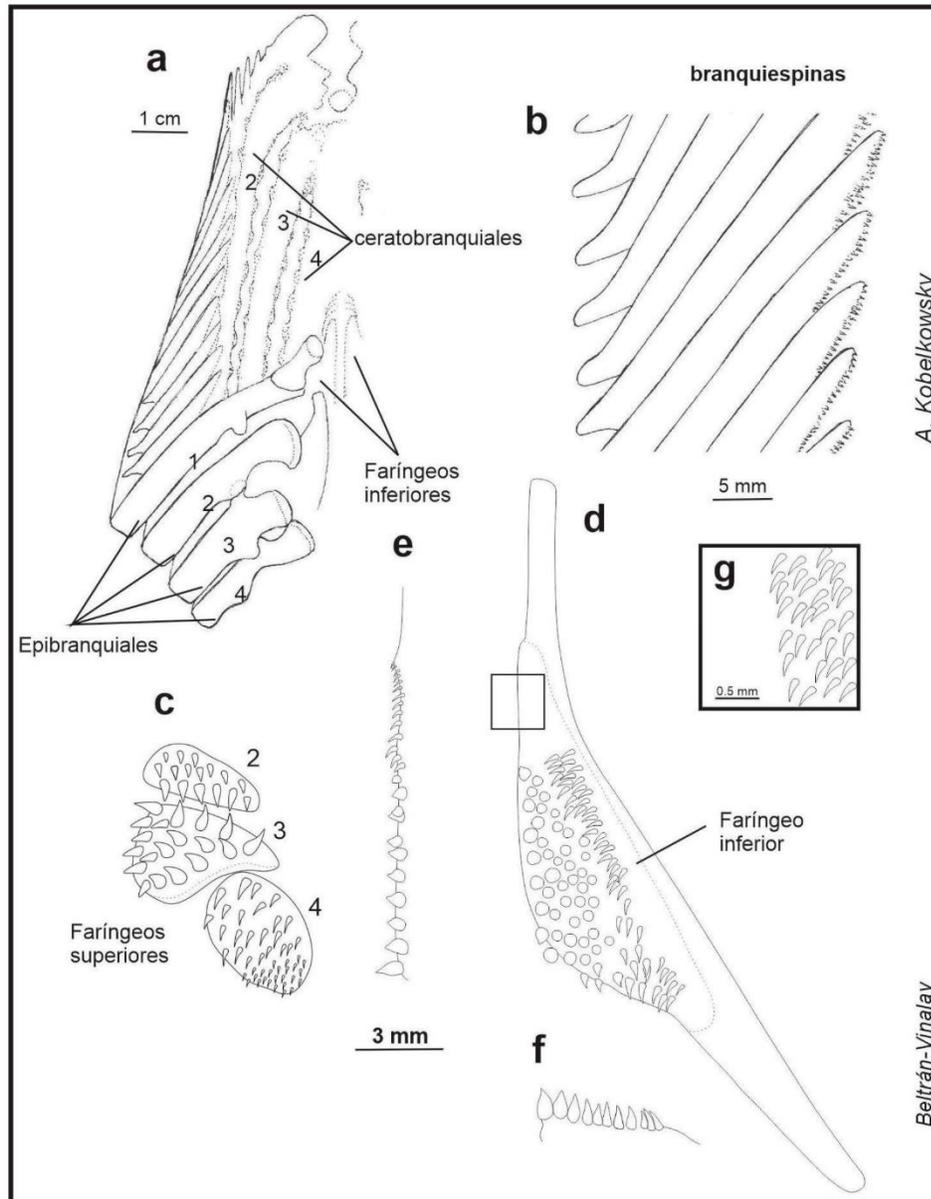


Figura 5. Aparato branquial de *Caranx hippos*. a) Vista dorsal. b) Aspecto dorsal de las branquiespinas del borde externo del primer arco branquial. c) Vista dorsal de huesos faríngeos superiores. d) Vista dorsal del hueso faríngeo inferior. e) Detalle del borde lateral del hueso faríngeo inferior.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

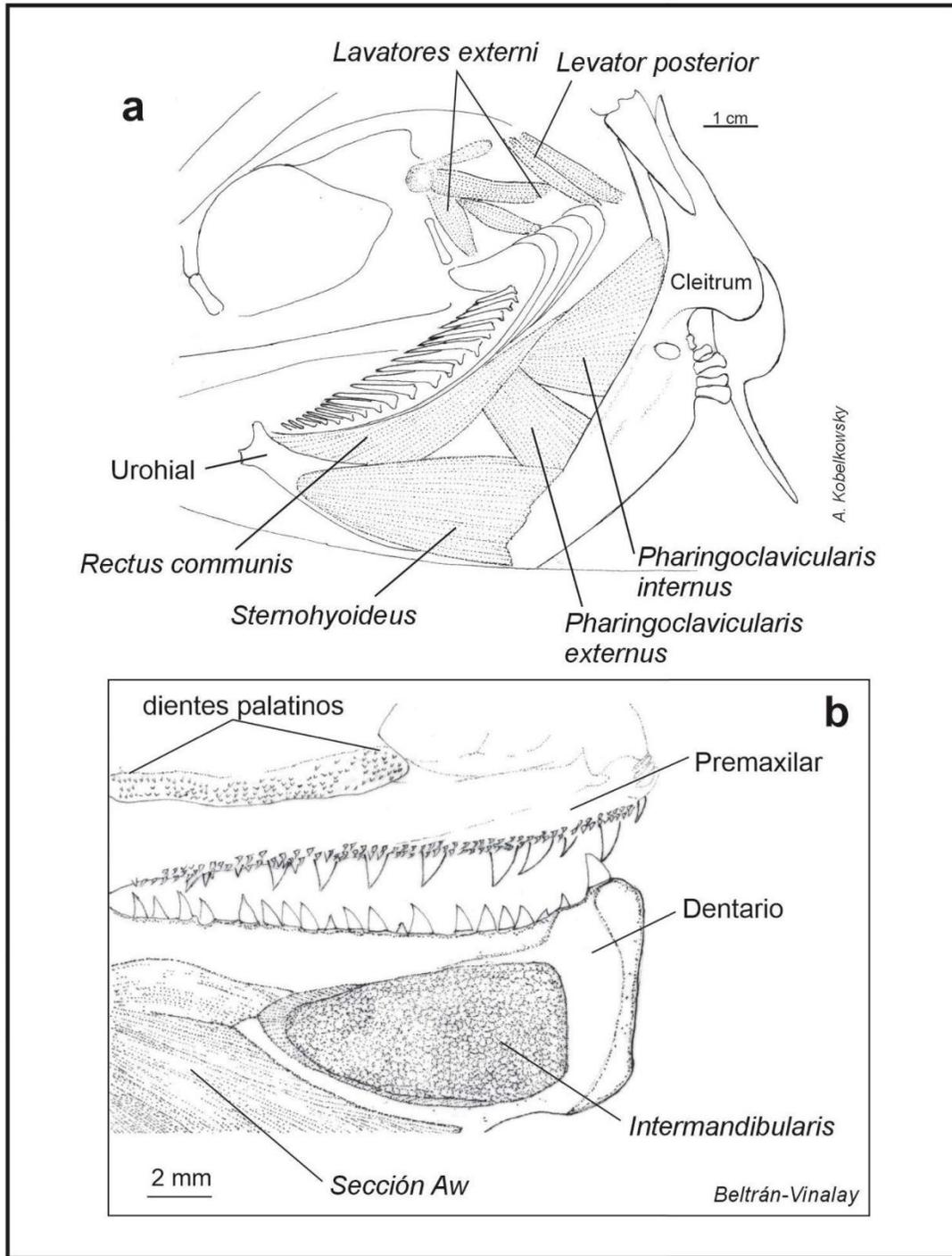


Figura 6. Arcos branquiales y boca de *Caranx hippos*. Vista lateral izquierda. a) Vista lateral izquierda del aparato branquial, mostrando los principales músculos que lo relacionan con otros elementos esqueléticos. b) Detalle de los dientes palatinos.

Los músculos ventrales se componen de *pharyngoclavicularis externus* e *internus*, *transversi* ventrales anterior y posterior, y el *rectus communis*. 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.

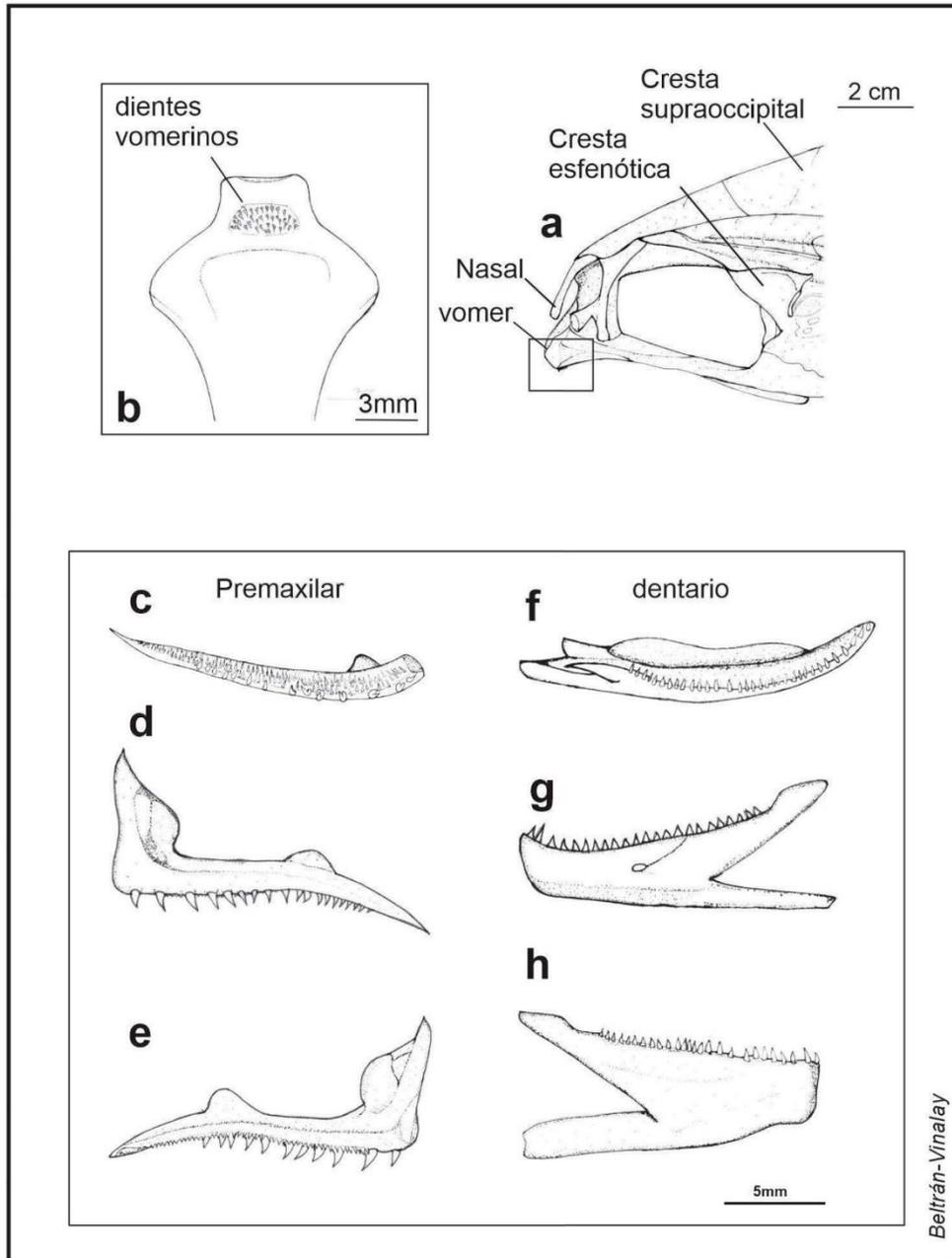


Figura 7. Dentición de *Caranx hippos*. a) Localización de los dientes vomerinos. b) detalle de los dientes vomerinos. c) vista dorsal del premaxilar. d) vista lateral del premaxilar. e) Vista de la cara interna del premaxilar. f) Vista dorsal del dentario. g) Vista lateral del dentario. h) Vista de 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 y 3.

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 *levatoros externi*, *levatoros 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 *levatoros externi*, *interni*, *posterior*, *rectocomunis* y *pharingoclaviculares 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 zooplacton 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 zooplacton, 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*, *Chloroscombrus chrysurus*, *Decapterus punctatus*, *Selene vomer* y *Trachinotus carolinus*.

	<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)
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 biometría 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. CEDAÑO-FIGUEROA & F. GALVÁN-MAGAÑA. 2009. Hábitos alimentarios del tiburón martillo *Sphyrna lewini* (Griffith & Smith, 1834) (Chondrichthyes) en el Pacífico ecuatoriano. *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
- JUNIOR, 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:EB-FI.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/dcb/hidro/2018v28n1/Kobelkowsky
- KOBELKOWSKY D. A. & O. PANTOJA-ECOBAR, 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 and 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. *Cybium* 24 (4): 319-342. Also available at: <https://sfi-cybium.fr/sites/default/files/pdfs-cybium/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-IBÁÑEZ & 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

## ARTÍCULO

### ¿Qué comen los peces?

Omar Beltrán-Vinalay



[https://pixabay.com/es/photos/search/comida%20para%20peces/?manual\\_search=1](https://pixabay.com/es/photos/search/comida%20para%20peces/?manual_search=1)

#### ¿Alguna vez te has preguntado qué comen los peces en la naturaleza?

Quien ha tenido un pez como mascota o conoce a alguien que tiene uno, ha observado que son alimentados con bolitas, churritos u hojuelas. El nombre genérico de este tipo de alimentos es «**pellets**», aunque en más de una ocasión en los acuarios o tiendas de mascotas, he escuchado a los niños decir al encargado: ¡¿Me da unas croquetas para peces?! Y las reacciones pueden ser varias, algunos tratan de no reír, en otros se dibuja una sonrisa en sus rostros y no falta quien corrija que se llama alimento para peces, aunque en el fondo tenga duda si puede ser llamado así.

**Omar Beltrán-Vinalay.** Estudiante del Programa de Doctorado en Ciencias Biológicas y de la Salud, Laboratorio de Peces, Universidad Autónoma Metropolitana, Ciudad de México.  
[obv13@hotmail.com](mailto:obv13@hotmail.com)

Este tipo de alimento industrializado se arroja sobre el agua, algunos están diseñados para flotar o hundirse y se mantienen casi inmóviles hasta ser consumidos frenéticamente. En un principio, es entretenido ver cómo los peces al percatarse que los pellets están presentes en el agua, nadan veloces e impacientes para devorarlos, pero después de un par de semanas ya no lo es.

Cuando escuchamos el tan famoso dicho «El pez grande se come al chico», inmediatamente nuestra imaginación se activa y pensamos en un pez grande en persecución de uno pequeño, o de uno oculto que toma por sorpresa a otro. Esta opción es mucho más interesante que ver a nuestros peces alimentados con pellets inmóviles.

Después de imaginar esta escena típica de un documental sobre la vida salvaje de los océanos, pueden llegar a nosotros las siguientes preguntas: **¿En dónde habitan los peces? ¿De qué se alimentan los peces en la naturaleza?** Déjame platicarte en las siguientes líneas de qué se alimentan, dónde

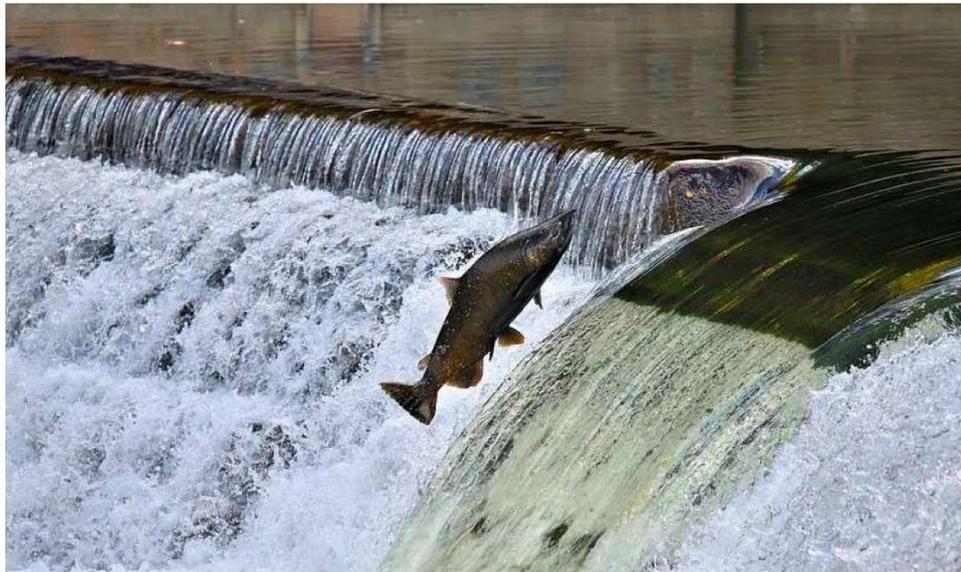
viven y algunas características que están ligadas a su alimentación.

#### Los peces y su hábitat

Los peces son un grupo de vertebrados muy abundantes, ya que suman alrededor de 28 000 especies conocidas y se piensa que podrían ser aún más. Están muy bien adaptados a casi todos los ambientes acuáticos y los podemos encontrar habitando en grandes profundidades como en las fosas de las **Marianas en el Océano Pacífico**, a una profundidad de ocho mil metros, donde podemos encontrar al **pez caracol** (*Pseudoliparis swirei*). En contraste, el **carachi amarillo** (*Orestias luteus*) es uno de los peces que habitan en el **Lago Titicaca** que se encuentra a 3 812 metros sobre el nivel del mar. Este lago se ubica en América del Sur, entre Perú y Bolivia, y se considera el lago navegable a mayor altitud del mundo, por lo que la concentración de oxígeno en el agua es baja.



Manglar en la Laguna Grande-chica Vega de Alatorre Veracruz, México. Fotografía: Omar Beltrán-Vinalay.



[https://pixabay.com/es/photos/search/salm%C3%B3n%20r%C3%ADo/?manual\\_search=1](https://pixabay.com/es/photos/search/salm%C3%B3n%20r%C3%ADo/?manual_search=1)

Asimismo, podemos encontrarlos en **lagunas costeras y estuarios**, en estas zonas el agua salada del mar se mezcla con el agua dulce proveniente de los ríos. Estos ecosistemas abundan en las bellas costas que enmarcan a nuestro país, donde vive una gran variedad de peces, aves, crustáceos, entre otros. Las lagunas costeras y estuarios son vitales para el desarrollo de muchas especies de peces, debido a que son como «guarderías naturales» donde las crías —o como las llaman los biólogos: larvas, alevines y juveniles (dependiendo del estado de madurez)— se desarrollan y se alimentan para posteriormente vivir cerca de las costas o en mar abierto.

Estos ecosistemas proveen una **gran variedad de microambientes** como fondos arenosos, fondos lodosos, vegetación sumergida, conchales y manglares que son aprovechados como refugios, zonas de alimentación o desove. Los peces que podemos encontrar en los estuarios y lagunas costeras han desarrollado la capacidad de regular su salinidad interna, mediante un proceso denominado **osmorregulación**, proceso donde intervienen el riñón y las branquias.

#### Adaptación de los peces a diferentes ambientes

La osmorregulación es una adaptación que permite a los peces **sobrevivir en agua con menor concentración de sal** que el agua marina; sin embargo, no todos tienen esta capacidad tan desarrollada, por lo que los peces cuya capacidad es mínima, nadan solo en la zona más cercana al mar, mientras que los peces que tienen esta capacidad más desarrollada, se adentran en zonas con salinidad menor o incluso a los ríos. Por ejemplo, se han capturado algunos ejemplares de tiburón toro (*Carcharhinus leucas*) en el río Amazonas, en Brasil, y en el río Misisipi, en Estados Unidos de Norte América. Aunque esto no es común, por lo que la probabilidad de que encuentres un tiburón en tu río favorito, es casi imposible.

El estudio de esta adaptación junto con otras más, ha ayudado a los científicos a comprender **cómo surgieron los peces de agua dulce a partir de los marinos**, que fueron colonizando ríos y lagos a lo largo de millones de años. En los ríos y en los lagos, la mayoría de los peces están adaptados al agua dulce, pero existen algunas especies que su **ciclo de vida se desarrolla en agua dulce y salada**;

a estas especies se les denomina peces migratorios, las más conocidas son el salmón y la anguila. El Salmón inicia su vida en agua dulce, donde se desarrolla aproximadamente por tres años, posteriormente emprende su viaje al mar y ahí permanece por cinco años alcanzando su madurez, pero necesita regresar a los ríos o lagos para reproducirse, por lo que emprende el más difícil y último viaje, puesto que tiene que nadar contracorriente para regresar al lugar que lo vio nacer. En contraste, la anguila europea se reproduce y nace en el mar de los Sargazos; las larvas son llevadas por las corrientes oceánicas hacia las costas de Europa y del norte de África, ahí crecen y se transforman en angulas, en esta fase habitan en estuarios, posteriormente viven en los ríos hasta alcanzar su madurez, pero para reproducirse tienen que regresar al mar donde nacieron.

El mar de los Sargazos se encuentra entre las costas de Estados Unidos y Cuba. Era muy temido por los navegantes de barcos de vela de la antigüedad, debido a que las corrientes son casi inmóviles

y la gruesa capa de algas que flota en el agua puede llegar a ser de un metro de espesor, por lo que los navíos podrían quedarse atrapados.

#### Hábitos de alimentación de los peces y la variación morfológica del tubo digestivo

Desde el preescolar sabemos que los hábitos alimenticios de los animales—incluidos los peces—se clasifican en carnívoros, omnívoros y herbívoros. Particularmente en los peces, se presentan además variantes especializadas en consumir un tipo de alimento. Los **ictiólogos—científicos especializados en peces—** han observado que la forma de la boca, dientes, estómago e intestino, puede relacionarse con los hábitos alimenticios.

De acuerdo con ellos, los peces de hábitos **carnívoros** generalmente tienen dientes cónicos bien desarrollados, estómago grande y un intestino de longitud menor a la del cuerpo del pez. Un ejemplo es el pez ronco (*Bairdiella chrysoura*) que pertenece a la misma familia que la totoaba o corvina blanca (*Totoaba macdonaldi*), la cual se encuentra



en peligro de extinción debido a su cotizado y mal llamado buche, ya que se trata es de la vejiga gaseosa. En contraste, **los herbívoros** pueden presentar o no dientes de tipo incisivo, estómago corto e intestino largo que supera por más de tres veces la longitud del pez; el cirujano azul (*Acanthurus coeruleus*) que habita en los arrecifes mexicanos, es un ejemplo de ellos. Por su parte, los peces omnívoros presentan un estómago mediano y un intestino que representa de dos a tres veces su longitud, un ejemplo de este es la tilapia (*Oreochromis niloticus*), una especie muy popular en los restaurantes de pescados y mariscos bajo el nombre de mojarra. Además, también podemos mencionar al bagre o pez gato (*Ariopsis felis*).

#### Peces especializados

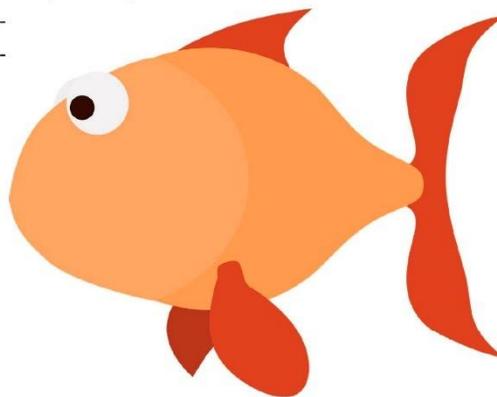
Los peces **pisicvoros** o **ictiófagos** consumen principalmente peces, tienen dientes cónicos y largos, los músculos de sus mandíbulas son muy fuertes, presentan un estómago grande y algunos desarrollan el ciego estomacal que aumenta la capacidad del estómago, tal como la Barracuda mexicana (*Sphyraena ensis*).

Los **durófagos** consumen presas duras como almejas, cangrejos y caracoles. En estos peces las modificaciones más notables son la fusión de los dientes en placas y unas mandí-

bulas dotadas de fuertes músculos que le permite consumir presas duras; ejemplo es el pez erizo (*Diodon holocanthus*).

Los **detritívoros** desarrollan branquiespinas muy finas que les ayudan a separar las partículas de materia orgánica, poseen un estómago corto o modificado en molleja y el intestino es considerablemente largo. En este tipo de peces podemos mencionar a la lebranca (*mugil curema*).

Los peces **planctofagos** normalmente no presentan dientes, poseen branquiespinas muy largas y cercanas, su estómago es corto y puede estar modificado en molleja como en las aves. Sus numerosas, finas y largas branquiespinas funcionan como un filtro, donde el plancton es retenido. Como ejemplo podemos mencionar la lacha escamuda (*Brevoortia patronus*), las mantarrayas y el tiburón ballena. El plancton del cual se alimentan está compuesto por organismos microscópicos animales (zooplancton) y vegetales (fitoplancton).



Aguilar-Medrano, R., Kobelkowsky, A. y Balart, E.F. (2015). Anatomical description of the Cortés damselfish *Stegastes rectifraenum* (Perciformes: Pomacentridae). Key structures for omnivore feeding. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 86(4), 934-946. <https://doi.org/10.1016/j.rmb.2015.09.008>

Kobelkowsky, A. y Rojas-Ruiz, M.I. (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. <https://www.redalyc.org/pdf/479/47952503006.pdf>

Kobelkowsky, A. y Castillo-Rivera, M. (1995). Sistema digestivo y alimentación de los bagres (Pisces: Ariidae) del Golfo de México. *Hidrobiológica*, 5(1-2), 95-103. <https://hidrobiologica.izt.uam.mx/index.php/revHidro/article/view/585>

Pérez-Hernández, M.A., Torres-Orozco, B. y Roberto, E. (2000). Evaluación de la riqueza de especies de peces en las lagunas costeras mexicanas: estudio de un caso en el Golfo de México. *Revista de Biología Tropical*, 48(2-3), 425-438. [https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0034-7744200000200014](https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-7744200000200014)

ARTÍCULO

## Morfología de la cavidad visceral del pez jorobado *Selene vomer* (Teleostei: Carangidae)

Morphology of the visceral cavity of the lookdown *Selene vomer* (Teleostei:  
Carangidae)

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

<sup>1</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

<sup>2</sup>Doctorado en Ciencias Biológicas y de la Salud, Universidad Autónoma Metropolitana, Ciudad de México, México

\*Autor correspondiente: [akobelkowsky@gmail.com](mailto:akobelkowsky@gmail.com)

**Abstract.** The lookdown *Selene vomer* is a teleost representative of the Carangidae family with a distribution in the coasts of the Western Atlantic, characterized by an extreme lateral flattening of his body. There are few records of the anatomy of *Selene Lacépède*, 1802. The objective was to determine the relationship between the compressed shape of the body of *S. vomer* and the organization of the organs within the visceral cavity. By means of a dissection, the skeletal boundaries of the visceral cavity were exposed, and the anatomy of the organs contained in it were analyzed, described, and illustrated. The visceral cavity is laterally flattened, with a trapezoidal lateral aspect, vertical, and extraviscerally extended by means of the secondary visceral cavities. The gas bladder is wide and formed by a single chamber, and it develops two posterior lobes towards the back. The mesonephros is compressed and curved, and it develops two anterior renal lobes. The digestive tube is arranged vertically and shows a set of branched duodenal caeca. The gonads have a diagonal position. A direct relationship between the lateral flattening of the body with the compressed shape of the visceral cavity and its organs is recognized. The shape of the visceral cavity is related to the vertical lengthening of the scapular and pelvic girdles, the pleural ribs, and the first anal pterygiophore. The organ with the highest number of special anatomical features is the gas bladder, due to its extravisceral posterior lobes and its attachment to the vertebral column by means of ligaments.

**Key words:** Splanchnology, secondary visceral cavities, duodenal caeca, Moonfish, gas bladder

**Resumen.** El pez luna o jorobado *Selene vomer* es un teleosteo representante de la familia Carangidae con distribución en las costas del Atlántico Occidental, caracterizado por el extremo aplanamiento lateral de su cuerpo. Existen escasos registros de la anatomía de *Selene Lacépède*, 1802. El objetivo fue la determinación de la relación entre la forma comprimida del cuerpo de *S. vomer* y la organización de los órganos dentro la cavidad visceral. Mediante disección se determinaron los límites esqueléticos de la cavidad visceral y se analizó, describió e ilustró la anatomía de los órganos contenidos en la misma. La cavidad visceral es aplanada lateralmente, de aspecto lateral trapezoidal, vertical y extendida extra visceralmente mediante las cavidades viscerales secundarias. La vejiga gaseosa es amplia, unicameral, y desarrolla hacia atrás dos lóbulos posteriores. El mesonefros es comprimido y curvado y forma dos lóbulos renales anteriores. El tubo digestivo se dispone verticalmente y muestra un conjunto de ciegos duodenales ramificados. Las gónadas tienen una posición diagonal. Se reconoce una relación directa del aplanamiento lateral del cuerpo con la forma comprimida de la cavidad visceral y de sus órganos. La forma de la cavidad visceral está relacionada con el alargamiento vertical de las cinturas escapular y pélvica, las costillas pleurales y el primer pterigióforo anal. El órgano con mayor número de rasgos anatómicos especiales es la vejiga gaseosa, por sus lóbulos posteriores extraviscerales y por su anclaje a la columna vertebral mediante ligamentos.

**Palabras clave:** Esplanología, cavidades viscerales secundarias, ciegos duodenales, pez luna, vejiga gaseosa

### INTRODUCCIÓN

La distribución de los órganos en la cavidad visceral de los teleosteos, con excepción del bazo, presenta un patrón general, consistente en la ubicación en orden descendente del mesonefros, la vejiga gaseosa o natatoria, el tubo digestivo con sus glándulas anexas y las gónadas. Sin embargo, el conocimiento de las variaciones anatómicas al patrón general de estos órganos, puede ser útil en estudios

taxonómicos como los que proporcionan Ogawa (1961) sobre los riñones, Whitehead & Blaxter (1989) sobre la vejiga gaseosa de clupeidos, Wilson & Castro (2011) sobre el tubo digestivo de teleosteos, Sasaki (1989) sobre la organografía de Sciaenidae, Collette & Chao (1975) sobre la organografía de los "bonitos" (Scombridae), Harder (1958), sobre el intestino de engráulidos y Kobelkowsky (2012) sobre los ovarios.

Asimismo, el conocimiento de los caracteres anatómicos de las vísceras es básico en su interpretación funcional y por lo tanto en la biología de las especies.

De acuerdo con Nelson *et al.* (2016) el orden Carangiformes incluye seis familias entre las cuales está Carangidae, formada por 30 géneros, entre los que se encuentra *Selene* Lacepède, 1802. Dentro de la ictiofauna mexicana *Selene* está representado por las especies del Pacífico: *S. brevoortii* (Gill, 1863), *S. orstedii* Lütken, 1880 y *S. peruviana* (Guichenot, 1866), mientras que en el Atlántico por: *S. setapinnis* (Mitchell, 1815), *S. brownii* (Cuvier, 1816), *S. spixii* (Castelnaud, 1855) y *S. vomer* (Linnaeus, 1758). La distribución de *S. vomer* es desde Nueva Escocia, Canadá hasta Uruguay, incluyendo Bermudas, Antillas y Golfo de México (Robins & Ray 1986). Frecuencias esporádicas de la especie han sido registradas en Argentina (Ruocco *et al.* 2008).

Los peces de la familia Carangidae muestran una cierta diversidad de formas y de grados de aplanamiento lateral, que puede reflejarse en la disposición y morfología de sus órganos internos. *S. vomer* presenta el cuerpo notablemente comprimido, corto y alto. Como antecedentes sobre la anatomía de los carángidos en México se encuentra el estudio de Guzmán & Polaco (2002) sobre la hiperostosis de peces mexicanos, con mención de *Carangoides otrynter*, *Caranx caninus*, *Selene brevoortii*, *Selene vomer* y *Trachinotus kennedyi*.

Considerando que los peces de la familia Carangidae muestran una cierta diversidad de formas y de grados de aplanamiento lateral del cuerpo, y por lo tanto de sus cavidades celómicas, se espera que la morfología de sus órganos en un representante del género *Selene*, el cual tiene el cuerpo notablemente comprimido, corto y alto, tenga una relación directa con dichos aspectos morfológicos, por lo cual, el objetivo del presente trabajo fue el análisis, descripción e ilustración de la cavidad visceral y de los órganos que contiene *S. vomer* y determinar la relación entre la forma del cuerpo y organización de sus órganos en dicha cavidad.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se analizaron 10 ejemplares de adultos machos y hembras de *Selene vomer*, (IBUNAM-PE 626, IBUNAM-PE 4851, IBUNAM-PE 3219, IBUNAM-PE 504, IBUNAM-PE 21814), con un intervalo de tallas de 75,0-170,0 mm, colectados mediante redes de arrastre en lagunas costeras del Estado de Veracruz y litorales del Golfo de México, México, los cuales se fijaron en formaldehído al 10% y se conservaron en alcohol etílico al 70%.

Con el objeto de exponer, describir e ilustrar los límites esqueléticos de la cavidad visceral, se retiraron la piel y los miotomos del costado izquierdo del cuerpo en un área rectangular (Fig. 1), hasta evidenciar la serie opercular, las cinturas escapular y pélvica, las costillas pleurales y epipleurales, las vértebras precaudales, las primeras espinas hemales y los primeros pterigióforos anales. Asimismo, con el propósito de observar en sección transversal la cavidad visceral, se realizó un corte transversal del cuerpo del pez al nivel del inicio de la aleta dorsal (Fig. 1, transecto 2a-2a'). Con el fin de completar la exposición de la cavidad visceral y de la parte anterior, tanto del mesonefros como del sistema digestivo, se extrajeron los huesos opercular y preopercular, y se desprendieron los filamentos branquiales de los arcos branquiales.

Se analizaron, describieron e ilustraron *in situ*, el sistema urogenital, la vejiga gaseosa, el tubo digestivo, el hígado, el páncreas y el bazo.

A continuación, se removieron la cintura escapular con su musculatura y las costillas, con el objeto de exponer, analizar e ilustrar los órganos de la cavidad visceral. Se midió la longitud del intestino y se determinó el índice intestinal, relacionando la longitud intestinal con la longitud patrón del pez. Se contaron los ciegos pilóricos o duodenales.

Se realizó una comparación de la forma de la cavidad celómica de *S. vomer* con la de *S. setapinnis* (IBUNAM-PE 7731, IBUNAM-PE 6560) y *S. spixii* (IBUNAM-PE 7367). Asimismo, se comparó la forma de la cavidad visceral en una serie de especies de Carangidae, que se inicia con una especie de cuerpo hidrodinámico y que termina con otra de cuerpo de gran longitud y baja altura. Para esto se seleccionaron y ordenaron las siguientes especies: *Decapterus punctatus* (Cuvier, 1829), *Oligoplites saurus* (Bloch & Schneider, 1801), *Caranx latus* (Agassiz, 1831), *Hemicaranx amblyrhynchus* (Cuvier, 1833), *Chloroscombrus chrysurus* (Linnaeus, 1766) y *Selene vomer*.

Se realizaron las ilustraciones mediante un tubo de dibujo (*camera lucida*) acoplado a un microscopio estereoscópico Leica® Wild M3Z.

La terminología del endoesqueleto siguió el criterio de Gregory (1959) y la de la musculatura siguió el de Winterbottom (1974).

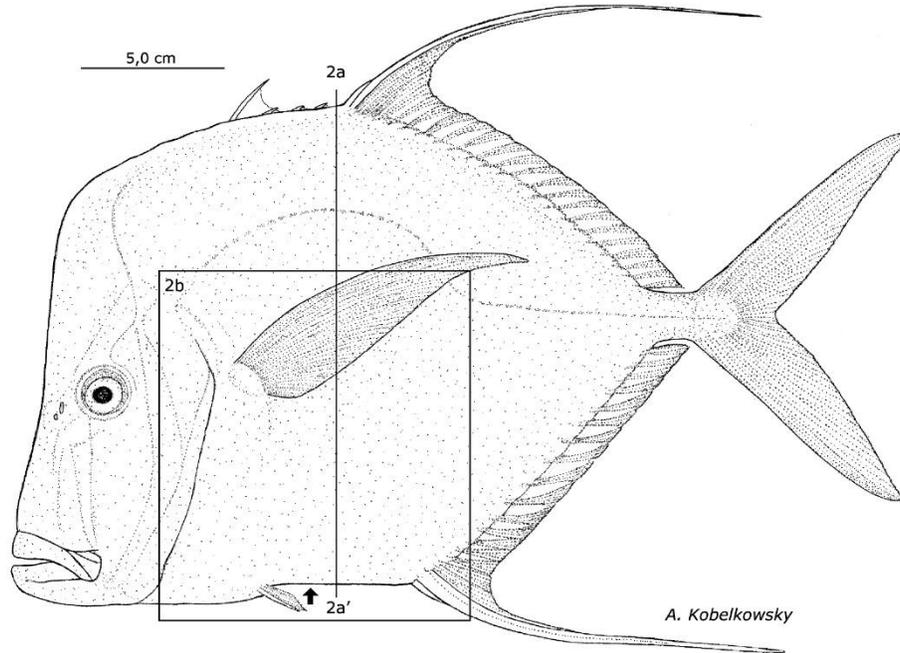


Figura 1. Morfología externa de *Selene vomer*. 2a y 2a' indica el transecto del área representada en la Figura 2a; el recuadro indica el área de lo representado en la Figura 2b. La flecha indica la posición del ano / External morphology of *Selene vomer*. 2a y 2a' indicates the transect of the area represented in Figure 2a; the box indicates the area of what is represented in Figure 2b. The arrow points the position of anus

## RESULTADOS

La altura máxima del cuerpo de *S. vomer* corresponde aproximadamente al 1,42 de la longitud patrón del pez. La posición del ano es cercana a las aletas pélvicas (Fig. 1).

### CAVIDAD VISCERAL

La cavidad visceral de *S. vomer* es aplanada en el sentido lateral (Fig. 2a); en vista lateral es trapezoidal, con su eje más largo en el sentido vertical (Fig. 3b) y con el extremo posterior bifurcado desde el nivel del complejo “primera espina hemal/primer pterigióforo anal” (Fig. 3a) en las “cavidades viscerales secundarias”. Se encuentra delimitada por las 10 vértebras precaudales, las costillas pleurales (ventrales), las cinturas escapular y pélvica, el primer pterigióforo anal, la primera espina hemal (Fig. 2b), los músculos *retractores dorsales*, la musculatura apendicular, y la musculatura axial.

Las vértebras 7 a 10 muestran sus procesos transversos triangulares y orientados hacia abajo (Fig. 2b); forman puentes hemales en los elementos 8 a 10, por los cuales, pasan tanto la aorta dorsal, como la vena caudal. En ambos lados se localizan las siete costillas pleurales, las que se articulan a las vértebras 3 a 9 (Fig. 2b) y son extraordinariamente largas, con excepción de la última.

El primer pterigióforo anal es notablemente largo (Fig. 2b), siendo su longitud de cerca del 80% de la altura de la cavidad visceral; es curvado y de posición oblicua y adelantada, con el extremo inferior con forma de pala; se yuxtapone a la primera espina hemal, la cual es relativamente larga, formándose el complejo “primera espina anal/primer pterigióforo anal”.

Ambas cinturas (Figs. 2b y 3a) son alargadas en el sentido vertical; la cintura escapular muestra notablemente largos los huesos cleitales y los coracoides, los cuales no se conectan entre si directamente por su extremo inferior, sino mediante el cartilago escapular (Figs. 2b y 3a); la cintura pélvica es, asimismo, notablemente larga, delgada y de posición oblicua. La musculatura axial que contribuye a los límites laterales de la cavidad visceral se inserta principalmente en las costillas pleurales, siendo su componente principal el *hypaxialis* (Fig. 2a).

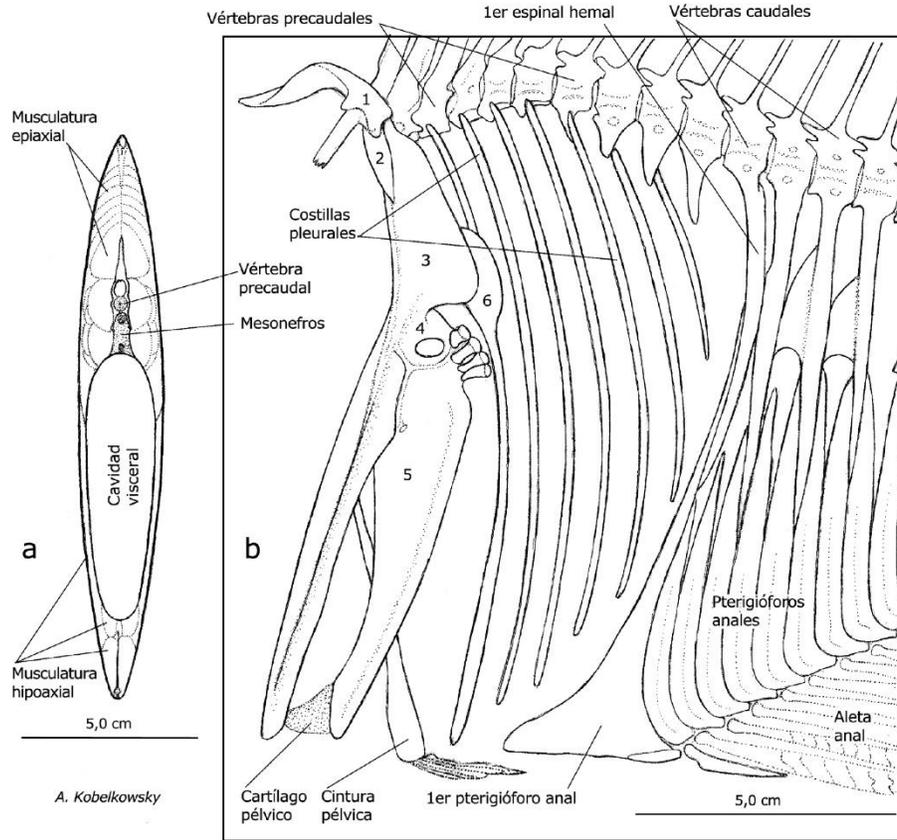


Figura 2. Límites de la cavidad visceral de *Selene vomer*. a) Corte transversal del cuerpo al nivel de la vértebra 7. b) Vista lateral izquierda de los límites esqueléticos de la cavidad visceral. 1, Posttemporal. 2, Supracleitrum. 3, Cleitrum. 4, Escápula. 5, Coracoides. 6, Postcleitrum / Limits of the visceral cavity of *Selene vomer*. a) Cross section of the body at the level of vertebra 7. b) Left lateral view of the skeletal boundaries of the visceral cavity. 1, Posttemporal. 2, Supracleithrum. 3, Cleithrum. 4, Scapula. 5, Coracoid. 6, Postcleithrum

La organografía o distribución de los órganos dentro de esta cavidad celómica es en un orden descendente el siguiente (Fig. 3): el mesonefros con carácter extraperitoneal, la vejiga gaseosa, el tubo digestivo con el hígado y el páncreas, las gónadas; el bazo se localiza entre algunas asas intestinales. El órgano que muestra el mayor volumen es la vejiga gaseosa, ocupando la porción postero-superior, mientras que el tubo digestivo, junto con sus glándulas anexas ocupan la porción antero-inferior; las gónadas se ubican con una posición oblicua, cerca del extremo inferior del primer pterigióforo anal.

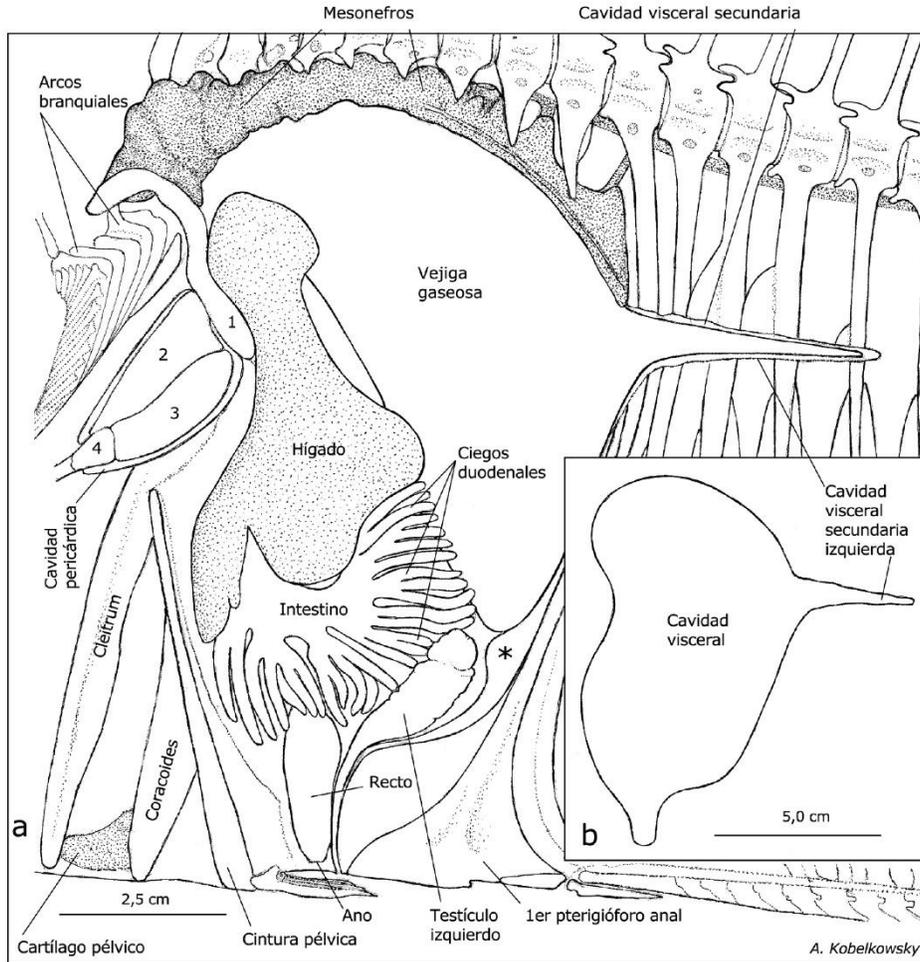
#### SISTEMA UROGENITAL

El riñón es alargado (Figs. 3 y 4) y resulta principalmente de la fusión de los mesonefros izquierdo y derecho (Fig. 4b) desde el nivel de la vértebra 3. El inicio de sus porciones izquierda y derecha es al nivel de los huesos basioccipital

y exoccipitales y se denominan lóbulos renales (Fig. 4a, b, c). Estos lóbulos se conectan con los extremos laterales del seno venoso del corazón (Fig. 4b, c).

En la vista ventral de los lóbulos renales y al nivel de las dos primeras vértebras se observan dos concavidades (Fig. 4c), donde se localizan los músculos *retractores dorsales*, los cuales rodean a los dos ligamentos que suspenden a la vejiga gaseosa desde el centro vertebral 2 (Fig. 4b).

Los conductos arquinefros se observan cerca de los bordes inferiores del último tercio del mesonefros; se continúan hacia atrás hasta el extremo postero-inferior del órgano, de donde se desprenden y descienden en contacto uno con el otro, por el borde anterior del complejo primera espina hemal/primer pterigióforo anal, adosados a la vejiga aérea y en posición anterior al primer pterigióforo anal (Fig. 3a). Desde su extremo inferior ambos conductos se conectan a la vejiga urinaria, la cual continúa adosada al



**Figura 3. Organografía de las cavidades celómicas de *Selene vomer*.** a) Vista lateral izquierda de las cavidades pericárdica y visceral y su organografía. El asterisco indica la vejiga urinaria. 1, Seno venoso. 2, Aurícula, 3, Ventrículo, 4, Cono arterial. b) Forma de la cavidad visceral en vista lateral izquierda / Organography of the celomic cavities of *Selene vomer*. a) Left lateral view of the pericardic and visceral cavities and their organography. The asterisk indicates the urinary bladder. 1, Sinus venosus. 2, Atrium. 3, Ventricle. 4, Conus arteriosus. b) Shape of the visceral cavity in the left lateral view

extremo inferior de la vejiga aérea. De la vejiga urinaria sale el conducto urinario común y se orienta hacia abajo y adelante. En los machos este conducto se une con el conducto espermático, formando el conducto urogenital (Fig. 4a).

La vena caudal se ubica dentro de los arcos hemales de las vértebras caudales, continuándose hacia delante hasta el arco hemal de la vértebra precaudal número ocho. Dicha vena se ramifica e introduce al mesonefros desde los arcos hemales de las vértebras precaudales nueve y diez, y desde el primer arco hemal caudal (Fig. 3a).

En la superficie ventral del riñón (Fig. 4b), se observa la vena cardinal posterior derecha, la cual se continua hasta alcanzar la porción derecha del seno venoso (Fig. 4b, c).

Los ovarios y los testículos son órganos pareados (Figs. 3a y 4a), que se localizan cerca del extremo inferior la vejiga gaseosa. Los ovarios al madurar aumentan considerablemente su volumen hacia arriba. Asimismo, los testículos aumentan su volumen hacia arriba de manera moderada.

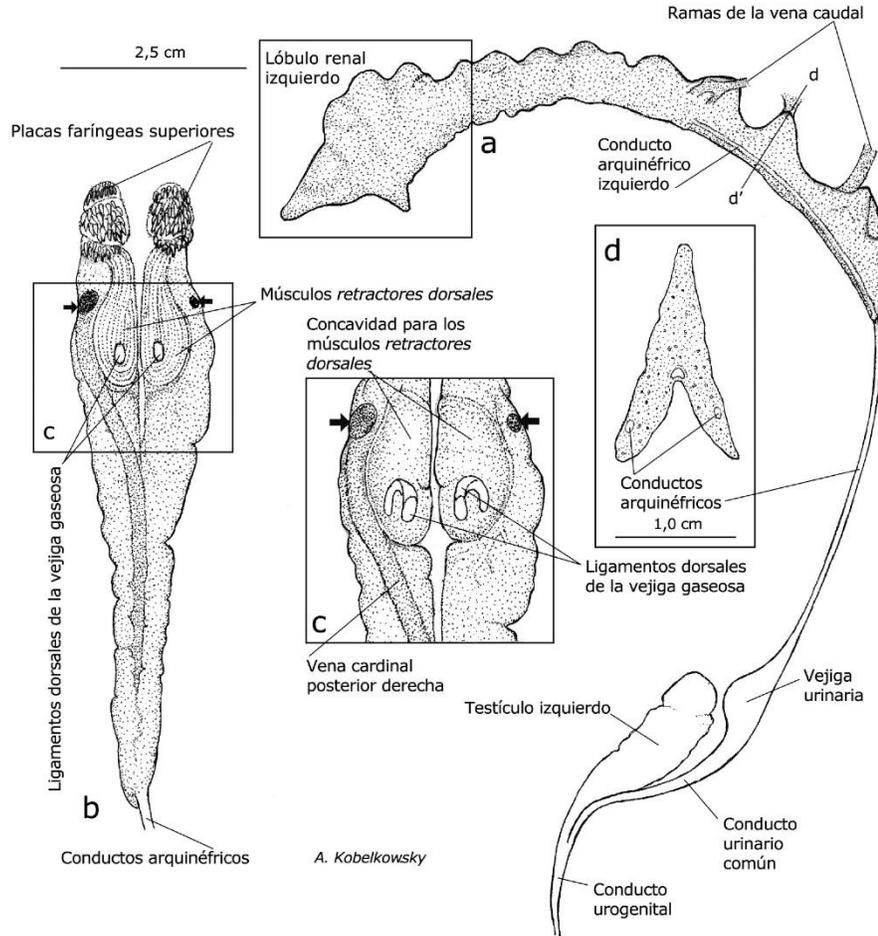


Figura 4. Sistema urogenital de *Selene vomer*. a) Vista lateral. b) Vista ventral del mesonefros con los músculos *retractores dorsales* y los huesos faríngeos superiores. c) Vista ventral de la porción anterior del mesonefros mostrando las concavidades de los músculos *retractores dorsales* y los ligamentos que suspenden a la vejiga gaseosa. d) Corte transversal (d-d') del mesonefros realizado entre las vértebras 9 y 10. Las flechas señalan los contactos con el seno venoso del corazón / Urogenital system of *Selene vomer*. a) Lateral view. b) Ventral view of mesonephros with the *retractores dorsales* muscles and the upper pharyngeal bones. c) Ventral view of the anterior portion of mesonephros showing the concavities of the *retractores dorsales* muscles and the ligaments that hold of the gas bladder. d) Cross section (d-d') of the mesonephros done between vertebrae 9 and 10. Arrows point to the contacts with the sinus venosus of heart

#### VEJIGA GASEOSA

La vejiga gaseosa es amplia y está aplanada en el sentido lateral (Fig. 5a, b). Su aspecto lateral es semicircular y se bifurca hacia atrás en dos lóbulos posteriores delgados, que se ubican en ambos lados dentro de las “cavidades viscerales secundarias” (Fig. 3a). El anclaje de este órgano es mediante dos ligamentos dorsales, curvos, al centro vertebral 2 (Fig. 5c, d).

#### MÚSCULOS RETRACTORES DORSALES

Formando parte de los límites antero-dorsales de la cavidad visceral se encuentran los músculos *retractores dorsales*, que mueven hacia atrás los huesos faringobranquiales, y que se originan en el centro vertebral 2 (Fig. 5c). El extremo proximal de tales músculos imprime unas fosas en la parte ventral de los dos lóbulos renales y rodean a los dos ligamentos dorsales de la vejiga (Fig. 4b).

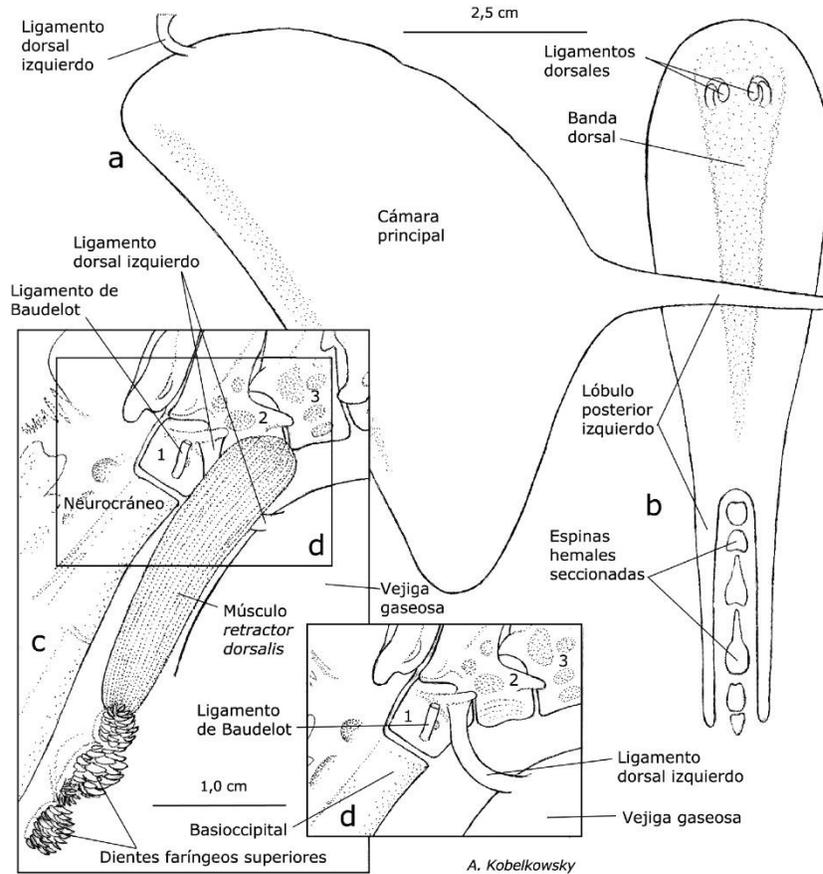


Figura 5. Vejiga gaseosa de *Selene vomer*. a) Vista lateral izquierda. b) Vista dorsal *in situ*. c) Vista lateral izquierda del músculo *retractor dorsalis* y el ligamento de Baudelot. d) Vista lateral izquierda del anclaje de la vejiga gaseosa al retirar el músculo *retractor dorsalis* izquierdo / Gas bladder of *Selene vomer*. a) Left lateral view. b) *In situ* dorsal view. c) Left lateral view of the left *retractor dorsalis* muscle and the left ligament of Baudelot. d) Left lateral view of the suspension of the gas bladder after removing the left *retractor dorsalis* muscle

#### TUBO DIGESTIVO Y GLÁNDULAS ANEXAS

El tubo digestivo (Fig. 6) se encuentra regionalizado de arriba hacia abajo en esófago, estómago, ciegos duodenales e intestino. El esófago es angosto y notablemente corto, y se inicia inmediatamente detrás de los huesos faríngeos superiores e inferiores, pasa entre las dos porciones del seno venoso del corazón y su pared interna muestra surcos medianos.

El estómago es relativamente largo y está regionalizado en porción cardíaca, porción pilórica y el ciego estomacal (Fig. 6d). La porción cardíaca es relativamente larga, mientras que el ciego estomacal y la porción pilórica son cortos. Su superficie interna muestra notables surcos largos y paralelos en la porción cardíaca, que en la porción pilórica son más finos. Entre el estómago y el intestino se forma el esfínter pilórico.

El intestino forma varias asas; en el aspecto lateral izquierdo (Fig. 6b) se reconoce primeramente un asa amplia, semicircular, y a continuación, en el aspecto derecho (Fig. 6c), otras tres más cortas con trayecto en “zigzag”. El recto es de orientación vertical y el ano se abre en el borde medio-ventral de la cavidad visceral, entre la cintura pélvica y el primer pterigióforo anal (Fig. 3a); en la vista lateral del pez se localiza cerca de las aletas pélvicas. La longitud intestinal corresponde a 1,59 de la longitud patrón del pez.

Desde el nivel del duodeno (Fig. 6a, b), se desarrollan los ciegos duodenales en número de nueve, los cuales se ramifican de manera dicotómica y tricotómica hasta completar 72 ramas terminales; su diámetro promedio es de 0,45 mm y su longitud promedio es de 9,7 mm, variando entre 9-12 mm.

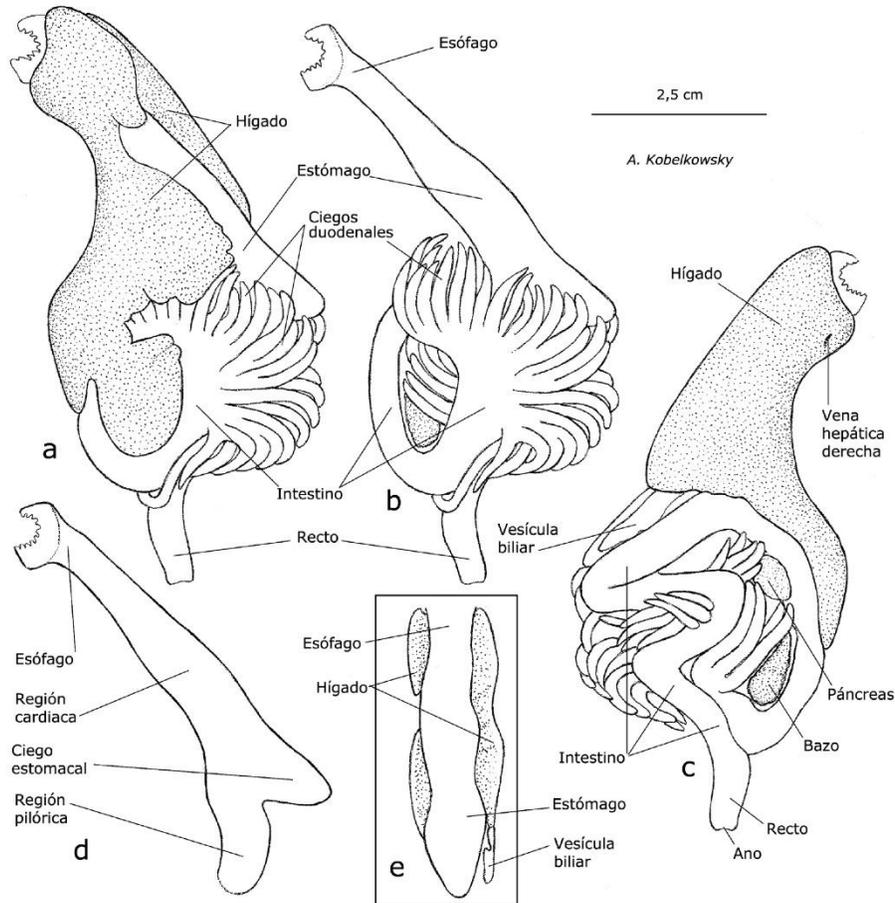


Figura 6. Tubo digestivo, hígado, páncreas y bazo de *Selene vomer*. a) Vista lateral izquierda del tubo digestivo y el hígado. b) Vista lateral izquierda del tubo digestivo sin el hígado. c) Vista lateral derecha del tubo digestivo y las glándulas anexas. d) Vista lateral izquierda del estómago. e) Vista dorsal del estómago y el hígado / Digestive tube, liver, pancreas, and spleen of *Selene vomer*. a) Left lateral view of the digestive tube and liver. b) Left lateral view of the digestive tube without the liver. c) Right lateral view of the digestive tube and annexed glands. d) Left lateral view of the stomach. e) Dorsal view of the stomach and liver

El hígado (Fig. 6a, c) es de orientación vertical, cubre ampliamente al esófago y al estómago y presenta en su borde anterior una amplia concavidad que coincide con la cavidad pericárdica (Fig. 3a). Su porción izquierda es de aspecto irregular, sin embargo, se definen un lóbulo superior izquierdo pequeño y otros dos inferiores de tamaño mediano; la porción derecha conforma un lóbulo amplio y triangular. La superficie anterior del hígado muestra las dos venas hepáticas, que se conectan al seno venoso del corazón (Fig. 6c). La vesícula biliar sobresale del ángulo posterior del lóbulo hepático derecho y tiene forma tubular.

El páncreas es ovoide y se localiza en el lado derecho, entre varios ciegos duodenales y el asa intestinal anterior (Fig. 6c).

El bazo es piriforme (Fig. 6c), de aspecto oscuro y se localiza en el lado derecho de la masa intestinal.

#### ASPECTOS COMPARATIVOS

El análisis anatómico de la cavidad visceral y su organografía de las especies *S. setapinnis* y *S. brownii* muestra el mismo patrón estructural que el de *S. vomer*.

Asimismo, la definición de la forma de la cavidad visceral de especies representativas de cinco géneros de carángidos del Golfo de México, también permite reconocer el mismo patrón morfológico general de esta cavidad celómica.

Al comparar la forma de la cavidad visceral de las especies representantes de géneros de Carangidae de distribución en el Golfo de México (Fig. 7), se observa que la mayor longitud relativa de dicha cavidad es en *D. punctatus*; en segundo término, la de *O. saurus*; la menor longitud es en *S. vomer*; y la longitud intermedia se encuentra en el grupo de *C. latus*, *H. amblyrhynchus* y *C. chrysurus*.

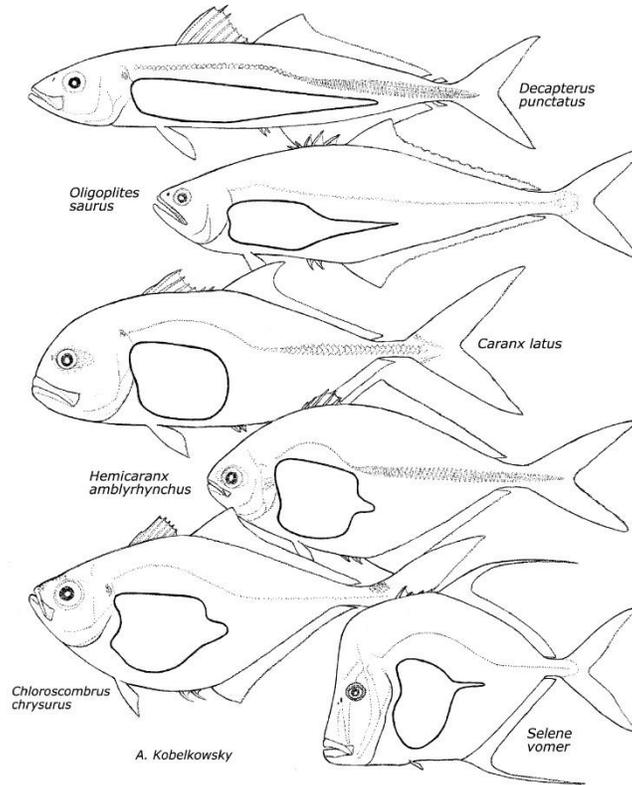


Figura 7. Comparación de la forma de la cavidad visceral en vista lateral izquierda, de una serie gradual de formas del cuerpo de especies de Carangidae / Comparison of the shape of the visceral cavity, in left lateral view, of a gradual series of body shapes of Carangidae species

Asimismo, al comparar la longitud de las “cavidades viscerales secundarias” de estas especies se reconoce aproximadamente la misma secuencia, con excepción de *C. latus* en la que no se desarrollan estas extensiones, sin embargo, la vejiga gaseosa se continúa dentro de los primeros arcos hemales.

### DISCUSIÓN

Como resultado del análisis morfológico de la cavidad visceral de *S. vomer* y de los órganos que contiene, y de su comparación con *S. setapimmis* y *S. spixi*, se define un patrón anatómico del género *Selene*. Asimismo, al comparar la forma, particularmente de la cavidad visceral de seis especies de Carangidae del Golfo de México, con diferente forma corporal, se determinó como carácter frecuente la prolongación extra visceral de dicha cavidad celómica en las “cavidades viscerales secundarias” y la ubicación dentro de las mismas de los lóbulos posteriores de la vejiga gaseosa. Sin embargo, en *C. latus* no se desarrollan las cavidades viscerales secundarias, y la vejiga gaseosa se prolonga por los arcos hemales caudales.

Comparativamente con otros teleósteos es sobresaliente en las especies de *Selene* el alargamiento vertical de los huesos que delimitan la cavidad visceral, tales como las costillas pleurales, los cleitra, coracoides, postcleitra, cintura pélvica y el primer pterigióforo anal.

Se reconoce una convergencia anatómica de la formación de las “cavidades viscerales secundarias” de *S. vomer* con las que en los lenguados (orden Pleuronectiformes) Norman (1934) nombra como “cavidades corporales secundarias”, que describe como los espacios que ocupan los ovarios maduros, y que Kobelkowsky (2007) ilustra en *Cyclopsetta chittendeni*. Asimismo, Norman (1934) registra, en los lenguados de la familia Achiridae la presencia de dos asas intestinales en la “cavidad visceral secundaria derecha”, acompañando al ovario derecho. Kobelkowsky (2000) describe e ilustra dicha condición en tres especies de dicha familia reconociendo, además, en esa misma ubicación al lóbulo renal posterior y a la vejiga urinaria.

La anatomía gruesa del riñón de *S. vomer* es similar a la de otros teleósteos como la que describe Kobelkowsky (2013) en *Lutjanus griseus* (Lutjanidae).

Relacionado directamente con la reducida longitud de la cavidad visceral y el “adelantamiento” del primer pterigióforo anal, se encuentra la orientación oblicua de las gónadas en ambos sexos. Esto implica que los conductos reproductores están ligeramente orientados hacia delante, situación relativamente similar a la del lenguado *Citharichthys spilopterus* descrita por Kobelkowsky & Castillo-Rivera (2017).

Entre los órganos de la cavidad visceral, los que muestran características especiales son el tubo digestivo y la vejiga gaseosa.

La mayoría de los teleósteos que presentan ciegos pilóricos o ciegos duodenales, estos son de carácter simple, mientras que en *S. vomer* son ramificados, de manera similar a los que describen Kobelkowsky & Pérez-García (2007) en *Elops saurus* (Elopidae). La relación longitud intestinal/longitud patrón del pez en *S. vomer* indica un hábito carnívoro de alimentación.

Los dos caracteres sobresalientes de la vejiga gaseosa de *S. vomer* son: a) los ligamentos que la suspenden desde la columna vertebral, situación no registrada en la literatura, y b) el desarrollo extra-visceral de los dos lóbulos posteriores, de manera similar a lo descrito por Terán-Martínez (2015) en *Gerres cinereus* (Gerreidae).

#### LITERATURA CITADA

- Collette BB & LN Chao. 1975.** Systematics and morphology of the bonitos (*Sarda*) and their relatives (Scombridae, Sardini). Fishery Bulletin 73(3): 516-625.
- Gregory WK. 1959.** Fish skull. A study of evolution of natural mechanisms, 481 pp. Eric Lundberg, Laurel.
- Guzmán AF & OJ Polaco. 2002.** Hiperostosis en peces mexicanos. Archaeofauna 11: 45-62.
- Harder W. 1958.** El intestino como carácter diagnóstico para la identificación de ciertos clupeoides (Engraulidae, Clupeidae, Dussumieriidae) y como carácter morfométrico para la comparación de las poblaciones de anchoveta (*Cetengraulis mysticetus*). Comisión Interamericana del Atún Tropical, Boletín 8: 381-376.
- Kobelkowsky DA. 2000.** Sistema urogenital de los lenguados de la familia Achiridae (Pisces: Pleuronectiformes) del Golfo de México. Hidrobiológica 10(1): 51-60.
- Kobelkowsky A. 2007.** Morphology of the digestive system of the Mexican flounder, *Cyclopsetta chittendeni* (Teleostei, Paralichthyidae). Bulletin of Fish Biology 9: 39-49.
- Kobelkowsky A. 2012.** Morphological diversity of the ovaries of the Mexican teleost fishes. International Journal of Morphology 30(4): 1353-1362.
- Kobelkowsky A. 2013.** Morphology and dissection technique of the kidney of the grey snapper *Lutjanus griseus* (Teleostei: Lutjanidae). International Journal of Morphology 31(2): 553-561.
- Kobelkowsky A & MA Pérez-García. 2007.** El sistema digestivo de *Elops saurus* (Teleostei: Elopidae). Vertebrata Mexicana 20: 1-7.
- Kobelkowsky A & MA Castillo-Rivera. 2017.** Sexual anatomy of the flounder *Citharichthys spilopterus* (Paralichthyidae). Cybium. International Journal of Ichthyology 42(2): 129-136.
- Nelson JS, TC Grande & MVH Wilson. 2016.** Fishes of the world, 711 pp. John Wiley & Sons, Hoboken.
- Norman JR. 1934.** A systematic monograph of the flatfishes (Heterostomata). Vol. 1, Psettodidae, Bothidae, Pleuronectidae, 480 pp. British Museum of Natural History, London.
- Ogawa M. 1961.** Comparative study of the external shape of the teleostean kidney with relation to phylogeny. Science Reports of the Tokyo Kyoiku Daigaku, B10: 61-68.
- Robins CR & GC Ray. 1986.** A field guide to Atlantic coast fishes of North America, 354 pp. Houghton Mifflin Company, Boston.
- Sasaki K. 1989.** Phylogeny of the family Sciaenidae, with notes on its geography (Teleostei, Perciformes). Memoirs of the Faculty of Fisheries Hokkaido University 36(1-2): 1-37.
- Terán-Martínez J. 2015.** Diversidad morfológica de la vejiga gaseosa en la familia Gerreidae (Pisces: Teleostei). Tesis de Maestría en Ciencias, Ciencias Marinas, Posgrado de Ciencias del Mar y Limnología, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México, 86 pp.
- Whitehead PJP & JHS Blaxter. 1989.** Swimbladder form in clupeoid fishes. Zoological Journal of the Linnean Society 97(4): 299-372.
- Wilson JM & LFC Castro. 2011.** Morphological diversity of the gastrointestinal tract in fishes. In: Grosell M, AP Farrell & CJ Brauer (eds). The multifunctional gut of fish, pp. 2-55. Academic Press, London.
- Winterbottom RA. 1974.** A descriptive synonymy of the striated muscles of the Teleostei. Proceedings of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia 125(12): 225-317.

Recibido el 12 de octubre de 2019 y aceptado el 22 de julio de 2020.

Editor: Claudia Bustos D.



Casa abierta al tiempo

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA

# ACTA DE DISERTACIÓN PÚBLICA

No. 00154

Matrícula: 2192802094

MORFOLOGÍA TRÓFICA DE LOS  
PECES DE LA FAMILIA  
CARANGIDAE DEL GOLFO DE  
MÉXICO (TELEOSTEI:  
PERCIFORMES).

En la Ciudad de México, se presentaron a las 15:00 horas del día 25 del mes de noviembre del año 2024 en la Unidad Iztapalapa de la Universidad Autónoma Metropolitana, los suscritos miembros del jurado:

DR. ABRAHAM KOBELKOWSKY DIAZ  
DR. GERARDO FIGUEROA LUCERO  
DRA. MARTINA MEDINA NAVA  
DR. ERNESTO VELAZQUEZ VELAZQUEZ  
DR. MANUEL ARNOLDO CASTILLO RIVERA

Bajo la Presidencia del primero y con carácter de Secretario el último, se reunieron a la presentación de la Disertación Pública cuya denominación aparece al margen, para la obtención del grado de:

DOCTOR EN CIENCIAS BIOLÓGICAS Y DE LA SALUD  
DE: OMAR BELTRAN VINALAY

y de acuerdo con el artículo 78 fracción IV del Reglamento de Estudios Superiores de la Universidad Autónoma Metropolitana, los miembros del jurado resolvieron:

*Aprobar*

Acto continuo, el presidente del jurado comunicó al interesado el resultado de la evaluación y, en caso aprobatorio, le fue tomada la protesta.




OMAR BELTRAN VINALAY  
ALUMNO

REVISÓ



MTRA. ROSALIA SERRANO DE LA PAZ  
DIRECTORA DE SISTEMAS ESCOLARES

DIRECTOR DE LA DIVISION DE CBS




DR. JOSE LUIS GOMEZ OLIVARES

PRESIDENTE



DR. ABRAHAM KOBELKOWSKY DIAZ

VOCAL



DR. GERARDO FIGUEROA LUCERO

VOCAL



DRA. MARTINA MEDINA NAVA

VOCAL



DR. ERNESTO VELAZQUEZ VELAZQUEZ

SECRETARIO



DR. MANUEL ARNOLDO CASTILLO RIVERA