



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE
MÉXICO**

Facultad De Estudios Superiores Zaragoza

**Osteología del Complejo Caudal de las Mojarras
(Perciformes: Gerreidae) del Estado de Veracruz**

T E S I S

PARA OBTENER EL TITULO DE:

B I O L O G O

P R E S E N T A:

CÉSAR GUZMÁN MORALES

JANIS RODRÍGUEZ HERNÁNDEZ

Director de Tesis:

M. EN C. ERNESTO MENDOZA VALLEJO

MÉXICO, D. F. 2014



**FES
ZARAGOZA**



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

“¡Qué extraña cosa es el conocimiento! Una vez que ha penetrado en la mente, se aferra a ella como la hiedra a la roca.”

Mary W. Shelley. Frankenstein.

Agradecimientos

A la mujer más inteligente, capaz y fuerte que conozco: Mi madre.

A mi padre porque después de todo, soy igual a él.

Héctor y Ale, ya que todos juntos somos una familia fuerte.

Reconozco a todos mis amigos, pues en ellos he encontrado el apoyo y diversión que hicieron mi formación amena y llena de experiencias enriquecedoras.

Al M. en C. Ernesto Mendoza Vallejo que me dio su apoyo en este largo proceso y me transmitió sus conocimientos.

César Guzmán Morales

Agradecimientos

La presente tesis está dedicada a toda mi familia, especialmente a mis padres María del Carmen y Martín, pues han sido un pilar fundamental para mi formación profesional. Gracias por estar siempre en esos momentos difíciles brindándome su amor incondicional, paciencia, comprensión y sobre todo su confianza, a mi hermano por alentarme para cumplir mis metas y objetivos propuestos, a esos buenos amigos con los que he compartido tantos buenos momentos a lo largo de estos años; y por último a mi asesor de tesis por contagiarme sus ganas de aprender.

Cuanto más fuerte es el obstáculo, más grande es la gloria que podremos alcanzar al vencerlo.

Molière

Rodríguez Hernández Janis

Contenido

Resumen	1
Introducción	2
Antecedentes	4
Marco teórico	7
Objetivos	13
Justificación	13
Zona de estudio	14
Metodología	16
Resultados y Analisis de Resutados	19
Análisis ontológico	32
<i>D. auratus</i>	33
<i>D. rhombeus</i>	34
<i>E. melanopterus</i>	36
<i>E. gula</i>	37
<i>E. plumieri</i>	39
<i>E. axillaris</i>	40
Descripción Estructural	42
Epurales	42
Parahipural	45
Espina hemal 2	49
Arco neural	52
Uroneurales	56
Hipurales	60
Discusión	65
Conclusión	75
Bibliografía	76
Glosario	82

Resumen

Los miembros de la familia Gerreidae son conocidos comúnmente como mojarras, éstos forman parte importante del componente íctico de las áreas de los sistemas estuarino-lagunares subtropicales y tropicales del Golfo de México. Debido a su importancia ecológica y a la escasez de estudios anatómicos y en especial osteológicos, se tiene como objetivo la descripción del esqueleto del complejo caudal de algunas de las especies de ésta familia, *Diapterus auratus*, *Diapterus rhombeus*, *Eucinostomus melanopterus*, *Eucinostomus gula*, *Eugerres plumieri* y *Eugerres axillaris*; información que puede ser usada en estudios comparativos ya sea filogenéticos, taxonómicos, funcionales e incluso morfológicos. El material biológico utilizado se recolectó mensualmente en la laguna costera “Grande”, localizada en el municipio de Vega de Alatorre, en el estado de Veracruz. Para el análisis del complejo caudal se utilizó la técnica de transparentación y tinción osteológica de Taylor y Van Dyke (1985). De acuerdo a los resultados, el desarrollo y disposición del esqueleto caudal de los gerreidos, así como el número de elementos que lo componen, corresponden a los que presentan los percoideos basales; sin embargo de las seis estructuras observadas, sólo los epurales, arco neural, parahipural y espina hemal resultaron discriminatorias para la diferenciación genérica y específica de los organismos, lo que permitió comprobar de una manera evidente, las disimilitudes entre los especímenes estudiados, de modo que se considera una metodología útil para la distinción de los individuos considerados como difíciles de identificar por morfología externa.

Introducción

La familia Gerreidae es un grupo de peces perciformes de origen marino, conocidos generalmente como mojarras, este grupo de peces se distribuye mundialmente en la zona intertropical. La mayoría de los miembros de este grupo realizan irrupciones temporales y periódicas hacia las masas de agua continentales mixohalinas, como estuarios, lagunas y bahías protegidas. Desde el punto de vista trófico, muchas de sus especies constituyen una parte importante del componente íctico, pues se consideran organismos forrajeros de las aguas neríticas cuyo sustrato es característicamente arenoso-lodoso (Castro-Aguirre *et al.*, 1999).

Dentro de la familia se reconocen 8 géneros y 70 especies: *Parequula*, *Ulaema*, *Xystaema*, *Pentaprion*, *Eugerres*, *Diapterus*, *Eucinostomus* y *Gerres* (Eschmeyer, 1998), no obstante, algunos autores han considerado a la familia con 8 géneros y tan sólo 40 especies (Froese y Pauly, 2012).

Las sutiles diferencias interespecíficas, el traslape de los caracteres diagnósticos y los propios límites intergenéricos dentro de la familia, han convertido a sus miembros como las especies, taxonómicamente hablando, más complicadas del “Nuevo Mundo” (Matheson y McEachran, 1984; De La Cruz Agüero y Galván-Magañan, 1993).

En general el estudio del esqueleto caudal en diversos grupos de perciformes ha sido utilizado en el diagnóstico para la separación entre familias, géneros o bien a nivel de especie (Johnson, 1975); además de su importancia para el conocimiento del grado evolutivo de las mismas, ya que representa una simplificación progresiva del origen tan complejo que caracteriza a numerosos huesos independientes tal como lo es la fusión de hipurales (Gosline, 1961). Esta situación le confiere a dicha estructura, en los gerreidos como en el resto de los teleósteos modernos, un alto valor taxonómico y filogenético.

La diversidad de los taxa en los que se ha estudiado el esqueleto caudal es reducida (McDowall, 1999) y aquellos trabajos en los que se ha explorado su variación e interrelaciones han estado enfocados a especies en particular (e.g. Potthoff y Tellock, 1993; Doyle, 1998) o referidos a “taxa representativos” de nivel genérico o familiar (e.g. Johnson, 1983; Keivany y Nelson, 1998; Baldwin y Johnson, 1999). De ahí que el trabajo descriptivo

de la morfología de la aleta caudal en teleósteos este aún por completarse (Dunn, 1983), Por esta razón, en el presente trabajo se analizan las similitudes y diferencias entre los atributos del complejo caudal a nivel osteológico que caracterizan a cada especie de gerreidos a través de una serie ontogénica, con la finalidad de revelar nuevos datos útiles para la determinación a nivel de especie y enriquecer, tanto las claves, como la información osteológica de la familia, utilizando ejemplares que representan a las costas del Golfo de México, colectados en el estado de Veracruz y proporcionados por la Colección Ictiológica “José Luis Castro Aguirre” de la Facultad de Estudios Superiores Zaragoza.

Antecedentes

Georges Cuvier, naturalista francés, fue el primero en emplear el nombre *Gerres* en 1829 en su obra *Régne Animal* (In: Pietsch 1995, donde se encuentra un análisis histórico de la obra ictiológica de Cuvier. En dicha obra, además se enlista brevemente la descripción de siete especies pertenecientes a este género).

Albert Günther, investigador del Museo Británico, en el año de 1859 fue el primero en agrupar a las especies de gerreidos conocidos dentro de la familia *Pristipomatidae*; aunque tiempo después (1862) los agrupa dentro de su propio grupo natural, la familia *Gerreidae*.

La redefinición del género realizada por Jordan (1895), realiza un reacomodo de especies pertenecientes a *Eucinostomus*, y que se encontraban en otros géneros (Matheson y McEachran, 1984) tales como *Gerres* (Evermann y Meek, 1886), *Diapterus* (Gill, 1862; Goode y Bean, 1879), e incluye una característica fundamental propia de *Eucinostomus*: la fusión de los pterigióforos anales para formar una estructura llamada como interhemal. Aunque la forma particular de esta estructura ya había sido considerada por Cuvier y Valenciennes (1830) en la descripción original de *Gerres gula* (= *Eucinostomus gula*), la misma no fue advertida como un carácter incluyente para el grupo hasta el trabajo de Jordan (1895). Ésta estructura fue descrita como, hueso interhemal de la segunda espina anal modificado en gran medida, expandido y formando un cilindro hueco, en el que se introduce la parte posterior de la vejiga gaseosa.

El estatus taxonómico de la familia *Gerreidae* había sido bastante debatido, considerándose a las especies de gerreidos tanto en las familias *Pristipomatidae* y *Liognathidae* (= *Leiognathidae*) (Curran, 1942). Éste último arreglo taxonómico fue seguido por varios autores a pesar de que previas revisiones por Starks (1911) y Deckert, (1973) habían demostrado la conclusión de Jordan (1923) de que “el parecido entre ambos grupos es de carácter superficial, sin que indique ninguna afinidad”, destacando que la presencia de una boca protractil en ambos grupos, era el resultado de una evolución convergente.

Picciolo (1960), describió la formación y el desarrollo del cono interhemal en *Eucinostomus argenteus* con base en el análisis de ejemplares cuyo intervalo de talla varía de 15 a 145 mm en la longitud patrón. Hasta este momento la mayoría de los trabajos realizados han sido meramente descriptivos y con base en especímenes de talla adulta.

Kusaka (1974), llevó a cabo la descripción morfológica del hueso urohial en *Gerres macrosoma* Bleeker y *Gerres filamentosus* Bleeker.

Andreata (1979), describió el complejo caudal de las especies *Diapterus brasilianus* (= *Eucinostomus brasilianus*), *Diapterus rhombeus*, *Diapterus olisthostomus* (= *Diapterus auratus*) y *Eucinostomus harengulus*. Estableciendo diferencias genéricas al comparar la forma de los epurales y la fusión de los hipurales.

Andreata y Barbieri (1981), contribuyeron con la descripción osteológica del cráneo de *Diapterus brasilianus* (= *Eugerres brasilianus*), mientras que Andreata (1988), aportó información relevante sobre la morfología craneal de las especies *Diapterus richii* (= *Diapterus auratus*) y *Diapterus rhombeus*.

James (1985), estableció, por medio del análisis general de su osteología, de manera definitiva las diferencias entre las familias Leiognathidae y Gerreidae.

Barcelo-Márquez (1998), describió el sistema óseo de *D. rhombeus*, utilizando tallas de 42 a 237 mm de longitud total. Destaca que la especie presenta una cresta supraoccipital muy desarrollada, por lo que la considera como una especie evolutivamente avanzada dentro de la familia Gerreidae.

Kobelkowsky y Alemán-Rivero (2000), realizaron la descripción del branquicráneo de *D. auratus*.

De la Cruz-Agüero (2001) realizó una descripción detallada del esqueleto caudal y otras estructuras del esqueleto axial y apendicular de las especies de *Eucinostomus*, otras especies selectas de *Diapterus*, *Eugerres* y *Gerres*. Ésta información fue utilizada por el autor como fuente de caracteres para la realización del análisis filogenético, estableciendo las relaciones del género *Eucinostomus*.

Kobelkowsky (2003), en un estudio comparativo de cuatro especies de gerreidos (*D. auratus*, *Eugerres plumieri*, *Gerres cinereus* y *E. argenteus*), señala 16 características óseas que varían entre éstas especies, con lo que se permite su diferenciación específica.

Kobelkowsky (2004), realizó la descripción del sistema esquelético en *D. auratus*.

Álvarez-Pliego (2004), describió el desarrollo osteológico de *Diapterus peruvianus* (= *Diapterus brevirostris*) mediante una serie de desarrollo con larvas de 27 mm de longitud notocordal en especímenes de 187 mm de longitud de patrón.

Ortiz-Galindo *et al.* (2008), abordaron el estudio de los patrones de pigmentación y de escamación y el desarrollo osteológico de *Eugerres lineatus* en su ontogenia inicial, con la finalidad de complementar la descripción taxonómica de su especie.

Por lo que en el presente trabajo se realizó una descripción minuciosa del esqueleto caudal de algunos miembros de la familia Gerreidae, *D. auratus*, *D. rhombeus*, *E. melanopterus*, *E. gula*, *E. plumieri* y *E. axillaris*.

Marco Teórico

Los miembros de la familia Gerreidae son peces de tamaño reducido (alcanzan una longitud máxima de 35 cm) de forma corporal oblonga, con coloración plateada y presentan una boca extremadamente protusible (Fig. 1), cabeza escamosa pero con superficie superior lisa, tienen vaina escamosa en las aletas dorsal y anal, la primera presenta de 9 a 10 espinas. La cauda es profundamente bifurcada (Kobelkowsky, 2004).

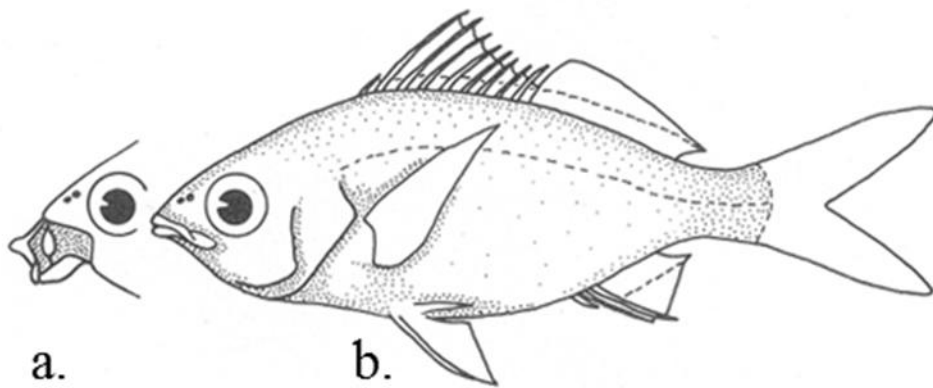


Fig. 1. *Eucinostomus* a. Boca protractil extendida b. Boca protractil contraída.

Son organismos eurípagos, comen una amplia variedad de plantas y animales. Se alimentan desenterrando invertebrados bentónicos como bivalvos, gasterópodos, ostrácodos, etc.

Las mojarra conforman uno de los grupos más representativos de los sistemas acuáticos de las zonas tropicales y subtropicales del mundo. Son de origen marino pero habitan preferentemente esteros, lagunas y bahías protegidas, mostrando con frecuencia una distribución simpátrida (e.g. Matheson y McEachran, 1984; Yáñez, 1980; De La Cruz-Agüero *et al.*, 1994). Es conocido que la mayoría de los gerreidos realizan incursiones periódicas hacia las aguas continentales (Castro-Aguirre, 1978; Castro-Aguirre *et al.*, 1999) y en algunos casos, como en la especie *Eugerres mexicanus*, están confinados estrictamente a las aguas dulces (Jordan y Evermann, 1898; Castro-Aguirre, 1978).

En México, éste grupo taxonómico se encuentra representado por cinco géneros: *Ulaema*, *Gerres*, *Eucinostomus*, *Diapterus* y *Eugerres*, de los cuales solo *Gerres* es

circumtropical, con una especie anfiamericana (*G. cinereus*) del conjunto marino eurihalino (0-45.5 ‰).

Ulaema, del Atlántico Occidental, también con una (*U. lefroyi*) y del mismo conjunto íctico que la anterior.

Existen diez formas nominales en el género *Eucinostomus*; de ellas una es anfiatlántica y típica del componente marino eurihalino (*E. melanopterus*), cinco endémicas de Atlántico Occidental: *E. havana*, *E. jonesi*, *E. harengulus*, *E. gula* y *E. argenteus*, y cuatro del Pacífico oriental tropical: *E. currani*, *E. entomelas*, *E. gracilis* y *E. dovi*. Todas tienen un común denominador: su manifiesta eurihalinidad, ya que en general se encuentran desde 0 hasta 45‰, e incluso cifras mayores.

De las cuatro especies de *Diapterus*, dos se localizan en el Pacífico oriental tropical: *D. peruvianus* y *D. aureolus*; las otras son características del Atlántico occidental: *D. rhombeus* y *D. auratus*. Con la excepción de *D. aureolus* que podría ubicarse dentro del conjunto estenohalino (28-36.5‰), las restantes son marinas eurihalinas (en general, desde 0 hasta 45‰ o más).

Eugerres, con seis especies en total, está representado por tres en la vertiente occidental del trópico americano (*E. axillaris*, *E. brevimanus* y *E. lineatus*), y dos en el litoral oeste del Atlántico tropical (*E. plumieri* y *E. brasilianus*), que forman parte del conjunto marino eurihalino (desde agua dulce hasta 45.5‰ y más). Adicionalmente, *E. mexicanus* se encuentra restringida a los ambientes lóticos (parte alta de los ríos Papaloapan, Coatzacoalcos y Usumacinta, en la vertiente oriental de México). Aunque éste pertenece al conjunto vicario, sus relaciones filogenéticas no se reconocen con exactitud (Castro-Aguirre *et al.*, 1999).

La gran plasticidad adaptativa de los Perciformes ha originado varios problemas en el sentido clasificatorio, ya que pocos caracteres taxonómicos complejos permanecen constantes y libres de convergencias, paralelismos, etc. Por lo que la determinación taxonómica específica de los grupos de mojarras han llegado a ser complicada (Hubbs, 1943; Allen y Robertson, 1994; Brown y Lomolino, 1998).

El esqueleto caudal de los percoideos y en general de los teleósteos es un carácter clave, que ha sido utilizado ampliamente, tanto para determinar y definir taxa superiores dentro del grupo, como para postular sus interrelaciones filogenéticas (Gosline, 1961; Nybelin, 1973; Lauder y Liem, 1983; Johnson y Patterson, 1993). De hecho, la mayor parte de la información sobre las relaciones filogenéticas de Teleostei proviene de las evidencias proporcionadas por el estudio del esqueleto caudal (Pinna, 1996).

La forma, función y eficiencia locomotriz de los peces es producto del diseño e interacción de los componentes estructurales óseos y musculares de la aleta caudal (Lauder, 1989). De esta manera, los elementos de los diferentes componentes de la estructura del esqueleto caudal, sus puntos de su inserción, tamaño, distribución y forma, varían entre los grupos de peces y han resultado ser caracteres importantes para la clasificación de Teleostei (Balushkin, 1990). De hecho, la presencia de uroneurales y la sustentación de los radios caudales por los hipurales y las últimas espinas hemales, es considerada un carácter distintivo de los Telostei (Lauder y Liem, 1983; Schultze y Arratia, 1989).

Generalidades del Esqueleto Caudal de la Familia Gerreidae

Las especies de la familia Gerreidae tienen 24 vertebras: 10 precaudales y 13 caudales, más el uróstilo, que es la última vertebra modificada y adaptada para conformar una parte importante del sostén del complejo caudal. La primera vertebra caudal se identifica por estar en contacto con el hueso interhemal de la aleta anal (Fig. 2).

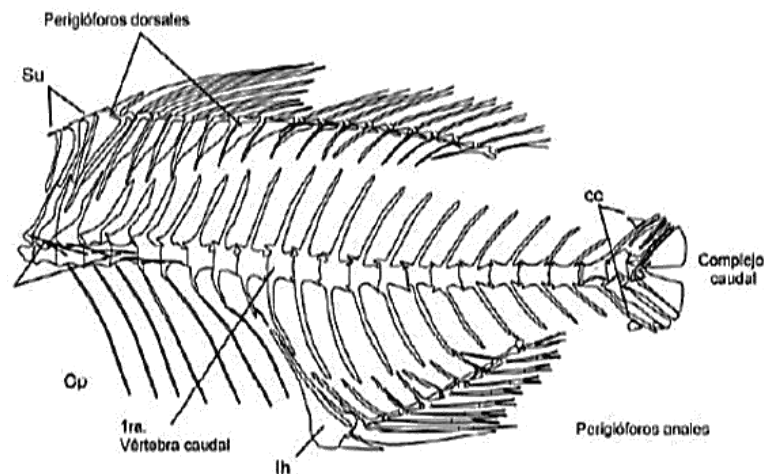


Fig. 2. Estructura general del esqueleto de la Familia Gerreidae Cc-cartílagos caudales; Cep- costillas epipleurales; Cp-costillas pleurales; Ih-hueso interhemal; Su-supraneurales.

La estructura básica del esqueleto caudal estudiado corresponde con el plano morfológico básico de los Percoidei y se puede representar con la siguiente fórmula:

$$\frac{5/3/2/2}{(I + II; III + IV)}$$

Esta fórmula indica que el complejo de los Percoidei (Fig. 3) está constituido por 5 hipurales (Hi), el hipural uno se ha fusionado con el hipural dos (I+II) y el tres con el hipural cuatro (III+IV), también se reconocen 3 epurales (Ep), 2 pares de uroneurales (Ur) (Johnson, 1984).

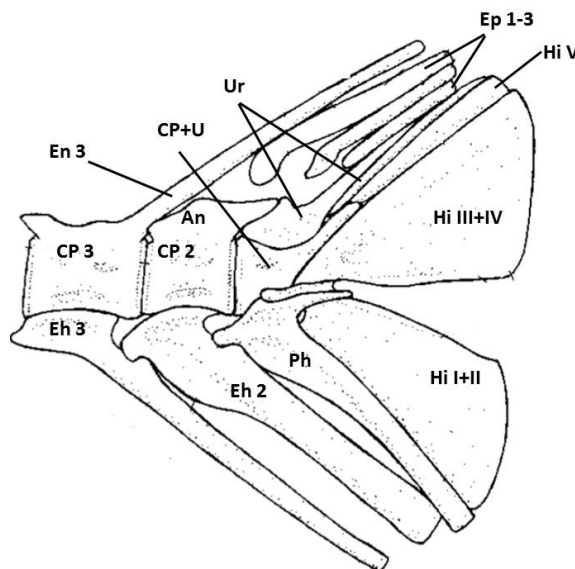


Fig. 3. Esqueleto del complejo caudal; Hipurales (Hi), Epurales (Ep), Uroneurales (Ur), Centro Preural 1 + Urostilo (CP+U), Arco Neural (An), Parahipural (Ph), Espina Hemal (Eh), Centro Preural (CP), Espina Neural (En).

Otros componentes del complejo caudal son: Espinas hemales (Eh), parahipural (Ph), un urostilo (CP1+U), Centro Preural 2 con un Arco neural (An) fusionado en dicho centro (Fig. 3), radios caudales principales (Rc), un número variable de radios caudales procurrentes o secundarios (RP). El parahipural y los hipurales II y V soportan la menor cantidad (uno) de Rc, y el Hipural IV dando sostén al mayor número (seis) (Fig. 4). (Johnson, 1984).

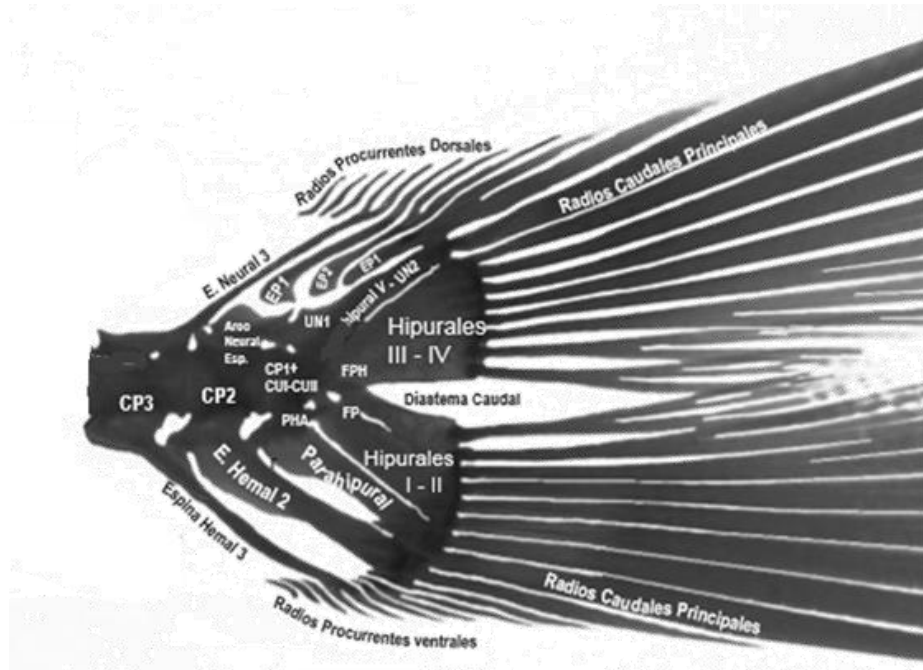


Fig. 4. Posición de Radios Caudales Principales y Radios Caudales Procurrentes.

Los hipurales están claramente agrupados en dos porciones, la dorsal (Hi III+Hi IV) y la ventral (Hi I+Hi II), mismas que se separan por una escotadura o diastema caudal (DC) la cual se corresponde con la división de los lóbulos de la aleta caudal (De la Cruz-Agüero, 2001).

Todas las especies de Gerreidae presentan una cauda de tipo bifurcada, con el plano básico de los Percoidei, en cuanto a los radios principales (Rc), representados con la fórmula típica de: 17 (9/8), 9 dorsales y 8 ventrales (Nelson, 1994).

A continuación se desglosa la clasificación filogenética (Nelson, 1994) (Tabla 1):

Phylum	<i>Chordata</i>	
Subphylum	<i>Craniata</i>	
Superclase	<i>Gnathostomata</i>	
Clase	<i>Actinopterygii</i>	
Subclase	<i>Neopterygii</i>	
División	<i>Teleostei</i>	
Subdivisión	<i>Eutelostei</i>	
Superorden	<i>Acanthopterygii</i>	
Serie	<i>Percomorpha</i>	
Orden	<i>Perciformes</i>	
Suborden	<i>Percoidei</i>	
Familia	<i>Gerreidae</i>	Günter, 1862
Género	<i>Diapterus</i>	Ranzani, 1842.
Especie	<i>Diapterus auratus</i>	Ranzani, 1842.
Especie	<i>Diapterus rhombeus</i>	Cuvier, 1829. Baird y Girard
Género	<i>Eucinostomus</i>	1857.
Especie	<i>Eucinostomus melanopterus</i>	Bleeker, 1863. Quoy y Gaimard
Especie	<i>Eucinostomus gula</i>	1824. Jordan y
Género	<i>Eugerres</i>	Evermann, 1927
Especie	<i>Eugerres plumieri</i>	Cuvier, 1830.
Especie	<i>Eugerres axillaris</i>	Günther, 1864.

Tabla 1. Clasificación filogenética de la familia Gerreidae

Objetivo general

Comparar la osteología del complejo caudal de los organismos de la familia Gerreidae del sistema estuarino Laguna Grande.

Objetivos particulares

- Seleccionar los caracteres discriminatorios del complejo caudal de las especies según la ontogenia.
- Construir la serie osteológica de cada especie.
- Describir las estructuras óseas del complejo.

Justificación

Para la determinación taxonómica de los diferentes niveles jerárquicos de los gerreidos, históricamente han sido utilizados caracteres morfológicos, como la presencia o ausencia de aserración en los huesos preorbital y preopercular, entre otros. Sin embargo pocos han sido los trabajos que complementan, desde el punto de vista osteológico, la descripción básica de dichos niveles jerárquicos del grupo.

El complejo caudal brinda un campo de caracteres que pocas veces han sido utilizados para diferenciar o hacer similitudes entre especies, géneros, y una generalización taxonómica en la familia. Por lo que ha sido considerado el estudio de dicho complejo y su descripción osteológica minuciosa.

Es importante la actualización de la taxonomía y sistemática de los diversos grupos de peces teleósteos. Por ende, en el presente trabajo pretende contribuir por medio del análisis y descripción del complejo caudal, al conocimiento de los gerreidos.

Zona de Estudio

El sistema lagunar Laguna Grande-Laguna Chica, forma parte de la llanura del Golfo de México, de la región central litoral en el estado de Veracruz. Está ubicado en el municipio Vega de Alatorre, entre los paralelos $20^{\circ}02'56.50''$ y $20^{\circ}06'36.34''$ de latitud norte y los $96^{\circ}38'39.59''$ y $96^{\circ}41'54.52''$ de longitud oeste (Fig. 5).

El sistema cubre en total una superficie de aproximadamente 8 km^2 , anteriormente se comunicaba al Golfo de México por medio de un canal que se unía con la desembocadura del río Calipe; sin embargo, actualmente este río desemboca directamente al mar formando un ambiente estuarino y solamente una porción muy pequeña en cuanto a su volumen descarga a laguna Grande. Por lo que en la actualidad la barra que separa la entrada de laguna Grande con el mar, se encuentra la mayor parte del año cerrada y abre brevemente durante la temporada de lluvias, aunque no siempre sucede este fenómeno de apertura, es por ello que la laguna es considerada como intermitente (Contreras, 1993).

Este sistema lagunar, como es evidente, está formado por dos cuerpos de agua, el primero denominado laguna Grande, cuyas dimensiones son de 4.7 km de longitud por 1.5 km de anchura, ocupa un área de cerca de 5 km^2 y una profundidad promedio de 2 m . Tiene dos afluentes dulceacuícolas, el arroyo “El Diamante” y “El Caño”, provenientes de la sierra de Chinconquiaco, la que pertenece a la cuenca de Colipa.

El segundo cuerpo de agua llamado laguna Chica, tiene dimensiones de aproximadamente 3 km de longitud por 0.8 km de anchura, abarcando una superficie de aproximadamente 2.4 km^2 , presenta una profundidad promedio de 2 m , y descarga a esta laguna el río “Guanal”.

El clima en esta región es de tipo Am (f)(i), corresponde a un clima cálido- húmedo con lluvias todo el año. La precipitación media anual es de 2.929 mm , la temperatura media anual es de 24.9°C con oscilación menor a 5°C ; un porcentaje del 69.1% de lluvias en los meses más húmedos y 14.7% en invierno. Pertenece a la región hidrológica 27 (Contreras, 1993).

El sistema conformado por Laguna Grande-Laguna Chica se desarrolla en una planicie muy baja con procesos de acumulación de sedimentos lagunares-pantanosos y por sedimentos generados por la vegetación del manglar, con microrelieve con acumulación de materiales autóctonos y lacustres, sobre arcillas y limos.

La formación del relieve está vinculada con los terrenos que lo colindan, al suroeste colinda con una planicie baja modelada por el arrastre y acumulación de sedimentos de los ríos, al noreste con una planicie de acumulación de sedimentos arenosos, forma parte del sistema de cordones litorales, con elevaciones máximas de 10 m.

En las zonas cercanas al cuerpo de agua se pueden encontrar bosques mixtos de *Rhizophora mangle* y *Avicennia germinans* y bosques monodominantes de *A. germinans* en la parte continental formando bosques de galería. En el noreste de la laguna se pueden observar bosques monoespecíficos de *A. germinans* con individuos de *Laguncularia racemosa* que colindan con un manchón de selva baja inundable (Contreras, 1993).

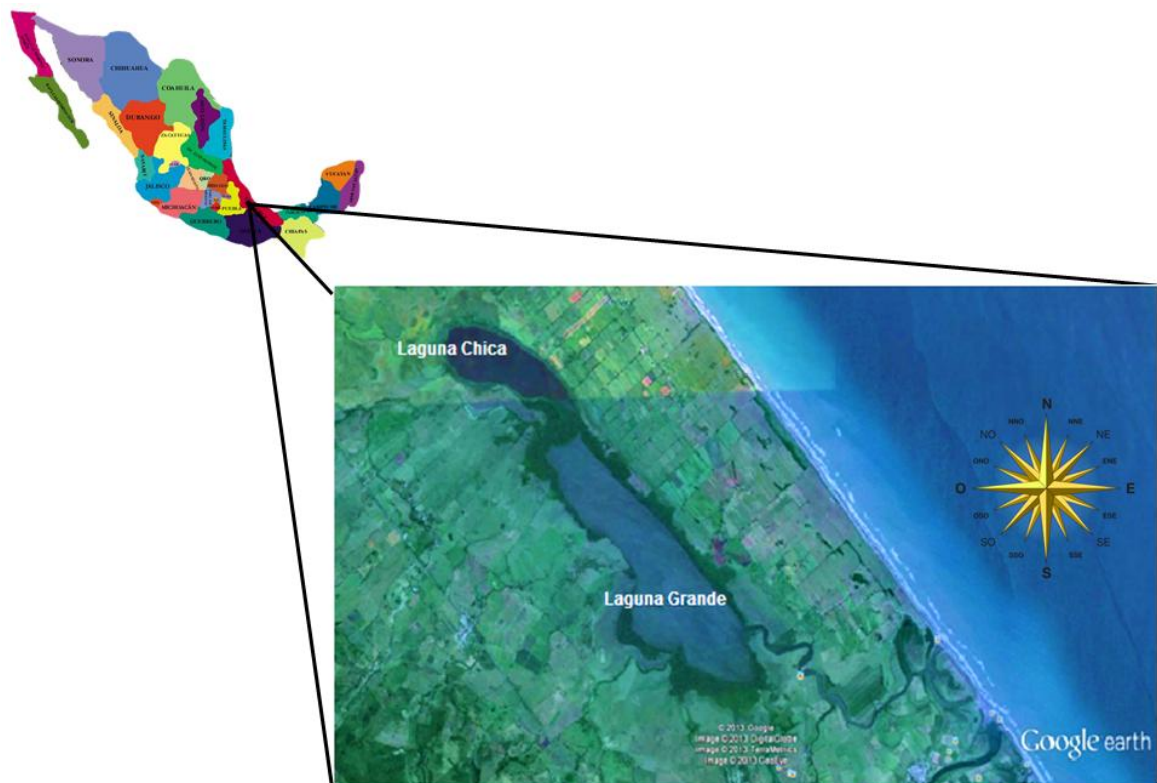


Fig. 5. Laguna Grande-Chica, Municipio Vega de Alatorre, Veracruz, 20°02'56.50''N y 20°06'36.34''N, 96°38'39.59''O y 96° 41'54.52''O (Fotografías satelitales: NASA - Google Earth).
Escala 1cm : 1Km.

Método

Fase de Campo

Las colectas se realizaron mensualmente de Agosto a Octubre del 2013 y Febrero y Marzo del 2014, en la laguna costera Grande, localizada en el municipio de Vega de Alatorre, en el estado de Veracruz. Los puntos de colecta fueron tres, la barra, centro y norte.

En la parte denominada la barra se utilizó como arte de pesca una red tipo chinchorro playero de 50 m de largo, 1.5 m de alto y 1.0 pulgadas de abertura de malla (sin copo central). La captura cubrió una superficie arrastre de 500 m² y se realizó en un tiempo de 20 minutos.

Los puntos de colecta dentro de la laguna son el centro (20°04.712' N y 96°40.647'O) y la parte más norteña de laguna Grande (20°03.916'N y 96°39.874'O), para los cuales se utilizó el arte pesca denominado “redondel”, en el que la abertura de malla es de 2.5 pulgadas, la longitud del trasmallo es de 120 m, con altura de 1.5 m.

El tiempo promedio estimado de la colecta en redondel fue de 30 minutos aproximadamente y abarcó una superficie de 7,854 m². La profundidad promedio de la laguna depende de la temporada del año, siendo de 1.0 m en la temporada de secas y de 1.5 m para la de lluvias. Por lo que siempre fue necesario hacer uso de una lancha con motor fuera de borda para llevar a cabo las colectas y el desplazamiento entre los puntos de colecta dentro de la laguna.

Finalmente durante las colectas nocturnas se utilizaron trasmallos estacionarios de 4 pulgadas de abertura de malla, la longitud de trasmallo fue de 400 m y la altura de 2 m; el tiempo de colecta fue de 12 horas.

Al inicio y final de cada colecta en ambas lagunas se registró la salinidad con un refractómetro American Optical, la temperatura del agua y la concentración de oxígeno disuelto se determinaron con un oxímetro digital marca y modelo YSI-52.

Los especímenes capturados fueron fijados en formalina al 40% para su conservación; después se colocaron en hieleras para su traslado al laboratorio de ictiología de la Facultad de Estudios Superiores Zaragoza. Por último fueron etiquetados con los siguientes datos de campo: temperatura del agua, salinidad, oxígeno disuelto del agua al momento de la captura, estación de colecta, ubicación georeferenciada, fecha, arte de pesca empleada y colector(es).

Fase de Laboratorio

En laboratorio se realizó la separación de los especímenes de gerreidos de acuerdo a su identificación con base a la FAO (2002), Castro-Aguirre, *et al.* (1999) y Froese y Pauly (2012). Consecuentemente los ejemplares fueron pesados y medidos para la conformación de la serie ontológica.

Para la identificación del complejo caudal se efectuó el proceso de diafanización y tinción osteológica (Taylor y Van Dyke, 1985), éste se realizó en varias etapas, la primera fue la conservación de los organismos en alcohol al 40% (24 horas), subsecuentemente se procedió a descamar los ejemplares para luego seguir con la etapa de transparentación, donde se utilizaron soluciones de KOH 4% y H₂O₂ al 1%, en proporciones 3:1 (de 4 a 6 días).

Posteriormente se procedió a deshidratar los mismos con una serie de alcoholes al 50%, 70%, 96% y finalmente 100%, 2 horas en cada una de las concentraciones.

En seguida, para la tinción de cartílago se pusieron los ejemplares en solución de azul de alciano de 6 a 24 horas. A continuación para neutralizarlos fueron colocados en solución saturada de borato de sodio de 6 a 24 horas.

Para la etapa de hidratación se utilizaron una serie de alcoholes al 100%, 96% ,70% y 50%, 2 horas en cada concentración.

Para finalizar se tiñeron los huesos con una solución de alizarina roja y KOH al 1% por 24 horas, para este procedimiento fue necesario monitorear y enjuagar los ejemplares poco tiempo después de haber añadido la alizarina para evitar que los huesos se tiñeran excesivamente.

Los organismos fueron sometidos a glicerina 40%, 70%, 90% y 100% (en esta concentración se añadieron algunos cristales de Timol para evitar la presencia de hongos) durante 24 horas por cada una, para su preservación final.

Fase de Gabinete

Finalmente se obtuvo el esqueleto caudal transparentado y descarnado, se procedió a observar cada espécimen con un estereoscopio, posteriormente se fotografiaron todos los ejemplares con una cámara profesional digital Nikon D40 SLR con los lentes de 18-55mm F/3.5-5.6G y 55-200mm F/4-5.6G, en modo Macro el cual permitió tomar fotografías de partes pequeñas en detalle, a una distancia entre el lente y el esqueleto de 5 centímetros de distancia, montada en un tripié para dar estabilidad, los ejemplares se colocaron sobre un fondo blanco iluminado por lámparas de luz blanca.

Las fotografías fueron recortadas y tratadas en el software Photoshop CS5, para su fácil análisis, mediante la observación y descripción de atributos diferenciales presentes en los huesos de cada especie.

La comparación se realizó entre géneros y especies en base a las fotografías obtenidas y a la información bibliográfica recopilada.

Resultados y Análisis de Resultados

En el sistema estuarino Laguna Grande se encontraron 3 de los 8 géneros de la familia Gerreidae: *Diapterus*, *Eucinostomus*, *Eugerres*.

Así mismo se encontraron 5 especies dentro de éstos géneros: *Diapterus auratus*, *Diapterus rhombeus*, *Eucinostomus melanopterus*, *Eucinostomus gula*, En el lugar de las colectas sólo se encontró una especie para el género *Eugerres* (*Eugerres plumieri*) por lo que se tomaron muestras de la especie *Eugerres axillaris* de la Colección Ictiológica “José Luis Castro Aguirre” de la Facultad de Estudios Superiores Zaragoza para realizar el análisis comparativo de este género (Fig. 6).

Para este estudio en total se analizaron los esqueletos caudales de 155 ejemplares: 33 *Diapterus auratus*, 28 *Diapterus rhombeus*, 24 *Eucinostomus melanopterus*, 22 *Eucinostomus gula*, 31 *Eugerres plumieri* y 17 *Eugerres axillaris*. Los especímenes estudiados miden de 8 cm a los 27cm Longitud patrón (Lp).

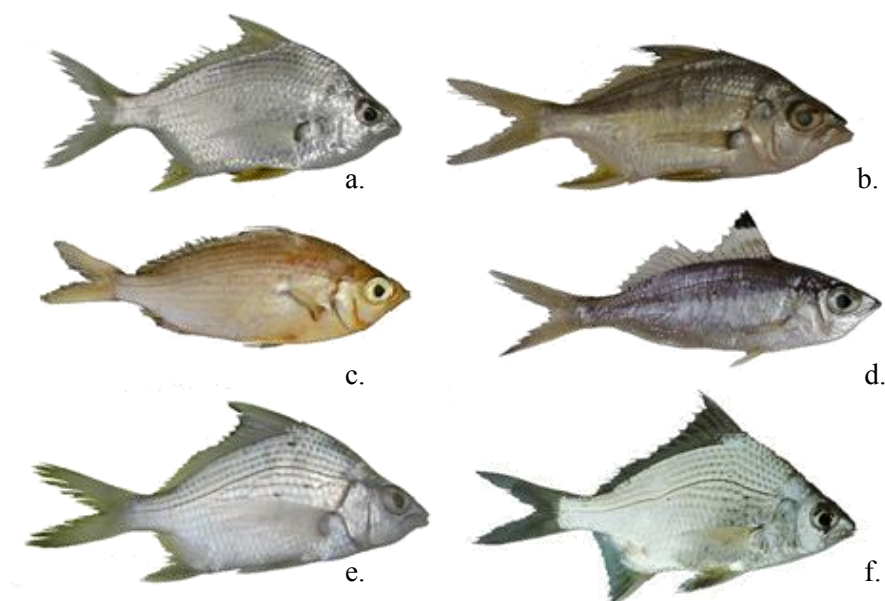


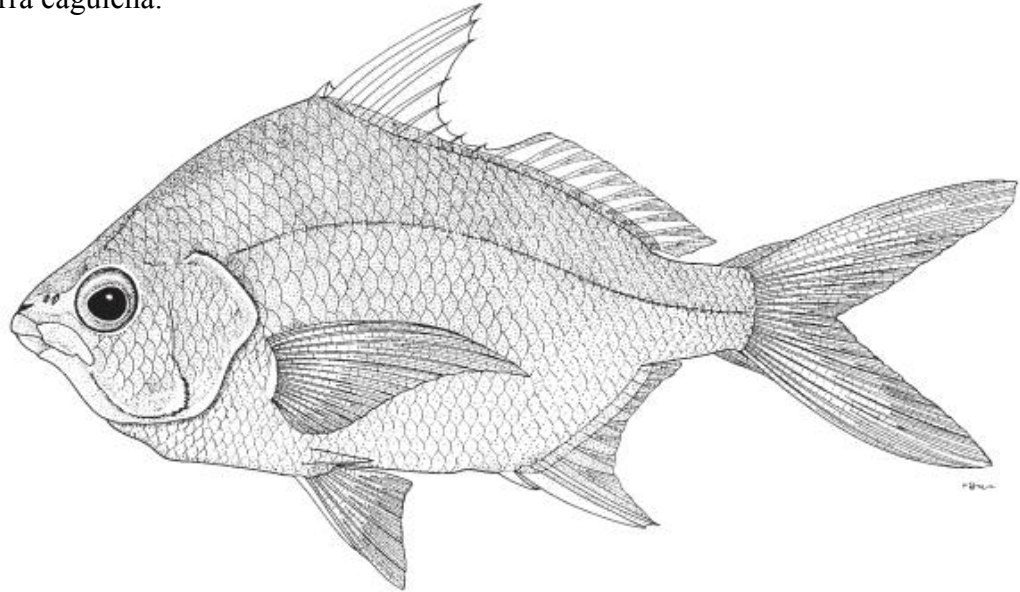
Fig. 6 a. *Diapterus auratus*. b. *Diapterus rhombeus* c. *Eucinostomus melanopterus*. d. *Eucinostomus gula*. e. *Eugerres plumieri* .f. *Eugerres axillaris*. Determinados según FAO (2002), Castro-Aguirre, *et al.* (1999) y Froese y Pauly (2012).

A continuación se muestra la diagnosis de las seis especies encontradas según la FAO (2002):

Diapterus auratus Ranzani, 1842.

Sinonimias frecuentes / identificaciones erróneas: *Gerres olisthostomus* Goode y Bean, 1882/ *Diapterus olisthostomus* (Goode y Bean, 1882); *Diapterus severmanni* Meek y Hildebrand (1925), *Diapterus rhombeus* (Cuvier, 1829), *Gerres cinereus* (Walbaum, 1792).

Nombres de la FAO: **In-** Irish mojarra (AFS: Irishpompano); **Fr-**Blanchecabuche; **Sp -** Mojarra cagüicha.

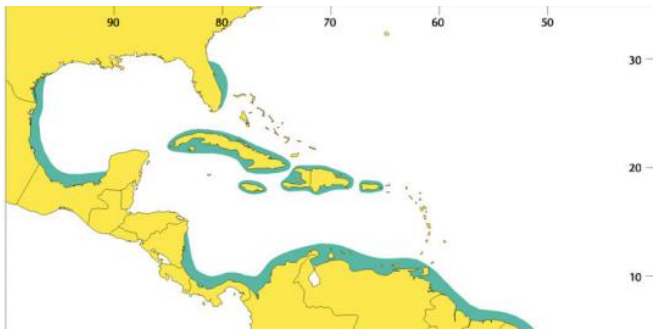


Caracteres Diagnóstico: Cuerpo romboidal, comprimido, moderadamente profundo (de profundidad 1.7 a 2.4 longitud estándar). Boca fuertemente protusible, el maxilar suele llegar más allá del margen anterior de la pupila; borde del preopérculo dentado; hueso preorbital liso; 12 a 15 (por lo general 12 o 13) branquiespinas en el miembro inferior de arco anterior. Aleta dorsal con una profunda muesca, porción espinosa notablemente alta; aleta anal con 3 espinas y 8 radios blandos, especímenes de menos de 50 a 75mm de longitud estándar pueden tener 2 espinas y 9 radios blandos. **Color:** cuerpo plateado, un poco más oscuro por encima, los especímenes de menos de 150mm de longitud estándar a menudo con 3 delgadas barras oscuras verticales en los lados, las aletas pélvica y anal con pigmento amarillo; otras aletas translúcidas u oscuras.

Tamaño: Máximo de unos 34cm; por lo general de 27cm.

Hábitat, biología y pesca: Una de las mojarras más abundantes en los estuarios del este de Florida, que habitan las aguas costeras superficiales, especialmente en las praderas marinas, ensenadas, manglares y lagunas, comúnmente entran al agua dulce. Los individuos jóvenes (hasta 11.6 cm) se alimentan principalmente de material vegetal con algunos nematodos, copépodos y ostrácodos. Su pesca se soporta en toda el área de reproducción que contribuye a los desembarques de 13,600 a 136,000 kg en la pesca de mojarra en Florida. Atrapadas principalmente con atarrayas y redes de cerco de playa, botes, redes de enmalle, trasmallos, redes de arrastre de vara y trampas. Comercializadas principalmente en fresco.

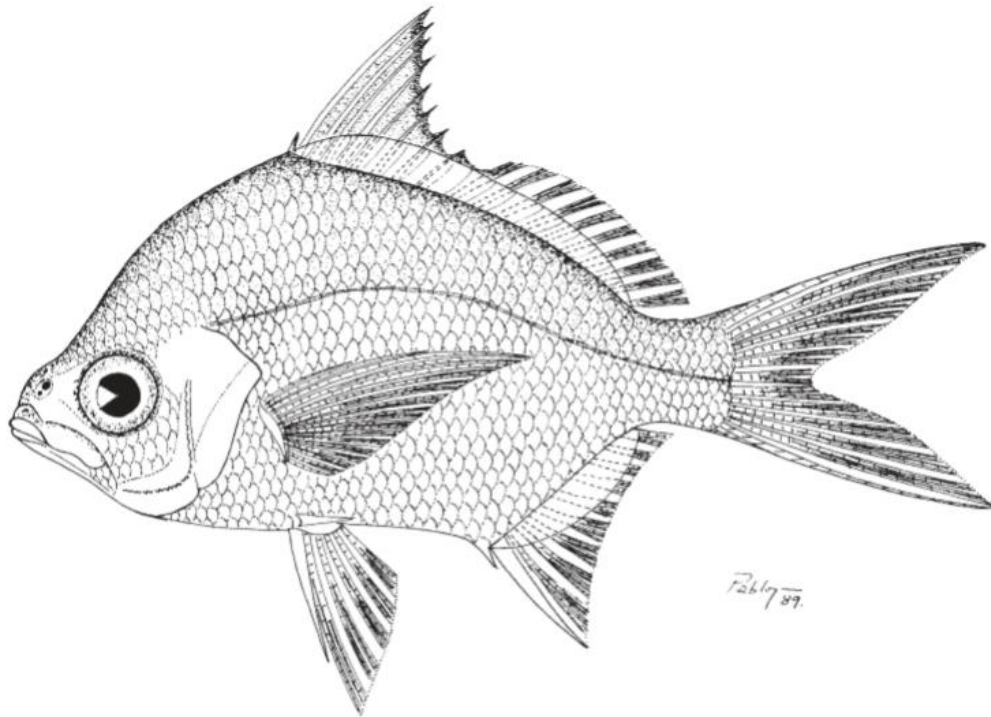
Distribución: Poblaciones reproductoras permanentes desde el sur de la Laguna Indian River, al este de la Florida, Brasil, incluyendo las Antillas Mayores, ausente en el este y el norte del Golfo de México (Sureste de E.U.A), presente a lo largo de México y Centroamérica, costas estadounidenses, presentes desde el norte de Nueva Jersey.



Diapterus rhombeus (Cuvier, 1829)

Sinonimias frecuentes / identificaciones erróneas: *Diapterus limnaeus* (1949) / Juvenil *Diapterus auratus* (Ranzani, 1842).

Nombres de la FAO: **In** – Caitipa mojarra (AFS: Silver mojarra); **Fr** – Blanche gros yaya; **Es** – Mojarra caitipia.

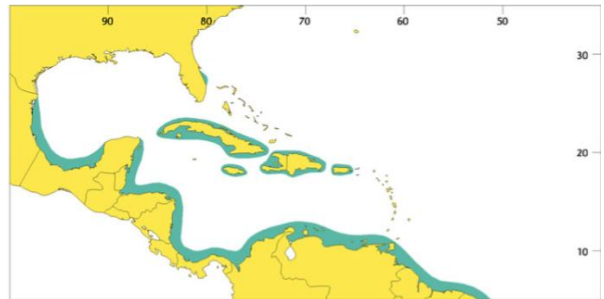


Caracteres diagnósticos: Cuerpo romboidal, comprimido, moderadamente profundo (profundidad de 1,8 a 2,5 en la longitud estándar). Boca fuertemente protusible, el maxilar superior normalmente se extiende más allá del margen anterior de la pupila; borde del preopérculo aserrado; hueso preorbital suave; 16 a 18 (normalmente 17) branquiespinas en la rama inferior del arco branquial anterior. Aleta dorsal profunda, notablemente alta con una porción espinosa; aleta anal con 2 espinas y 9 radios blandos. **Color:** Cuerpo plateado, un poco más oscuro en la parte dorsal, con reflejos azulados. Porción espinosa de la aleta dorsal bordeada de pigmento oscuro, aletas pectorales transparentes, aletas pélvica y anal con coloración amarilla.

Tamaño: Máximo de 40cm; comúnmente 30cm.

Hábitat, biología y pesca: Abundante en lagunas y manglares, especialmente en las Antillas Mayores; también se encuentra en fondos de barro y arena poco profundos en áreas marinas puede entrar en agua dulce. Los peces pequeños se alimentan principalmente de plantas y crustáceos microbentónicos, los organismos más grandes incluyen crustáceos, pelecípodos y gusanos poliquetos, además de plantas. Se pescan principalmente con cercos, redes de enmalle, trasmallos, redes de arrastre de vara, trampas y atarrayas. Comercializados principalmente en fresco, su carne no es muy gustada. Estadísticas pesqueras no son reportadas para esta especie.

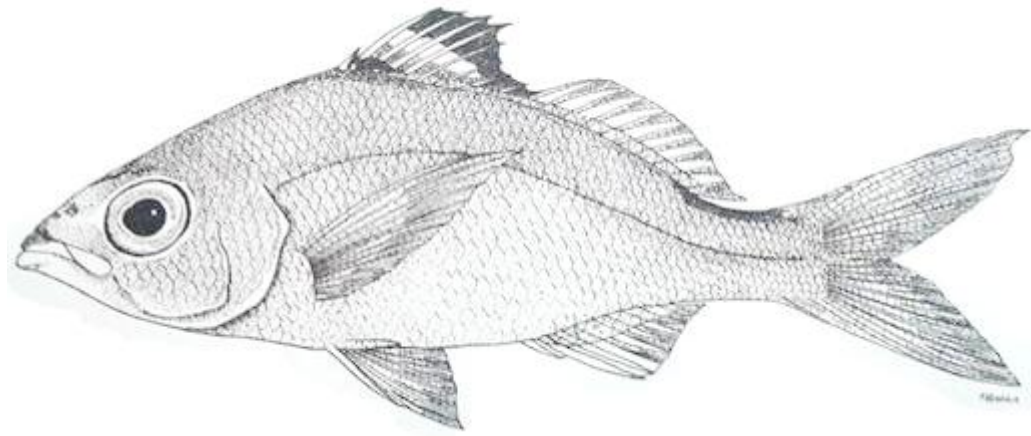
Distribución: Antillas Mayores, Laguna Madre, México desde el sur y a lo largo de las costas de América Central; Al norte de América del Sur de Bahía, Brasil, hasta el norte de Laguna Indian River.



Eucinostomus melanopterus (Bleeker, 1863).

Sinonimias Frecuentes / identificaciones erróneas: Ninguna / Ninguna.

Nombres de la FAO: **En** - Flagfin mojarra; **Fr** – Blanche drapeau; **Sp** – Mojarrita de ley.



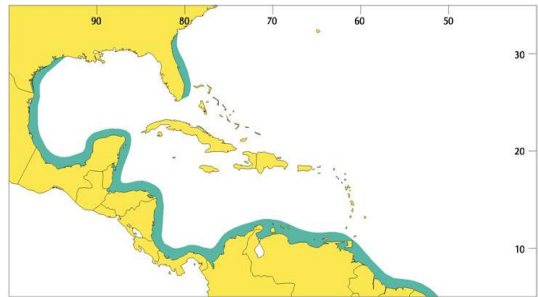
Caracteres Diagnostico: Cuerpo fusiforme y comprimido, moderadamente profundo (profundidad de 28.6 a 38.5 en longitud estándar). Boca notablemente protusible. El maxilar generalmente no alcanza el margen anterior de la pupila. Borde del preopérculo liso; hueso del preorbital liso; nueve branquiespinas (incluyendo una en el ángulo pero excluyendo rudimentos en el extremo anterior) sobre la rama inferior del primer arco branquial. Premaxilar acanalado (sin escamas en su región media de la parte superior de la nariz). Aleta anal con tres espinas, la segunda fuerte pero no más larga que la tercera. **Color:** El color del cuerpo es plateado, dorso oscuro, sin distintivas marcas oscuras sobre el cuerpo; aletas pálidas o ligeramente oscuras; porción espinosa de la dorsal con una notable pigmentación oscura sobre un área blanca.

Tamaño: Máximo de 19 cm; comúnmente de 15 cm.

Hábitat, Biología y pesca: Esta especie habita en aguas polihalinas, aguas costeras poco profundas las entradas de mar sobre la arena libre, sobre fondos de fango y manglares, con y sin vegetación. Se alimenta principalmente de invertebrados del bentos. Capturados principalmente con redes de cerco de playa y barcos, redes de enmalle y trasmallos; también con atarrayas. Comercializadas en fresco en muchas localidades, aunque su carne

no es muy consumida; también se utiliza para hacer harina de pescado (Cuba). No hay estadísticas que reporten a esta especie.

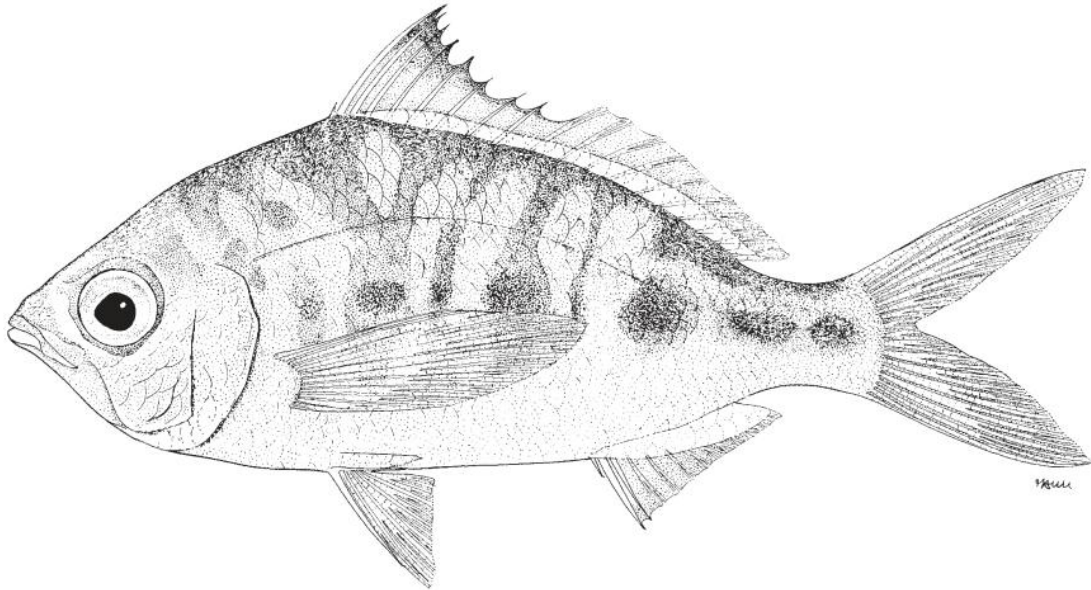
Distribución: Especie rara al norte de Cabo Hatteras, registrados en Nueva Jersey, más abundantes en el Este de Florida, alcanzan las Antillas a Río de Janeiro, Brasil. Está ausente de la punta de la Florida y el este del Golfo de México y hasta el río Mississippi, pero está presente en el oeste del Golfo de México desde Louisiana hacia el sur por la costa de México, América Central y el norte de América del Sur. En gran medida ausente de lugares insulares como Bermudas, de Bahamas y las Antillas. También presentes en el Océano Atlántico oriental de Senegal a Angola.



Eucinostomus gula (Quoy y Gaimard, 1824).

Sinonimias frecuentes / Identificaciones erróneas: *Gerres gula* (Quoy y Gaimard, 1824)
/ Ninguna.

Nombres de la FAO: **En** - Jenny mojarra (AFS: Silver jenny); **Fr**- Blanche espagnole; **Sp**
- Mojarrita española.

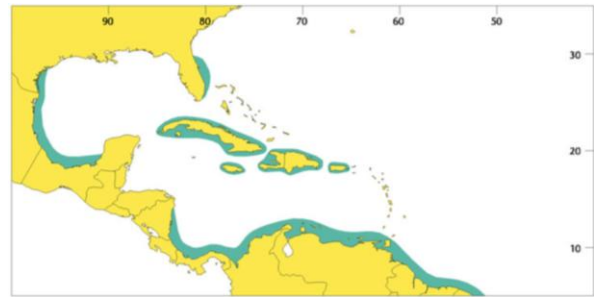


Caracteres Diagnostico: Cuerpo romboidal, comprimido, moderadamente profundo (profundidad 1.7 a 2.4 en la longitud estándar) boca fuertemente protusible, el maxilar, por lo general llega al margen posterior de la pupila; borde del preopérculo aserrado; hueso preorbital liso; 12 a 15 (por lo general 12 o 13) branquiespinas en el miembro inferior de arco anterior. Aleta dorsal con muescas profundas y alta porción espinosa; Aleta anal con 3 espinas y 8 radios blandos, los especímenes de menos de 50 a 75mm de longitud estándar puede tener 2 espinas y 9 radios blandos. **Color:** cuerpo plateado, más oscuro por encima, las muestras de menos de 150mm de longitud estándar a menudo con 3 finas barras verticales oscuras en los costados; aletas pélvicas y anal con pigmento amarillo, otras aletas translúcidas u oscuras.

Tamaño: Máximo de unos 34cm; común a 27cm.

Hábitat, biología y pesca: Una de las más abundantes mojarra en los estuarios del este de Florida. Viven en aguas costeras poco profundas, sobre todo en las praderas marinas, ensenadas, manglares y lagunas, comúnmente entran en agua dulce o salobre. Los individuos jóvenes (de hasta 11.6cm) se alimentan principalmente de material vegetal y algunos nematodos, copépodos y ostrácodos. Soporta la pesca en toda su área de reproducción que contribuye a los desembarques de 13 600 a 136 000kg en la pesca de mojarra en Florida. Atrapados principalmente con atarrayas y barco, redes de enmalle, trasmallos, redes de arrastre de vara, y trampas.

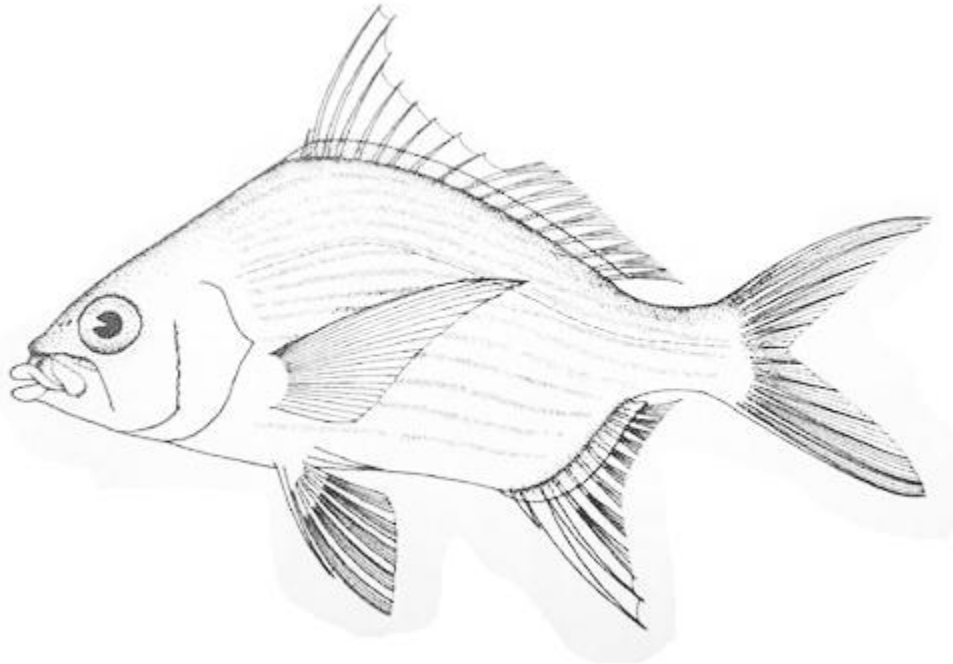
Distribución: Poblaciones reproductoras permanentes en el sur de la Laguna Indian River, al este de Florida a Bahía, Brasil, incluyendo las Antillas Mayores, en gran parte ausente del este y el norte del Golfo de México, presente a lo largo de las costas de México y Centroamérica, presente desde el norte hasta Nueva Jersey.



Eugerres plumieri (Cuvier, 1830)

Sinonimias frecuentes / Identificaciones erróneas: *Diapterus plumieri* (Cuvier, 1830); *Eugerres awlæ* Schultz, 1949/Ninguno.

Nombres de la FAO: *In* – Striped mojarra; *Fr* – Blanche raye; *Sp* – Mojarra rayada.



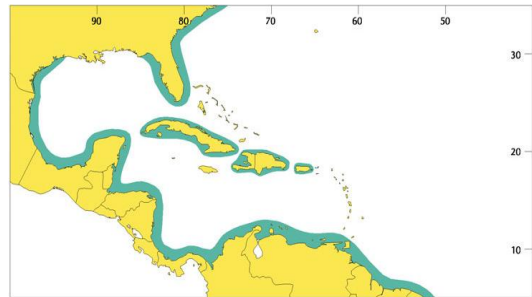
Caracteres diagnóstico: Cuerpo romboidal, comprimido, profundidad moderada (1.9 a 2.3 en longitud estándar). Boca fuertemente protusible, la maxilar superior por lo general se extiende hasta o más allá del margen anterior de la pupila; Borde del preopérculo aserrado; Hueso preorbital aserrado; de 13 a 17 branquiespinas (usualmente 15) en la rama inferior del primer arco braquial. Poros de la línea lateral de escamas de 32 a 38 (usualmente 34 a 36). Aleta dorsal notablemente alta y con una porción espinosa; aletas pectorales levemente encorvadas y muy largas, alcanzando más allá de origen de la aleta anal cuando se juntan; aleta anal con 3 espinas dorsales y generalmente ocho radios suaves; segunda espina de la aleta anal muy fuerte. **Color:** Cuerpo plateado, matices de color azul verdoso en el dorso, visible rayas longitudinales de color marrón oscuro a negro.

Tamaño: Máximo de 40 cm; comúnmente de 30 cm.

Hábitat, biología y pesca: Es una mojarra eurihalina, que habita las aguas costeras poco profundas, con mayor frecuencia sobre fondos de fango y manglares en los arroyos y

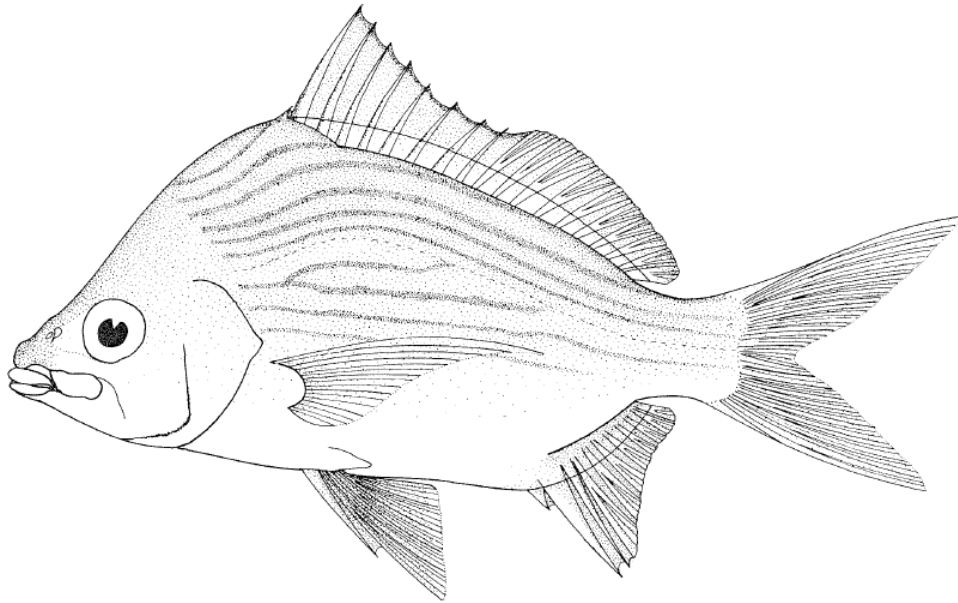
lagunas con capacidad de incursión en ambientes dulceacuícolas. Se alimenta de una variedad de invertebrados pero más de ostrácodos anfípodos, copépodos, pelecípodos, poliquetos, nematodos y material vegetal. En México madura en la temporada de secas, llegando a medir una longitud total de 20.5 cm. Se pesca principalmente con atarrayas, cerco de redes en barcos, redes de enmalle, trasmallos, arrastre de vara y trampas. La pesca que sustenta es de 13,600 a 136,000 kg en Florida. Comercializada principalmente en fresco, también convertido en harina de pescado (Cuba).

Distribución: Aparece en Carolina del Sur, más abundante desde el sur de Florida oriental a Bahía, Brasil, incluyendo el oriente y el occidente del Golfo de México desde Laguna Pueblo Viejo, México y a lo largo de la costa de América Central y el norte de América del Sur. Ausente en Bermudas, las Bahamas e Indias Occidentales.



Eugerres axillaris (Günter, 1864)

Nombres vernáculos: **FAO:** **Es** – Mojarra malacapa; **Fr** – Blanche malacapa; **In** – Black axillary mojarra.

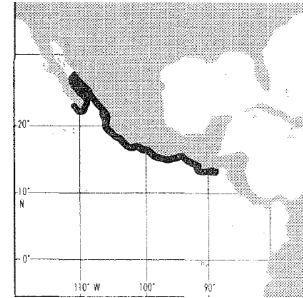


Caracteres diagnósticos: Cuerpo romboidal y alto (altura comprendida de 1.9 a 2.1 veces en la longitud estándar); perfil predorsal muy empinado y casi recto. Boca fuertemente protráctil; extremo posterior del maxilar situado por debajo del borde anterior de la pupila; borde del preopérculo finamente aserrado (en adultos); 14 o 15 branquiespinas en la rama inferior del primer arco branquial. Segunda espina anal muy fuerte, levemente más corta que la segunda espina dorsal; aletas pectorales falciformes y muy largas, extendiéndose más allá de la aleta anal, su longitud mayor que aquella de la cabeza. Color: plateado, dorso más oscuro; franjas longitudinales café oscuras bien visibles en las regiones superior y media de los flancos, siguiendo las hileras de escamas. Aletas verticales oscuras; porción espinosa de la aleta dorsal de borde negro; axilas de las pectorales oscuras.

Tamaño: Máximo de 19 cm longitud estándar.

Hábitat y biología: Vive en aguas costeras y lagunas. Se alimenta de pequeños invertebrados del fondo, algas y menos frecuentemente, de peces.

Pesca y utilización: No se dispone de información.



Orientación espacial del complejo caudal

El esqueleto de la cauda corresponde a ejemplares de talla adulta (± 27 cm Lp), pues en esta etapa el esqueleto está completamente desarrollado.

Se describieron y analizaron 6 estructuras del complejo caudal (epurales, parahipural, espina hemal, arco neural, hipurales y uroneurales) que además se compararon a nivel genérico y específico.

Se tomó al urostilo como el centro de este complejo, las partes más lejanas de éste se denominan distales y las cercanas proximales. La disposición anterior se refiere a la orientación hacia la cabeza del organismo y posterior hacia los radios (Fig. 7)

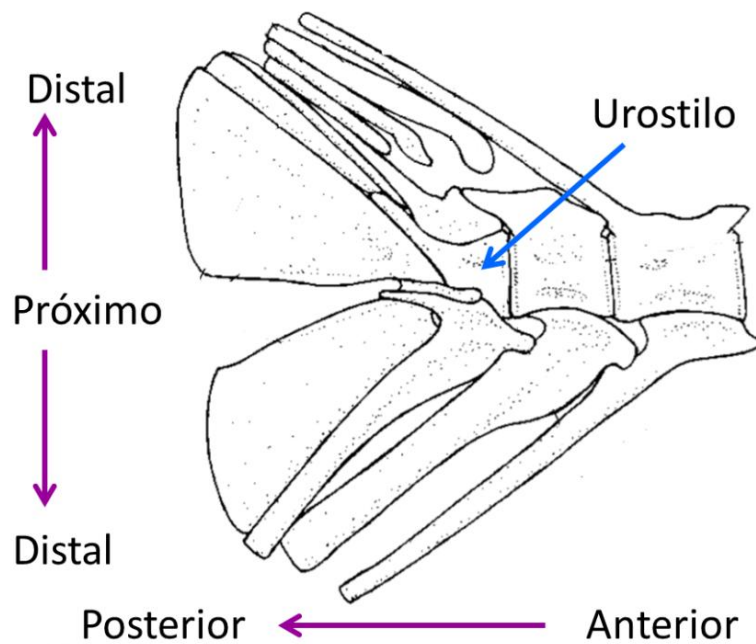


Fig. 7. Orientación espacial del complejo caudal.

Análisis Ontológico

El presente apartado del trabajo analiza las diferencias de las 6 estructuras que presentan mayores diferencias intergénéricas e interespecíficas. (epurales, arco neural, parahipural, espina hemal 2, hipurales y uroneurales) a lo largo del crecimiento de los organismos (de 8 a 27 cm Lp) y determina si las estructuras son discriminatorias, por lo que a continuación se muestra la serie del desarrollo de las especies estudiadas, resumida en tres momentos: juvenil, intermedio y adulto.

Diapterus auratus.

En estas etapas del desarrollo de *D. auratus* el complejo caudal mantiene su forma general y sufre pequeñas modificaciones.

Epurales: Se osifican progresivamente y aumentan su volumen, esto es evidente pues los espacios y distancia que existen entre ellos se reducen, el epural 1 aumenta ligeramente la curvatura de su base y el resto de la estructura se ensancha, el epural 2 sufre una pequeña flexión en la base. El epural 3 mantiene su forma, el margen de la base sigue siendo romo, sin embargo aumenta su volumen.

Arco neural: En el estado juvenil (Fig. 8a) esta estructura aun no está completamente desarrollada, el dorso del arco se aprecia cóncavo y la segunda elevación tiene terminación aguda, durante la etapa intermedia entre el juvenil y adulto se aprecia que el dorso va perdiendo su carácter cóncavo y la segunda elevación en esta etapa se vuelve roma (Fig. 8b). Por último en el estado adulto (Fig. 8c) el dorso es mínimamente curvado y obtiene su forma final.

Hipurales: Los únicos cambios registrados en los hipurales consisten en la desaparición del foramen entre los hipurales 3 y 4, (Fig. 9a y 9b). Los forámenes de los hipurales 1 y 2 aun se notan en el estado intermedio pero desaparecen en el estado adulto (Fig. 9c).

En las estructuras restantes (hipural 5, uroneural 1 y 2, Parahipural y Espina hemal 2) no se distinguen cambios significativos.

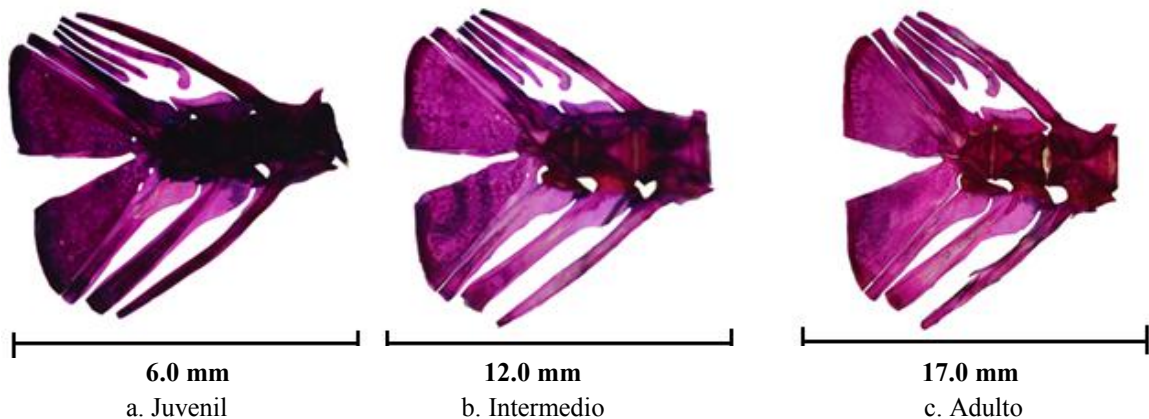


Fig. 8. Serie ontogénica de *Diapterus auratus*.

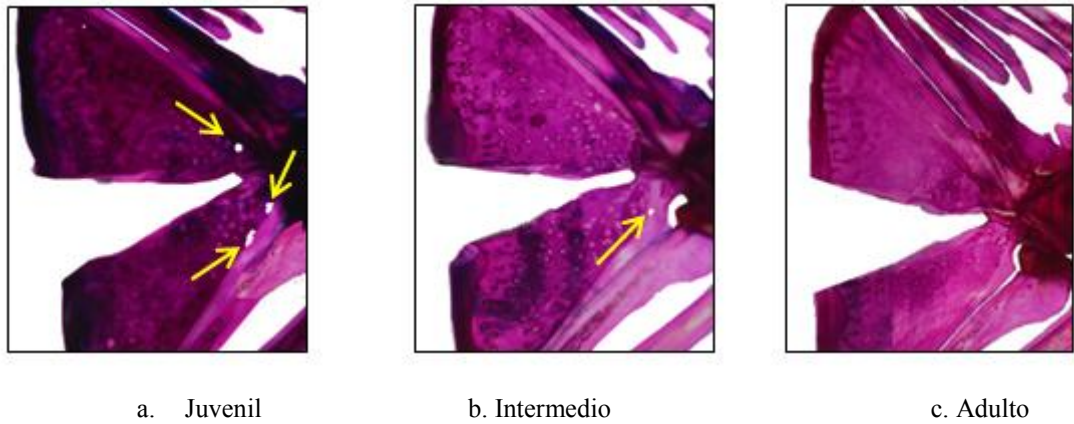


Fig. 11.- Foramen en placas hipurales de *Diapterus auratus*.

Diapterus rhombeus

Epurales: Los epurales en esta especie pueden variar en cuanto a su posición; el espacio entre estas estructuras disminuye de juvenil a adulto pues su área aumenta levemente conforme el organismo crece, sin embargo mantienen su forma general en las tres etapas (Fig. 10).

El epural 1 en la etapa juvenil tiene pequeñas curvaturas en su margen, mientras el espécimen va creciendo ésta estructura se curva ligeramente y su base se ensancha, sin embargo en las tres etapas el extremo de ésta tiene carácter afilado.

El epural 2 puede variar en cuanto a posición, sin embargo al completarse el crecimiento se torna con una curvatura ascendente en sentido próximo-distal.

En cuanto al epural 3, disminuye su curvatura al desarrollarse, la peculiar base de esta especie tiene las mismas características durante todo el proceso de ontogenia.

Arco neural: En la serie la forma usual de esta estructura se mantiene, sin embargo en los ejemplares juveniles e intermedios las elevaciones se encuentran aproximadamente a la misma altura, en los juveniles el dorso cóncavo es más profundo, mientras los peces crecen este espacio se va haciendo menor, en el estado adulto la primera elevación es más alta que la segunda.

Hipurales: La diferencia más notable dentro de los hipurales es el foramen ubicado en la placa ventral, el cual solo está presente en el estado juvenil e intermedio (Fig. 11a y 11b).

Uroneurales: Los uroneurales se encuentran notoriamente fusionados en todas las etapas de vida; las elevaciones que presenta esta estructura en la parte basal en todos los estadios son similares.

Parahipural y Espina hemal 2: Estas dos estructuras se mantienen constantes respecto a su forma a lo largo del crecimiento, la única diferencia es el área que abarcan.

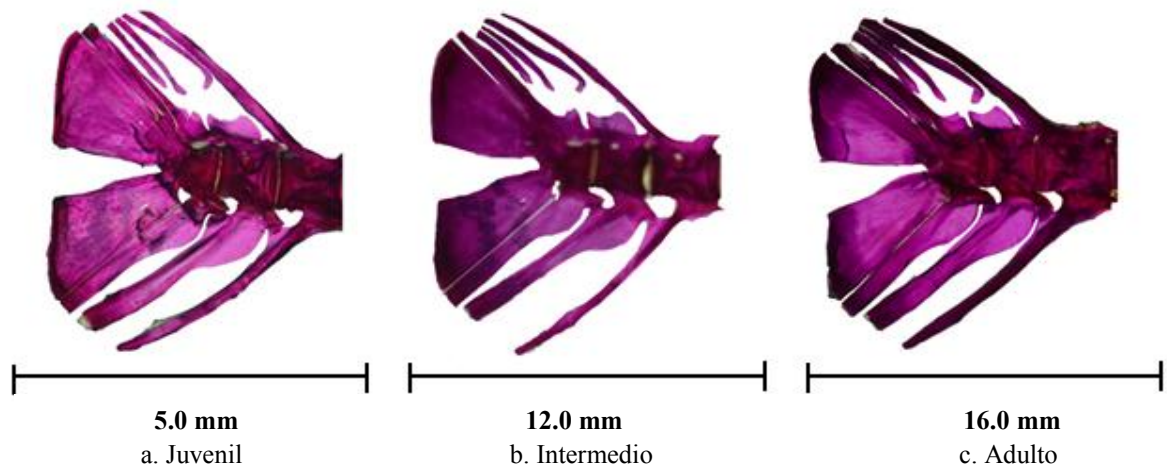


Fig. 10. Serie ontogénica de *Diapterus rhombeus*.

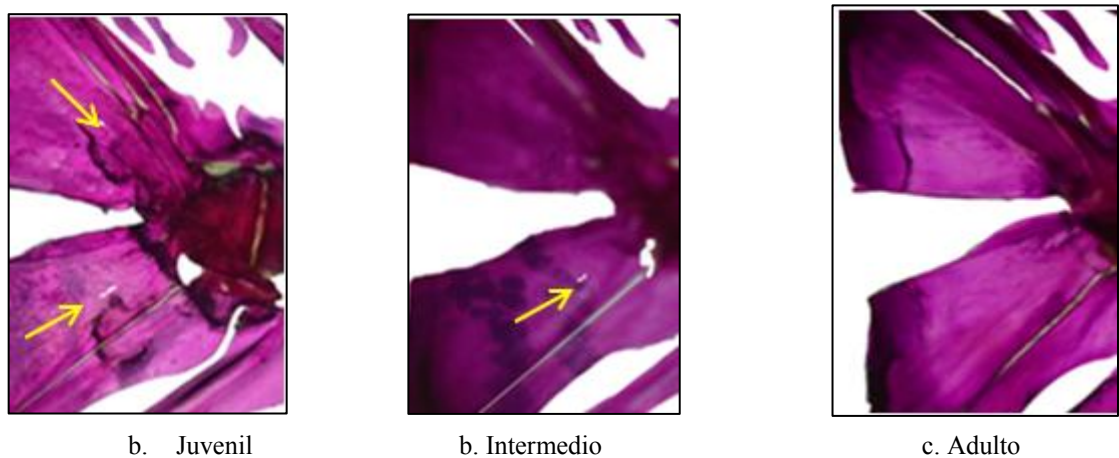


Fig. 11.- Foramen en placas hipurales de *Diapterus rhombeus*.

Eucinostomus melanopterus

Epurales: Los epurales de esta especie, al igual que el del resto de los huesos, van aumentando de volumen mientras el organismo se desarrolla, el espacio entre éstos puede disminuir o no dependiendo del organismo, sin embargo la forma general se mantiene en las tres etapas descritas.

Arco neural: En la etapa juvenil e intermedia la proyección anterobasal es menos pronunciada que en el adulto, además en la última etapa la proyección obtiene una forma totalmente curvada. La segunda elevación en el espécimen adulto aumenta mínimamente su altura, la base del arco se nota en cada etapa más osificada (Fig. 12).

Hipurales: Los hipurales mantienen una forma constante; además, en la etapa juvenil se reconocen forámenes entre la fusión de los hipurales I-II y III-IV (Fig. 13a); en la etapa intermedia sólo se mantiene el foramen ubicado en la base (Fig. 13b), mientras que en la adulta desaparecen por completo (Fig. 13c).

Uroneurales: Los uroneurales aumentan de volumen, en el estado juvenil sus márgenes son lisos, en la siguiente etapa aparece un reborde en la base que se mantiene hasta el estado adulto, sin embargo este carácter no totalmente informativo para discriminar entre especies.

Parahipural y Espina hemal 2: Ambas estructuras tienen una forma constante en las tres etapas, sólo aumentan su tamaño.

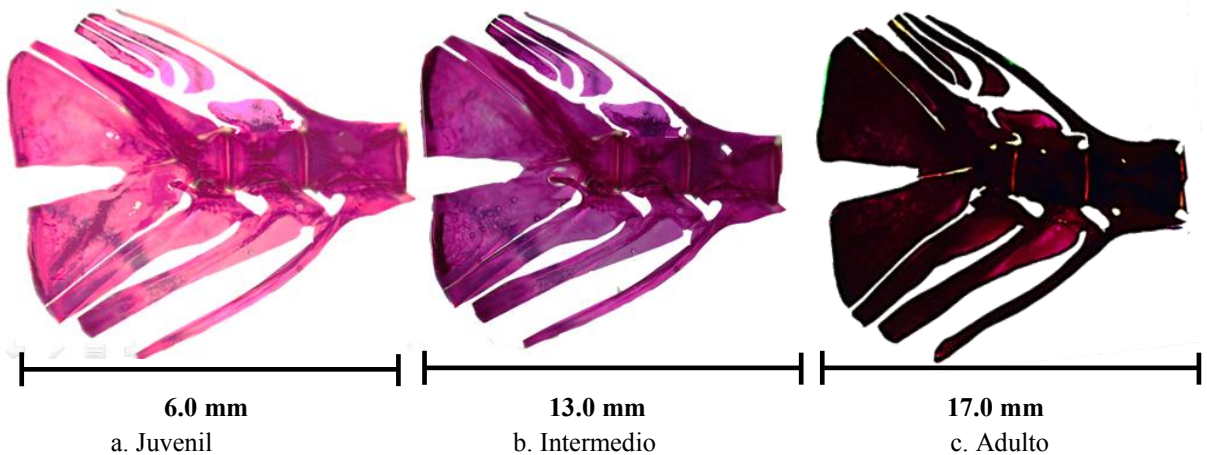


Fig. 12. Serie Ontogénica de *Eucinostomus melanopterus*.

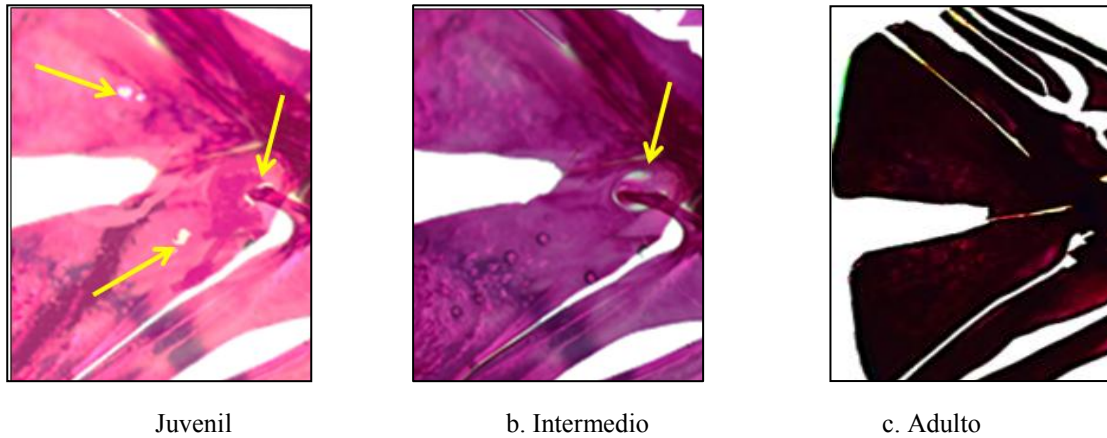


Fig. 13. Foramen en placas hipurales de *Eucinostomus melanopterus*.

Eucinostomus gula

Epurales: Al igual que en los otros especímenes la forma de los epurales sigue el mismo patrón en todas las etapas; el epural 3 es triangular en la base y tiene un margen sinuado. El epural 2 es alargado y posee una curvatura en la parte basal, este además va engrosándose progresivamente hasta llegar a la etapa adulta (Fig. 14).

El epural 1 es corto y redondeado en la base, además es marcadamente más delgado en la etapa juvenil (Fig. 14a) que en la intermedia y la adulta (Fig. 14b y 14c). Por otro lado el grado de separación entre los epurales es similar en las 3 etapas.

Arco neural: El arco neural va osificándose cada vez más conforme transcurren los estadios. El margen del eje mayor de esta estructura es más irregular en la etapa adulta (Fig. 14c) que en las otras dos etapas; además la parte puntiaguda que sobresale de la cresta es más afilada en los estadios juvenil e intermedio que en el adulto; sin embargo en esta última etapa esta proyección presenta mayor contacto con el uroneural 1 que las otras dos.

Hipurales: La forma de las placas hipúricas es similar en los tres estadios, al igual que la forma redondeada y la poca profundidad de la escotadura caudal.

Una diferencia notable es el engrosamiento que presentan las placas hipurales en el margen de la parte distal, pues es mucho más evidente encontrar esta característica en la etapa adulta (Fig. 14c) que en la juvenil y la intermedia (Fig. 14a y 14b).

Un rasgo notorio pero no determinante es la presencia de orificios en las placas hipurales, pues estos se encuentran exclusivamente en las etapas juvenil e intermedia (Fig. 15).

Uroneurales: Son alargados y están visiblemente fusionados en todas las etapas, pero una característica diferencial es la forma de la parte lateral que está en contacto con el epural 1 y el arco neural, ya que es recta en el estadio juvenil (Fig. 14a) y va haciéndose curva en la etapa intermedia y adulta (Fig. 14b y 14c).

Parahipural y Espina hemal 2: Estas estructuras siguen un mismo patrón con respecto a la forma en todas las etapas, sólo se hacen más anchas conforme transcurren los estadios.

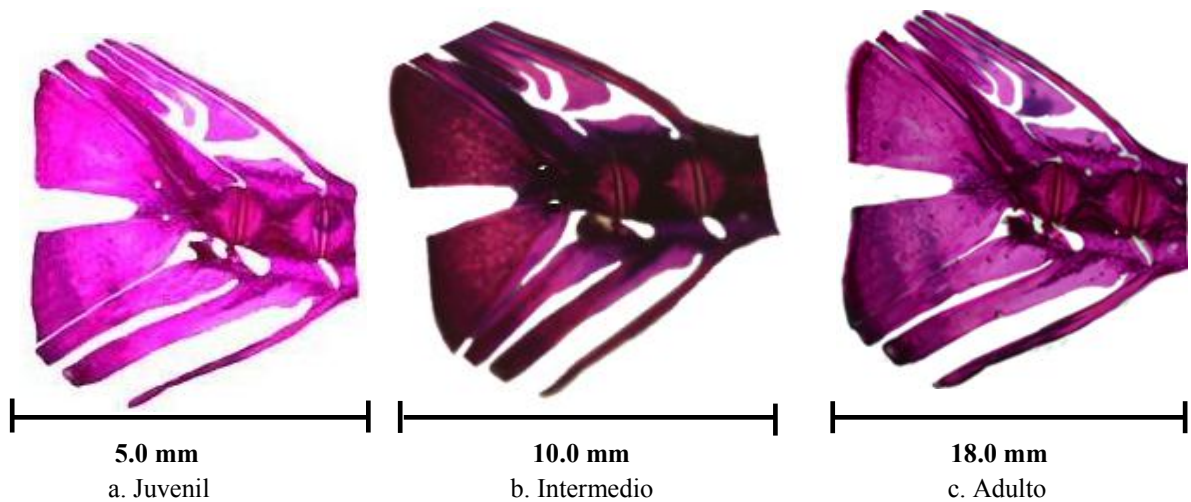


Fig. 14. Serie Ontogénica de *Eucinostomus gula*.

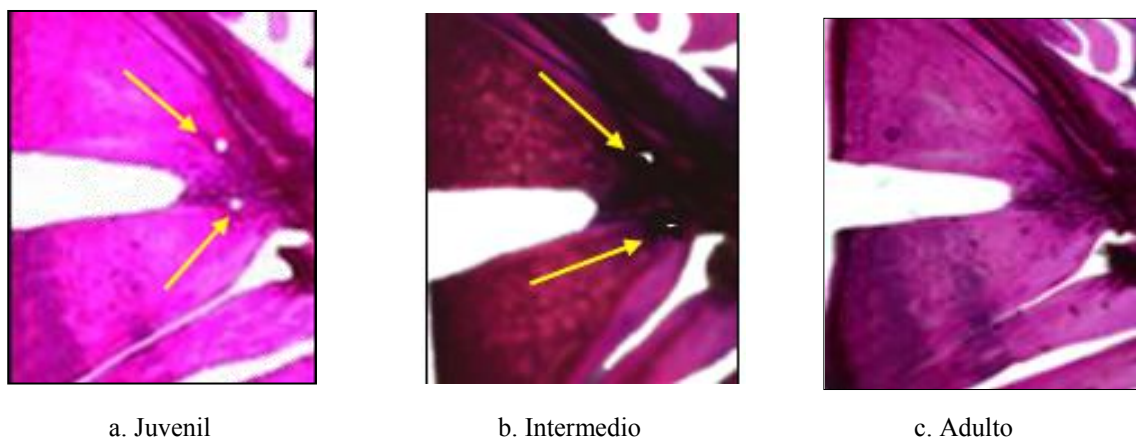


Fig. 15. Foramen en placas hipurales de *Eucinostomus gula*.

Eugerres plumieri

Epurales: Los epurales en *E. plumieri* son delgados, alargados y poseen una base ovalada en todos los estadios. En la etapa juvenil estos huesos están notablemente separados entre sí en comparación con las otras dos etapas donde se encuentran muy próximos (Fig. 16).

En la etapa juvenil e intermedia (Fig. 16a y 16b) el epural 3 está en contacto con la espina neural, mientras que en la etapa adulta (Fig. 16c) se encuentra completamente alejado de ésta.

Arco neural: El arco neural presenta una flexión en su parte distal en todos los estadios, sin embargo esta se hace más notoria conforme el ejemplar va haciéndose adulto. Por su parte la proyección terminal de este hueso va alargándose y haciéndose cada vez más fusiforme conforme transcurren las distintas etapas. Además la parte laminar de esta estructura es mucho más delgada en la etapa juvenil (Fig. 16a) que en las otras dos etapas.

Hipurales: Las placas hipurales son anchas y con un diastema caudal profundo en los tres estadios, pero se observa que en la etapa juvenil (Fig. 16a) tanto la placa dorsal como la ventral son muy delgadas; en las etapas intermedia y adulta (Fig. 16b y 16c) éstas adquieren una mayor osificación.

Además en la etapa juvenil (Fig. 16a) son casi imperceptibles las separaciones entre la placa dorsal y el hipural V y entre la placa ventral y el parahipural; en las otras etapas (Fig. 16b y 16c) se ven claramente estas separaciones.

Uroneural: Los uroneurales tienen muchas similitudes con respecto a su forma en los especímenes estudiados, sin embargo presentan pequeños montículos en el borde exterior que, aunque se encuentran en menos cantidad en la etapa juvenil son más grandes que en las otras dos etapas en donde se perciben más abundantes y pequeños.

Parahipural y Espina hemal 2: El parahipural en todas la etapas es más ancho en la parte basal que en la parte distal y presenta una curvatura considerable en la parte lateral que está en contacto con la espina hemal.

La espina hemal 2 presenta una protuberancia en la base, mientras que el resto del hueso es alargado en todos ejemplares. Al igual que en otras estructuras existe una mayor osificación en este hueso en la etapa adulta que en las otras dos.

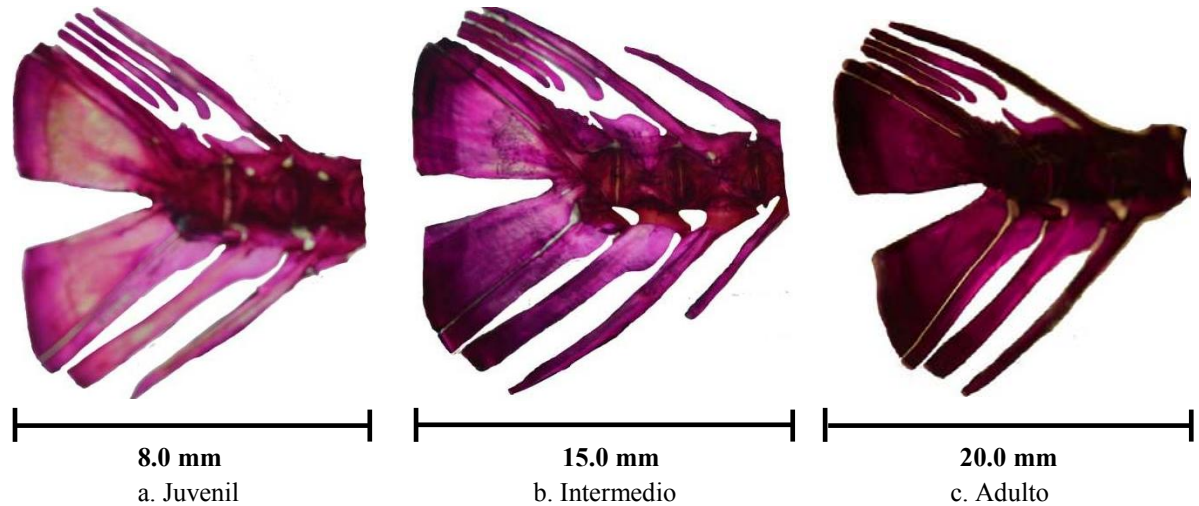


Fig. 16. Serie Ontogénica de *Eugerres plumieri*.

Eugerres axiliaris

Epurales: Estas estructuras mantienen un patrón respecto a su forma, El epural 1 en todas las etapas es curvo y más corto que los otros dos epurales, no obstante va separándose gradualmente de los uroneurales conforme llega a la etapa adulta (Fig. 17).

El epural 2 es alargado y aguzado en su parte basal, pero se aprecia que en la etapa juvenil existe un grado mínimo de separación entre el epural 2 y el 1, sin en cambio en los otros dos estadios estos huesos están visiblemente separados.

El epural 3, pues en todos los casos además de ser alargado, presenta una protuberancia en la base; sin embargo se puede notar una ligera curvatura en la parte más próxima a la base sólo en la última etapa.

Arco neural: En la etapa juvenil (Fig. 17a) este hueso en su parte distal es ligeramente recto, mientras que en las etapas intermedia y adulta se hace curvo; esta estructura además tiene una proyección que es visiblemente más aguda en los ejemplares intermedios y adultos (Fig. 17b y 17c).

Hipurales: Los hipurales son muy parecidos en lo que corresponde a la forma de las placas y de la escotadura en los tres estadios, pero se observa una abertura o foramen más evidente entre la placa hipúrica dorsal y el parahipural en las etapas intermedia y adulta (Fig. 17b y 17c) a diferencia de la juvenil (Fig. 17a) donde es casi imperceptible.

Uroneurales: Los uroneurales son alargados y agudos en su parte distal, además se encuentran claramente fusionados en todas las etapas de vida; la diferencia más relevante son las elevaciones que presenta esta estructura en la parte lateral, pues en la etapa juvenil (Fig. 17a) sólo hay una ligera proyección del hueso, mientras que en las etapas intermedia y adulta (Fig. 17b y 17c) aparecen dos elevaciones; sin embargo cabe resaltar que en la última etapa estas son visiblemente más agudas.

Parahipural y Espina hemal 2: El parahipural y la espina hemal 2 mantienen una forma constante en todos los estadios, la diferencia más notable en estas estructuras es el grado de osificación, ya que va aumentando progresivamente a lo largo de las diferentes etapas.

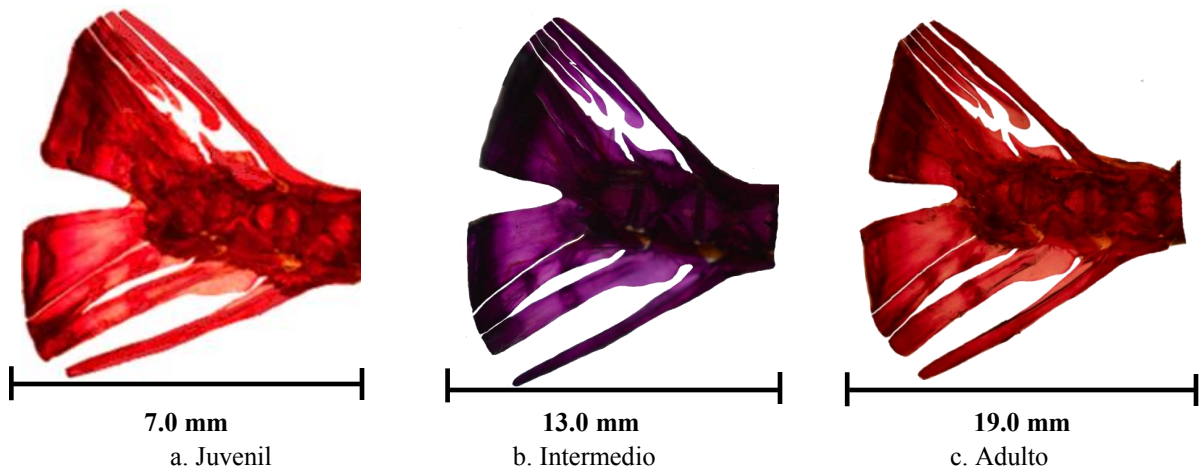


Fig. 17. Serie Ontogénica de *Eugerres axillaris*.

Descripción Estructural

Epurales

Los epurales son un conjunto de tres estructuras óseas, se caracterizan por ser paralelas entre sí y por presentar forma alargada, con márgenes semirectos en la mitad superior. El primer epural es el más corto de los tres, generalmente es redondeado en su parte basal, mientras que el segundo y tercero se curvan en la base, lo que es más evidente en el último (Rubio, 2011) (Fig. 18).

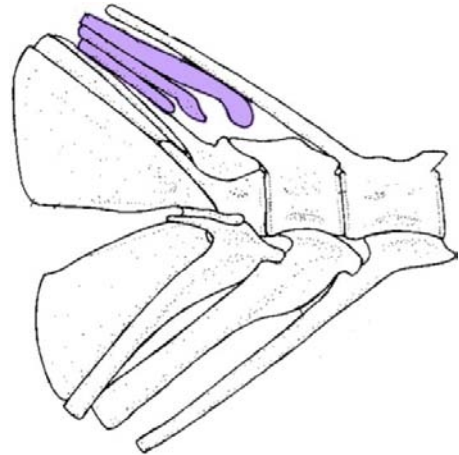


Fig. 18. Localización de epurales

Se localizan en la porción dorsal de la aleta caudal. El epural 1 está próximo al primer uroneural, mientras que el epural 3 se posiciona bajo la espina neural 3 y sobre el arco neural. La parte distal de estos huesos brinda soporte a algunos de los radio caudales.

Comparación Genérica

En todos los géneros han sido reconocidas disimilitudes evidentes en el complejo caudal. Así, en cuanto a los epurales se encontró que el primero siempre es más corto que los demás, generalmente el ancho es constante y el margen semirecto, con base generalmente redondeada y extremo distal recto (Fig. 19).

El segundo epural, en especies del género *Diapterus* presenta la base en forma circular; mientras que en el género *Eucinostomus* la base es recta y paralela al arco neural, en el caso de *Eugerres* la base es roma o circular.

En *Diapterus* el tercer epural presenta una marcada curvatura en su base; en cuanto a *Eucinostomus* la base se encuentra engrosada, formando un triángulo, y en *Eugerres* dicha estructura presenta una curvatura menos marcada que en los géneros anteriores.

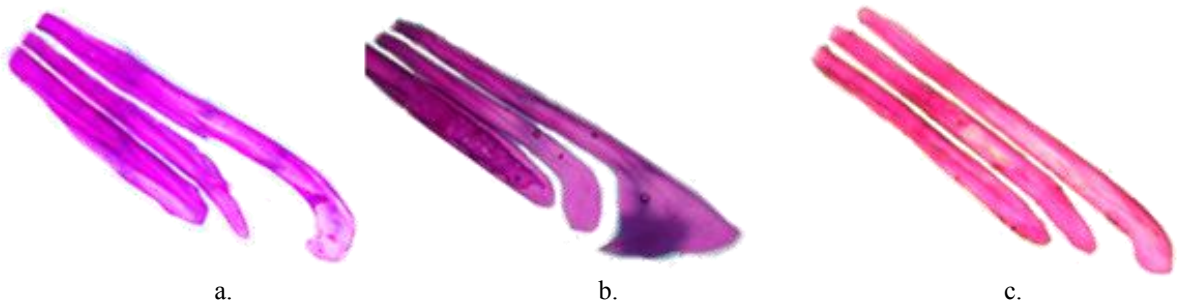


Fig. 19. Epurales: a. *Diapterus* b. *Eucinostomus* c. *Eugerres*

Comparación Específica

Diapterus

La diferencia más notable del epural 1 de *Diapterus auratus* y *Diapterus rhombeus* radica en que en el primero, su base se presenta una estructura gruesa y redondeada (Fig. 20a). Para la segunda especie el epural es delgado y su base es lanceolada (Fig. 20b).

Respecto al epural 2, en *D. auratus* la base es fusiforme, mientras que en *D. rhombeus* esta estructura asemeja el perfil de una cuchara.

La forma de la base en el epural 3 es considerada como la principal disimilitud, ya que en *D. auratus* es ampliamente curvada, mientras que en la segunda especie tiene forma angular. (Fig. 20).

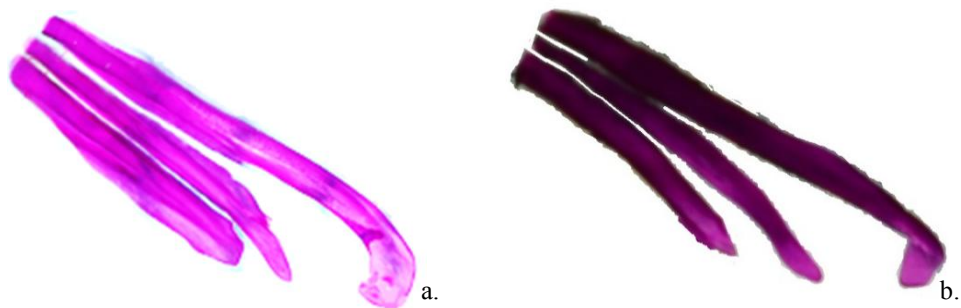


Fig. 20. Epurales: a. *Diapterus auratus* b. *Diapterus rhombeus*

Eucinostomus

La diferencia más notable entre *E. melanopterus* y *E.gula* reside en la distancia de los 3 epurales, pues en la primera especie se observa una clara separación, mientras que en la segunda el epural 1 y 2 están en contacto (Fig.21).

En *E. melanopterus* el margen del epural 1 es irregular, mientras que en *E. gula* es liso. Otra característica de este hueso es su tamaño, ya que en la primera especie es de menor tamaño que en la segunda. Además, *E. melanopterus* presenta una ligera curvatura en la parte media de esta estructura.

El epural 2 en *E. melanopterus* presenta margen crenado y la base semirecta; por su parte *E. gula* presenta un margen notablemente recto en el extremo superior que tiende a curvarse hacia la base, hasta formar un ángulo.

En *E. melanopterus*, al igual que en *E. gula* el epural 3 es alargado; sin embargo, la base de la primera especie es más pequeña, con respecto a aquella presente en *E. gula*. En la primera especie la esquina anterior es roma, mientras que en *E. gula* se presenta visiblemente triangular.

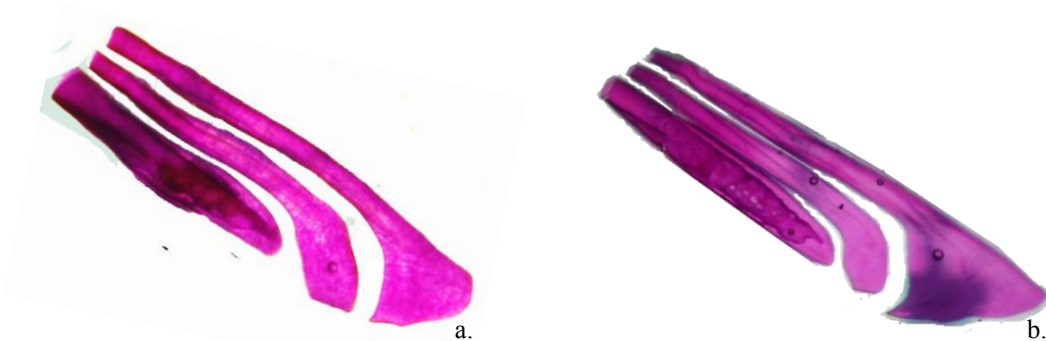


Fig. 21. Epurales: a. *Eucinostomus melanopterus* b. *Eucinostomus gula*

Eugerres

En *E. plumieri* el epural 1 no muestra curvatura, la parte basal presenta punta roma y es notablemente más ancha que el resto del hueso, tendiendo a ser delgada hacia su parte distal. En *E. axillaris* esta estructura tiene margen ligeramente irregular, además tiene una ligera inclinación de la parte media hasta la base, la cual es más delgada que en la primera especie (Fig. 22).

En *E. plumieri* el margen del epural 2 es prácticamente constante en comparación de *E. axillaris*, pues esta última especie sufre adelgazamientos en la base y el final de la estructura, lo que confiere un margen visiblemente sinuado.

El ancho de la base del segundo epural en *E. plumieri* es constante, con terminación roma. En contraste, la base de *E. axillaris* tiene un adelgazamiento, esta parte del hueso asemeja un gota alargada.

El epural 3 presenta menos modificaciones que los epurales presentes en el resto de los especímenes estudiados. *E. plumieri* presenta la base semicircular con una pequeña punta, el margen de la estructura en esta especie es liso, mientras en *E. axillaris* la base es oval y de mayor proporción con respecto a la primera especie, el margen igualmente es liso pero presenta leves ondulaciones.

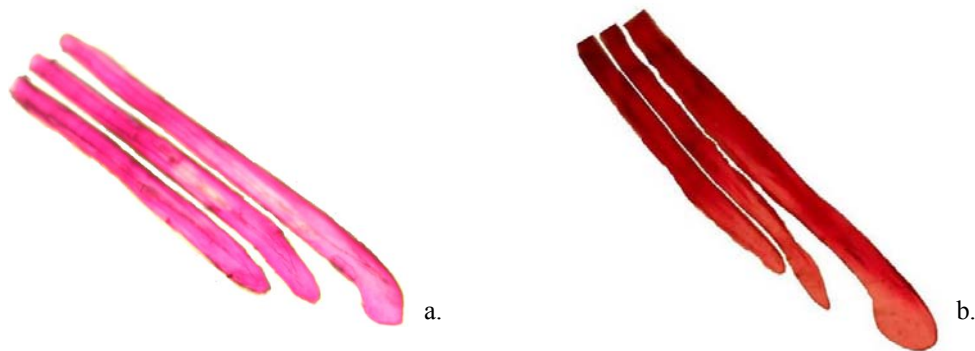


Fig. 22. Epurales: a. *Eugerres plumieri*, b. *Eugerres axillaris*

Parahipural

El hueso parahipural es una espina hemal modificada del primer centro preural. Su forma es alargada, con márgenes de forma variable entre géneros, en su base se encuentra una extensión ósea de forma laminar (cresta) que se relaciona en forma con la parte posterior de la espina hemal del centro preural 2; ésta puede variar en tamaño dependiendo del género o especie del organismo. Así mismo,

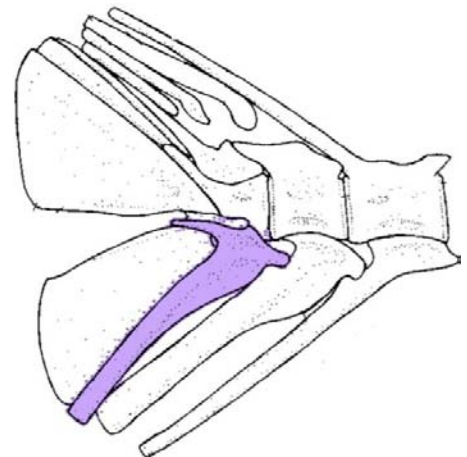


Fig. 23. Localización de parahipural

presenta en su parte posterior un proceso de apófisis denominado parahipurapófisis (PHA), cuya función es la articulación y el anclaje de músculos. La parte distal del parahipural sirve como soporte para algunos radios (Fig. 23) (Ortiz-Galindo, 2008).

Este hueso se encuentra ubicado en la porción inferior (ventral) del esqueleto caudal, paralelamente entre la porción anterior del complejo hipural I+II y la porción posterior de la espina hemal 2. El parahipural termina a la misma altura que la esquina inferior de los hipurales I+II.

El presente estudio no ha considerado a los procesos de parahipurapófisis, pues en todas las especies su apariencia es la de un espolón y no se observaron diferencias importantes.

Comparación Genérica

A nivel intergenérico, el parahipural presenta disimilitudes notables, la diferencia más notable reside en la cresta anterobasal, pues en *Diapterus* el margen de ésta se encuentra totalmente curvado, lo opuesto ocurre en *Eugerres* ya que los márgenes de toda la estructura y particularmente de la cresta son marcadamente rectos. Mientras que en *Eucinostomus* se presenta márgenes semirectos (Fig. 24).

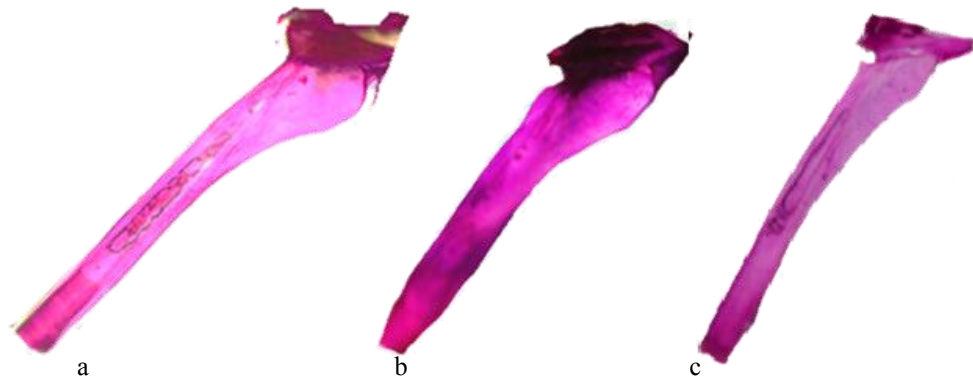


Fig. 24. Parahipural: a. *Diapterus* b. *Eucinostomus* c. *Eugerres*

Comparación Específica

A este nivel se encontraron diferencias entre las especies del mismo género, lo cual hace fácil identificar a los especímenes en base a esta estructura.

Diapterus

La apariencia general de esta estructura en *D. auratus* es más alargada que en *D. rhombeus*; por otro lado los márgenes son lisos para ambas especies (Fig. 25).

En la base de *D. auratus* se observó una hendidura angular, la cual es circular en *D. rhombeus*. La cresta de la primera especie es pequeña pero aparentemente más ancha que en aquella de *D. rhombeus*, sin embargo en esta última especie abarca una mayor extensión a lo largo del hueso.

En la parte media el parahipural existe un adelgazamiento notable en *D. rhombeus*, en contraste *D. auratus* es evidente en el primer cuarto. La parte distal de ambas especies es completamente recta.



Fig. 25. Parahipural: a. *Diapterus auratus* b. *Diapterus rhombeus*

Eucinostomus

Esta estructura es diferencial entre *E. melanopterus* y *E. gula*, puesto que el margen del hueso es notablemente irregular en la primera especie. Además, tiene una cresta visible en la parte basal, mientras que en la segunda especie la cresta no se encuentra bien desarrollada y presenta bordes ligeramente sinuados desde la parte basal hasta la parte terminal, lo cual le confiere apariencia recta (Fig. 26).

La hendidura en la parte posterobasal de *E. melanopterus* es circular, mientras que en *E. gula* es triangular.

La parte terminal presenta un adelgazamiento en *E. melanopterus*, y en *E. gula* todo el hueso tiene un ancho regular.

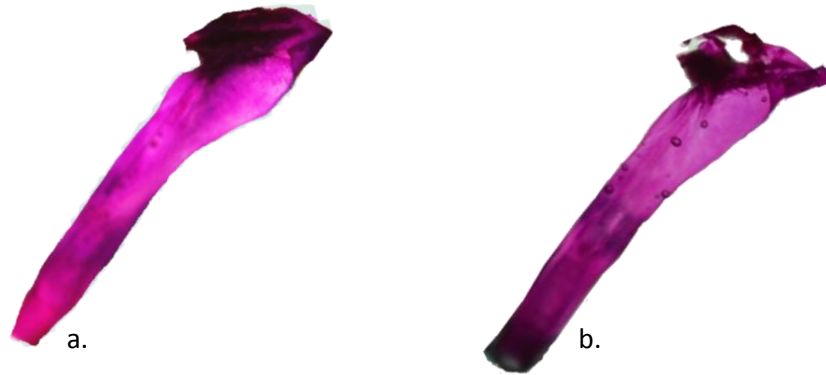


Fig. 26. Parahipural: a. *Eucinostomus melanopterus* b. *Eucinostomus gula*

Eugerres

En *E. plumieri* el parahipural es delgado y con margen recto. En la parte anterobasal de la estructura se observa una pequeña cresta angular y una hendidura casi circular en el área posterobasal. En contraste el margen en *E. axillaris* es curvado y sinuoso en la parte basal, esta estructura además es gruesa y su ancho es constante, a causa de lo anterior la cresta se percibe pequeña y ligeramente encorvada; la hendidura en el área posterobasal es similar a la de *E. plumieri* sin embargo en esta última especie en la parte inferior tiene una reminiscencia que hace ver esta hendidura más cerrada (Fig. 27).

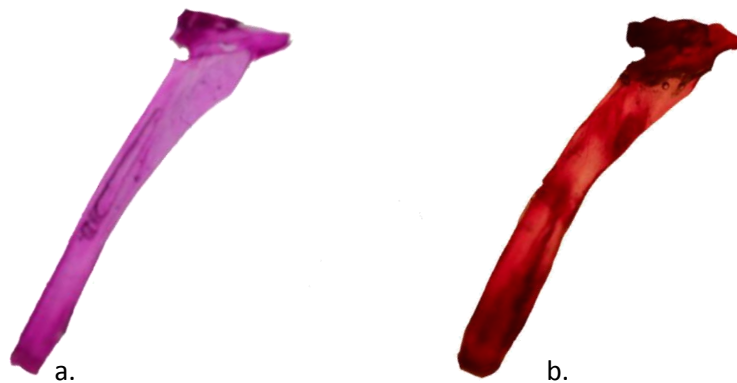


Fig. 27. Parahipural: a. *Eugerres plumieri*, b. *Eugerres axillaris*.

Espina Hemal 2

Se denomina espina hemal 2 ya que por definición, se comienza a enumerar el último centro vertebral con el número dos, mientras que la primera espina hemal, así como el primer centro preural son el parahipural y el urostilo modificados respectivamente.

La espina hemal 2 presenta forma aplanada. Desde el centro de la base y hasta la parte distal se observa una notoria osificación en “columnas”.

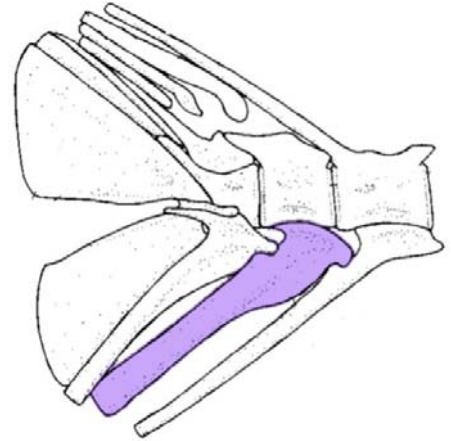


Fig. 28. Localización de espina hemal 2

Presenta una extensión en la parte anterior de la base que se denomina placa media hemal, la cual es similar a las crestas de los parahipurales. Además, posee una hendidura basal en la parte posterior donde se observa el acoplamiento de la cresta parahipural. Algunos autores mencionan que esta espina tiene forma de remo (Potthoff, 1975).

Este hueso se encuentra en posición ventral, entre la espina hemal 3 y el parahipural, se desarrolla en la última vertebra caudal que también presenta el arco neural (Fig. 28).

Comparación Genérica

La espina hemal 2 entre géneros tiene una diferencia sutil, la forma de la placa media hemal, que es suficiente para diferenciar entre los miembros estudiados de la familia (Fig. 29). En *Diapterus* la placa crece hacia el frente (Fig. 30a), en cuanto a *Eucinostomus* la misma se desarrolla en sentido ascendente (Fig. 30b) y *Eugerres* tiene una cresta levemente bilobada (Fig. 30c).



Fig. 29. Espina hemal 2: a. *Diapterus* b. *Eucinostomus* c. *Eugerres*.

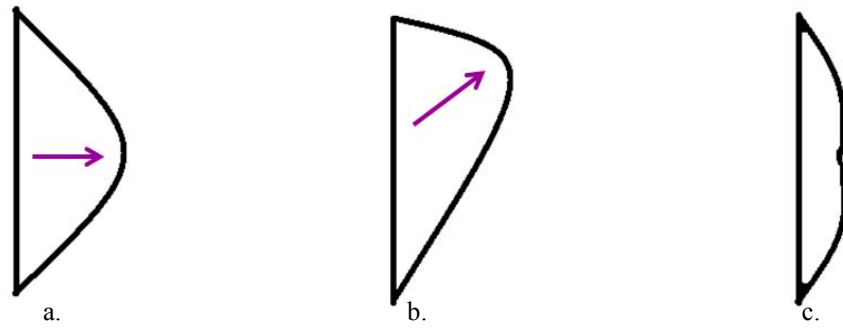


Fig. 30. Dirección de crecimiento de placa media hemal:
a. *Diapterus*. b. *Eucinostomus* c. *Eugerres*.

Comparación Específica

Diapterus

D. auratus presenta una hendidura posterobasal completamente curva; en *D. rhombeus* ésta es igualmente curvada pero sólo en la parte superior, ya que en la parte media comienza a descender de forma angular (Figura 31).

La placa media hemal de *D. auratus* sólo abarca un cuarto del hueso, entre tanto en *D. rhombeus* ésta termina a la mitad del hueso, esto mismo le confiere a la primera especie un adelgazamiento en el primer cuarto de la estructura, por consiguiente la segunda especie sufre un adelgazamiento por debajo de la parte media. El margen del resto del hueso en ambas especies es ligeramente sinuado.

La extensión anterior en la parte próxima a la vértebra en *D. auratus* es pequeña y con dos proyecciones notables, en *D. rhombeus* esta parte tiene mayor volumen y también presenta proyecciones, aunque en este caso son menos visibles.

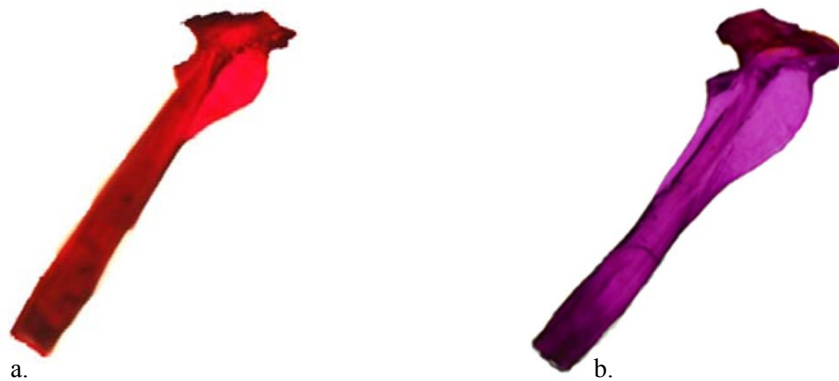


Fig. 31. Espina hemal 2: a. *Diapterus auratus* b. *Diapterus rhombeus*

Eucinostomus

En ambas especies de *Eucinostomus* la hendidura posterior es cóncava, sin embargo en *E. melanopterus* ésta no se encuentra a la misma profundidad que en *E. gula*. En la primera especie la pequeña cresta que se encuentra bajo esta abertura es ondulada, en la otra es triangular (Fig. 32).

En *E. melanopterus* la placa hemal abarca el primer tercio de la espina, por su parte en *E. gula* ésta es reducida y no abarca más de un sexto de la estructura. La extensión anterior en la parte próxima a la vértebra en *E. melanopterus* es pequeña y angular. En *E. gula* la terminación de ésta es curvada y de mayor volumen.



Fig. 32. Espina hemal 2: a. *Eucinostomus melanopterus* b. *Eucinostomus gula*

Eugerres

En ambas especies la forma general del hueso es similar, sin embargo la diferencia más notable es el ancho, pues en *E. plumieri* la estructura es de menor volumen que en *E. axillaris* (Fig 33).

La hendidura de *E. plumieri* y *E. axillaris* es pronunciadamente curvada y se dirige en sentido ascendente. En ambas especies es aproximadamente del mismo tamaño. Debajo de la hendidura se encuentra una pequeña cresta que en *E. plumieri* se presenta angular y por lo contrario en la otra especie es arqueada.

En ambas especies la placa media hemal abarca cerca de un tercio del hueso, ésta tiene perfil bilobado, pero en *E. plumieri* la placa es angosta, lo que en apariencia le da menor tamaño, mientras que en *E. axillaris* la placa tiene mayor amplitud.

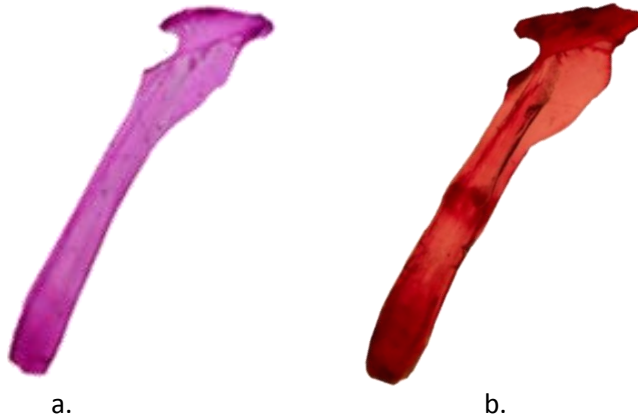


Fig. 33. Espina Hemal 2: a. *Eugerres plumieri*, b. *Eugerres axillaris*.

Arco Neural

Es una espina neural modificada, su eje mayor es paralelo al eje mayor del centro preural. La parte superior de esta estructura es de aspecto laminar, mientras que la inferior presenta mayor osificación. La cresta generalmente presenta dos elevaciones y el extremo posterior de ésta generalmente tiene apariencia aguda con variantes para cada especie.

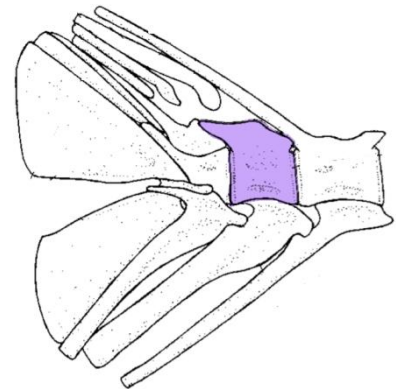


Fig. 34. Localización de Arco neural.

El arco neural protege a la médula espinal, esta extensión ósea se encuentra en la porción superior del centro preural 2, sobre esta estructura se encuentran las piezas epurales, la espina neural 3, en su parte posterior se encuentra en contacto con el urostilo y por debajo se encuentra el parahipural y la espina hemal 2 (Fig. 34) (Rubio, 2011).

Comparación Genérica

El análisis del arco neural arroja características diferenciales entre los miembros de los géneros estudiados.

La cresta neural o arco neural tiene dos puntos que ocupan la posición más alta, separadas entre sí por un hundimiento, son en estos puntos donde se observan las mayores divergencias. *Eucinostomus* tiene la primera elevación completamente curva y ésta no supera la altura de la segunda elevación. *Eugerres* por su parte es el género en el cual ésta estructura es geométrica, tanto la primera como la segunda elevación son marcadamente angulares. En cuanto a la forma general de *Diapterus* parece ser intermedia entre los dos géneros antes mencionados, las elevaciones tienden a una forma angular pero la terminación de las dos es curva.

En la parte anterobasal del arco existe una proyección ósea, en *Eucinostomus* presenta perfil sigmoide, en *Eugerres* y *Diapterus* es pequeña con terminación triangular y roma respectivamente.

En *Diapterus* la parte inferior de la segunda elevación es casi vertical, en la parte media surge una curva que se proyecta hacia dentro del arco neural, en *Eucinostomus* es completamente curva, por su lado en *Eugerres* se encuentra en posición diagonal, es mínimamente sinuada y con una minúscula proyección triangular cercana a la vértebra (Fig. 35).

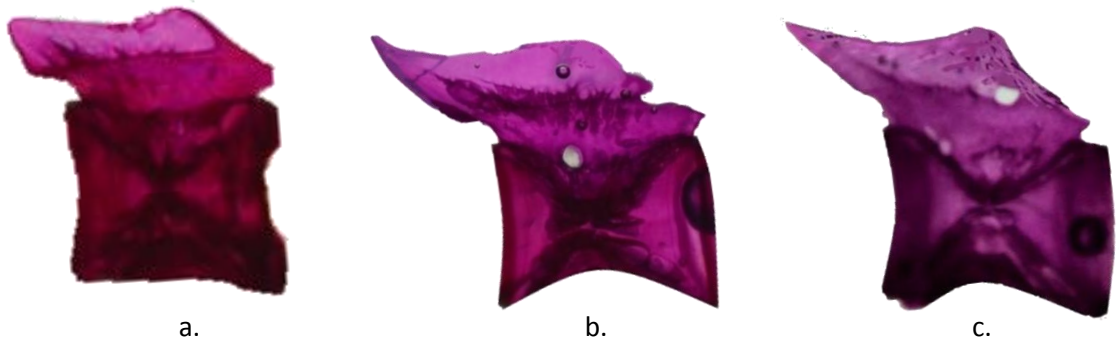


Figura 35. Arco neural: a. *Diapterus* b. *Eucinostomus* c. *Eugerres*

Comparación Específica

Diapterus

El arco neural entre estas dos especies es totalmente diferencial, primordialmente por sus dimensiones, *D. auratus* tiene una altura inferior a la otra especie. En *D. auratus* las

dos elevaciones del arco están a la misma altura mientras que en *D. rhombeus* la primera es más alta. En ambas especies el espacio entre estas dos extensiones es cóncavo, sin embargo en *D. rhombeus* esta característica es más notoria.

La extensión anterobasal en ambas especies tiene terminación roma, no obstante *D. rhombeus* presenta una apariencia más aguda.

En *D. auratus* la parte posterior de ésta estructura se desprende antes del extremo de la vértebra, en cambio en *D. rhombeus* ésta parte se desprende exactamente en el extremo posterior de la vértebra con una ligera curva.

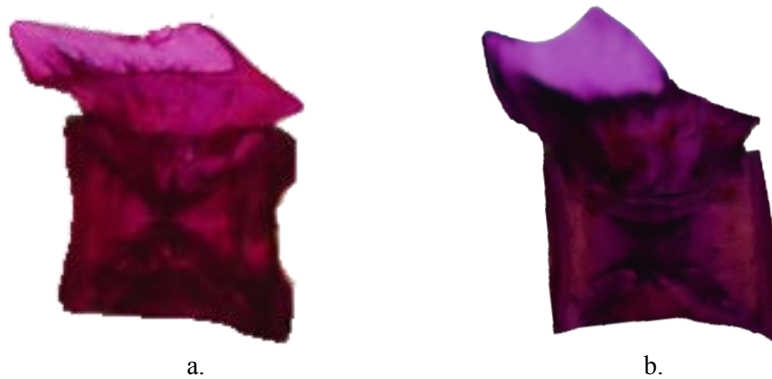


Fig. 36. Arco neural: a. *Diapterus auratus* b. *Diapterus rhombeus*

Eucinostomus

En *E. melanopterus* las elevaciones se encuentran aproximadamente a la misma altura mientras que en *E. gula* la segunda es más alta; la terminación de la segunda elevación en la primera especie es totalmente obtusa, mientras que en la otra especie es filiforme.

E. melanopterus presenta el margen del dorso recto con una pequeña protuberancia al final, en *E. gula* éste es cóncavo (Fig. 37).

La extensión anterobasal en *E. melanopterus* es curvada tanto en el dorso como en su porción ventral donde forma medio círculo, en *E. gula* la parte dorsal es ligeramente ondulada y la ventral es recta con orientación diagonal, sobre esta extensión se encuentra otra de menor tamaño con forma triangular y punta roma.

La parte posteroventral de esta estructura en ambas especies es curva, en *E. melanopterus* se desprende justo en el extremo de la vértebra, asciende con una notable curva que forma medio círculo. En cambio en la segunda especie esta parte se desprende antes del extremo posterior de la vértebra con una ligera curva que a continuación cambia su dirección.

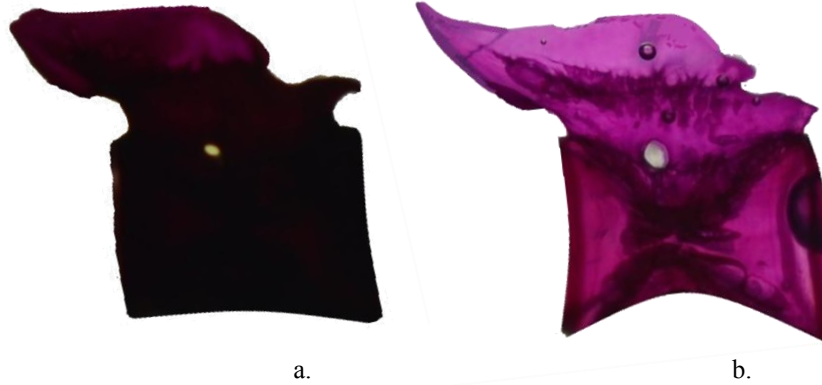


Fig. 37. Arco Neural: a. *Eucinostomus melanopterus* b. *Eucinostomus gula*

Eugerres

En ambas especies el dorso del arco neural es sigmoide y su segunda elevación es fusiforme. En los dos ejemplares el espacio entre las elevaciones del arco es cóncavo, no obstante en *E. axillaris* esta característica es más notoria.

E. plumieri presenta la extensión anterobasal de forma triangular con punta roma, en *E. axillaris* esta parte no es completamente visible pues desciende a la vértebra uniéndose a ella, aparentando un pequeño peldaño (Fig. 38).

La parte posterobasal de ésta estructura en *E. plumieri* se desprende justo antes del extremo de la vértebra, asciende con una curva y a la mitad de ésta se observa un pequeño reborde circular. En *E. axillaris* esta parte se desprende mucho antes del extremo posterior de la vértebra con una ligera curva que posteriormente se extiende en forma diagonal.



a. *Eugerres plumieri* b. *Eugerres axillaris*

Uroneurales

Son numerosos y delgados huesos pareados localizados en la parte posterior del esqueleto caudal; los gerreidos presentan dos pares de uroneurales, el primer par (UN1) descansa sobre el extremo posterior del centro preural 1 y está fusionado parcialmente con la cresta neural y el urostilo en ejemplares adultos, mientras que el segundo par (UN2) está ubicado entre la porción distal- postero- ventral del uroneural 1 y antero-dorsal del hipural V (Fig. 39).

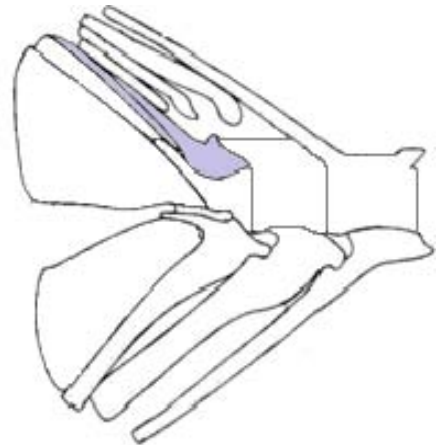


Fig. 39. Localización de uroneurales

Estos huesos son un conjunto escamas modificadas que se encuentran inmersas en la musculatura (Kobelkowsky, 2003).

Comparación Genérica

Una característica diferencial es el grado de fusión entre el uroneural 1 y el arco especializado, pues en *Eugerres* esta característica es más notoria que en los otros dos géneros, así mismo, la abertura que se forma entre estas dos estructuras es más pronunciada en *Eugerres*, seguido por *Eucinostous* y *Diapterus* en última instancia.

El uroneural 1 es notablemente ancho en *Eucinostomus*, seguido por *Diapterus* y finalmente por *Eugerres*, además se pueden distinguir pequeñas elevaciones en el margen exterior del primer uroneural; en *Diapterus* sólo se observa un montículo redondeado, por su parte *Eucinostomus* posee una elevación puntiaguda, mientras que *Eugerres* tiene distintas elevaciones en forma fusiforme.

El uroneural 2 es visiblemente más delgado y aguzado en *Eugerres*, seguido por *Diapterus* y por *Eucinostomus* sucesivamente (Fig. 41).

Otra característica notoria es el tamaño del uroneural 1 con respecto al uroneural 2, ya que en *Eucinostomus* este hueso está casi al mismo tamaño que el segundo uroneural, sin en cambio en *Diapterus* y *Eugerres* esta estructura alcanza el tamaño equivalente a dos terceras partes de uroneural 2 (Fig. 40).

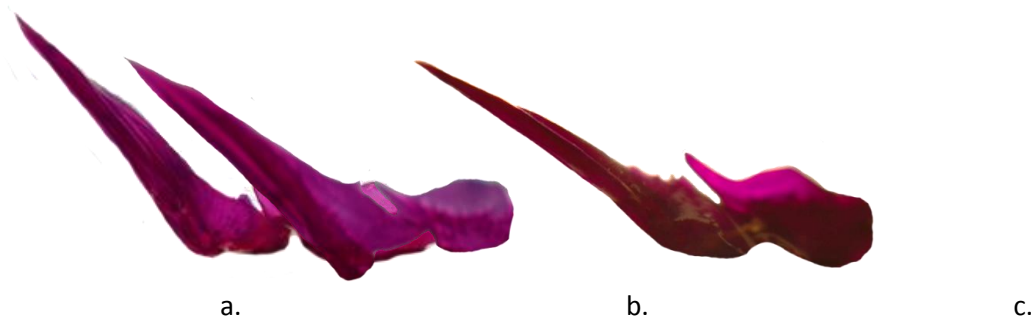


Figura 40. Uroneurales: a. *Diapterus* b. *Eucinostomus* c. *Eugerres*

Comparación Específica

Diapterus

En *D. auratus* el uroneural 1 es más ancho y corto que en *D. rhombeus*; además ambas especies presentan una elevación hacia su parte basal, la cual es mucho más pronunciada y con chata en *D. rhombeus*.

Tanto *D. auratus* como *D. rhombeus* el uroneural 1 presentan una curvatura a lo largo del margen anterior, la cual es más marcada en la primera especie.

Otra disimilitud entre estos dos especímenes es el tamaño de la abertura formada entre el uroneural 1 y la cresta neural, ya que en *D. auratus* es menos pronunciada que en *D. rhombeus*.

En *D. auratus* el segundo uroneural es más ancho y corto que en *D. rhombeus*; además en este último el extremo distal es visiblemente más fusiforme (Fig. 41).

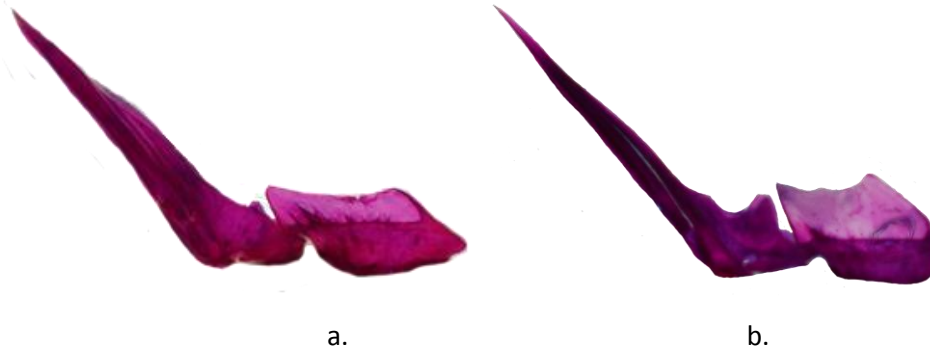


Figura 41. Uroneurales: a. *Diapterus auratus* b. *Diapterus rhombeus*

Eucinostomus

En ambas especies el uroneural 1 es ancho y ligeramente más corto que el uroneural 2. En *E. melanopterus* el margen anterior del primer uroneural es liso y posee una pequeña elevación en forma triangular en la parte basal; mientras que en *E. gula* el margen que se extiende desde la parte media del hueso hasta la parte distal es ligeramente curvo, por otro lado, la porción más cercana a la base tiene un montículo amplio y redondeado.

Otra diferencia entre *E. melanopterus* y *E. gula* es el grado de apertura entre el uroneural 1 y la cresta neural, ya que aunque parecen tener profundidades similares, en la primera especie es marcadamente más amplio que en la segunda (Fig. 42).

En ambos especímenes el uroneural 2 tiene una forma constante, sin embargo en *E. melanopterus* es más amplio que en *E. gula*.

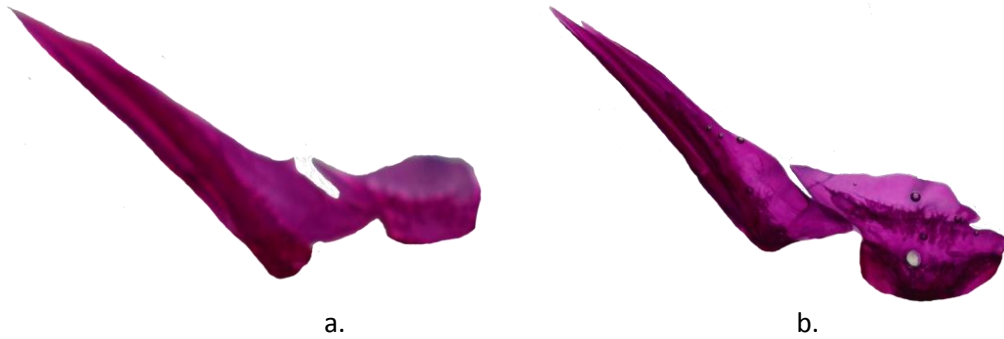


Figura 42. Uroneurales: a. *Eucinostomus melanopterus* b. *Eucinostomus gula*

Eugerres

En ambas especies el primer uroneural es alargado y fusiforme en su parte distal, pero en *E. plumieri* es visiblemente más corto que en *E. axillaris* (Fig. 43).

En *E. plumieri* el margen anterior de esta estructura presenta pequeñas y numerosas elevaciones puntiagudas, las cuales en *E. axillaris* son menos abundantes pero más grandes.

En ambos especímenes la ranura formada entre el uroneural 1 y la cresta neural tiene una anchura y profundidad similares.

Tanto *E. plumieri* como *E. axillaris* siguen un patrón respecto a la forma y tamaño del segundo uroneural, pues en los dos ejemplares es delgado y afilado en la porción distal.



Figura 43. Uroneurales: a. *Eugerres plumieri* b. *Eugerres axillaris*

Hipurales

Son estructuras laminares en forma de abanico, sostenidas por tres vertebras o centros preurales y dos urales que se fusionan y forman el urostilo. Están posicionadas entre el parahipural y los dos pares de uroneurales.

La serie hipural está dividida en dos porciones que se separan por una escotadura o diastema caudal, la primera es la ventral que resulta de la fusión del primer y segundo hipural (HI+HII) y la dorsal que corresponde a la fusión del tercero y cuarto (HIII+HIV), por su parte el quinto hipural (HV) se encuentra como una estructura independiente y está localizado entre a la placa hipúrica dorsal y los uroneurales (Fig. 44).

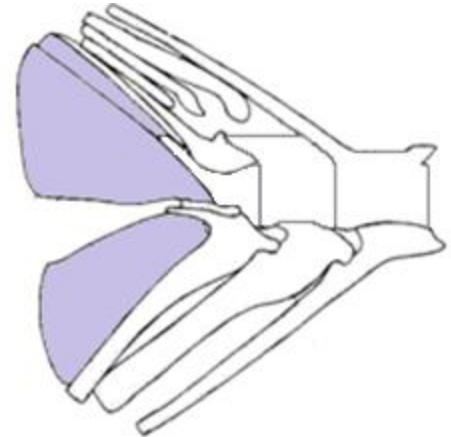


Fig. 44. Localización de hipurales.

Lo hipurales presentan una osificación secundaria laminar de cierto grosor en el diastema hipural entre la serie de hipurales ventrales y dorsales, la cual exhibe una morfología intergenérica distinta (De la Cruz-Agüero, 2001).

Comparación Genérica

Existen evidentes diferencias entre cada género, una de ellas es la forma de la placa hipural ventral, pues en *Eucinostomus* es notablemente más ancha que en los otros dos géneros (Fig. 45).

Eucinostomus y *Diapterus* pueden o no, presentar una hendidura en la parte basal de la placa hipúrica ventral, la cual está totalmente ausente en *Eugerres*.

Se observan además procesos laminares notablemente marcados en el borde distal de ambas placas en *Diapterus* y *Eucinostomus*, en cambio en *Eugerres* este borde es poco osificado.

Otra diferencia importante es la escotadura o diastema que divide a las placas hipúricas dorsal y ventral, pues en *Eugerres* y *Dipterus* es profunda, ya que presenta un grado de contacto mínimo entre los hipurales superiores e inferiores; por su parte en *Eucinostomus* el diastema es reducido, ya que su longitud es menor a la distancia entre el urostilo y el margen distal de la placa hipúrica.

Por otro lado la placa hipúrica dorsal en su parte basal es ligeramente más ancha en *Eucinostomus* que en los otros dos géneros.

El hipural V en *Eucinostomus* es delgado en su parte basal y va engrosándose hacia la parte distal; en *Diapterus* y *Eugerres* este hueso presenta un tamaño uniforme, sin embargo en este último género esta estructura es puntiaguda en su parte basal.

Además se observa que la parte basal del hipural V en *Eugerres* está ligeramente en contacto con el urostilo; por su parte, en *Dipterus* y *Eucinostomus* esta estructura se proyecta por debajo del urostilo.

Otra característica diferencial es el margen distal de las placas hipúricas, el cual es más irregular en *Eugerres* que en *Diapterus* y *Eucinostomus*.

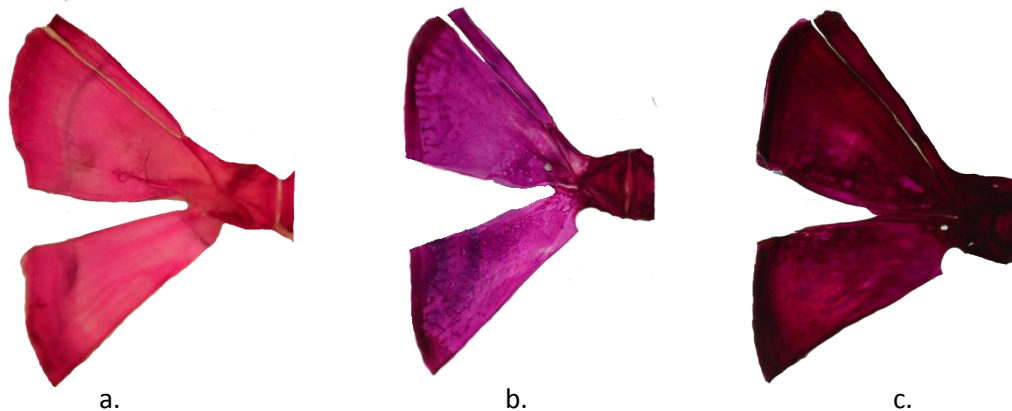


Fig. 45. Hipurales: a. *Diapterus* b. *Eucinostomus* c. *Eugerres*

Comparación Específica

Diapterus

La placa hipural ventral es más ancha en *D. rhombeus* que en *D. auratus*, además esta última especie presenta una hendidura en la base, la cual está ausente en la primera.

La placa hipural dorsal abarca una mayor superficie en *D. rhombeus* que en *D. auratus*.

La base del hipural V en ambas especies se encuentra posicionado por debajo del urostilo; pero en *D. rhombeus* este hueso en su totalidad se encuentra pegado a la placa hipúrica dorsal, sin en cambio en *D. auratus* esta estructura está pegada a la placa solo en su parte basal, pues en la parte distal se separa por completo del hipural IV.

El diastema caudal es profundo en ambas especies, pero se observa que es más recto en *D. rhombeus* que en *D. auratus* (Fig. 46).



Fig. 46. Hipurales: a. *Diapterus auratus* b. *Diapterus rhombeus*

Eucinostomus

La placa hipúrica ventral es ligeramente más ancha y triangular en *E. gula* que *E. melanopterus*, sin embargo en este último se puede observar una hendidura en su parte basal la cual está ausente en la otra especie.

La escotadura formada entre las placas ventral y dorsal, es diferencial en ambas especies, pues en *E. melanopterus* presenta una forma puntiaguda, mientras que en *E. gula* la forma dominante es la semicircular.

La placa hipúrica dorsal es notablemente más amplia y ligeramente curvada en *E. gula*, que en *E. melanopterus*, además de que presenta un margen más uniforme.

El quinto epural es muy delgado en su base y va engrosándose hacia la parte distal en ambos ejemplares, no obstante esta característica es más notable en *E. gula* pues se observa un notable alargamiento de esta estructura. La parte basal de esta estructura en ambos ejemplares queda por debajo del Urostilo (Fig. 47).

Se observa además una mayor osificación (engrosamiento) en las placas hipúricas en *E. melanopterus* a diferencia de *E. gula*.

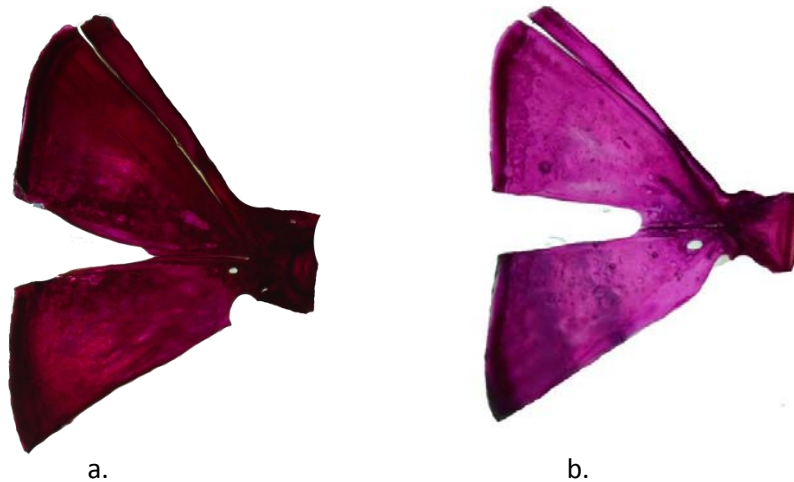


Fig. 47. Uroneurales: a. *Eucinostomus melanopterus* b. *Eucinostomus gula*

Eugerres

La placa hipural ventral tiene forma de abanico en ambas especies, pero en *E. plumieri* esta lamina es más alargada y posee márgenes ligeramente sinuados en comparación con *E. axiliaris*, pues en este último la placa abarca una menor superficie y además tiene márgenes rectos.

El diastema caudal en ambas especies presenta forma redondeada en la comisura que une a la placa ventral y dorsal, pero tiene una mayor profundidad en *E. plumieri* que en *E. axiliaris*, quien además posee ligeras curvaturas en los márgenes internos de los hipurales ventral y dorsal.

La placa hipúrica dorsal es triangular y abarca mayor superficie que la placa ventral en ambas especies, pero se observa que en *E. plumieri* está es más alargada a diferencia de *E. axiliaris* quien se caracteriza por tener forma corta y ancha.

El hipural V en *E. plumieri* es muy largo de tamaño constante, además es relativamente puntiagudo en la parte basal, por su parte en *E. axiliaris* este hueso es corto y chato en la base; en ambas especie está estructura está ligeramente en contacto con la parte que sobresale del urostilo.

Otra característica diferencial es el margen de la parte distal de ambas placas, pues en *E. plumieri* este es muy sinuado, a diferencia de *E. axiliaris* quien posee un margen marcadamente recto (Fig. 48).

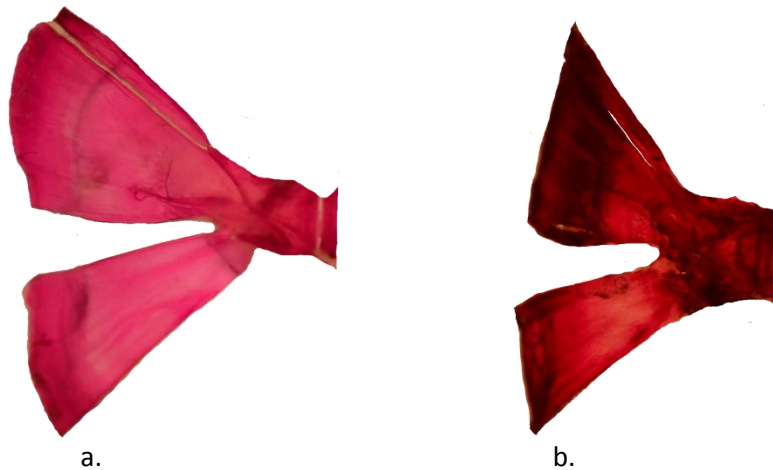


Fig. 48. Hipurales: a. *Eugerres plumieri* b. *Eugerres axillaris*

Discusión

Una evaluación crítica incluye no solo la descripción osteológica del complejo caudal, sino que también el desarrollo ontogénico de los especímenes es parte importante en la validación de la permanencia morfológica de los caracteres conservativos y discriminatorios que apoyen el reconocimiento de especies en cualquier momento de su desarrollo, como ha sido documentado por Ortiz-Galindo (1991) y Álvarez-Pliego (2004) para *Eugerres axillaris* y *Diapterus peruvianus*, respectivamente. Los resultados de estos trabajos demuestran la similitud entre especies en cuanto al desarrollo, crecimiento, fusión de huesos y demás procesos. Asimismo la comparación entre estos trabajos demuestra que al alcanzar tallas que van de los 20-40 mm Lp el desarrollo del complejo caudal está completo. Sin embargo, al revisar éstos especímenes, se considera adecuado iniciar el análisis del complejo caudal a partir de los 80 mm Lp, no se obtuvieron suficientes ejemplares mayores a 40 mm y menores a 80 mm.

A pesar del valor de los datos genéticos, de secuenciación molecular, fisiológicos, etológicos y ecológicos en la diversidad de especies de gerreidos, los caracteres morfológicos siguen siendo primordiales en los estudios taxonómicos y sistemáticos de los grupos de vertebrados. En este sentido, los ictiólogos siguen dependiendo en gran medida de la morfología para distinguir de manera rápida la determinación específica o genérica de las poblaciones de peces en estudio (Strauss y Bond, 1990). Por lo que el presente estudio y análisis de las formas y atributos osteológicos puede arrojar información importante para enriquecer el conocimiento de la familia Gerreidae.

La identificación de la variación osteológica es esencial en la delimitación de los caracteres y sus estados, para considerarlos indicadores apropiados de las relaciones filogenéticas entre los teleósteos (De la Cruz-Agüero, 2001).

El análisis realizado del esqueleto caudal de *Diapterus auratus*, *Eucinostomus melanopterus*, *Eucinostomus gula* y *Eugerres plumieri*, revela diferencias morfológicas que en principio reafirman y apoyan la clasificación natural de los taxa anfiamericanos de la familia. La variabilidad osteológica interespecífica encontrada en los especímenes,

potencialmente puede ayudar a su delimitación taxonómica, misma que resulta la más compleja y problemática de los gerreidos de América (Matheson y McEachran, 1984).

Por otra parte, los resultados osteológicos confirman la posición de la familia Gerreidae dentro de los Teleostei como lo indica Nelson (2006) en base a los caracteres que los definen, refiriéndose a la estructura del complejo caudal, como son la presencia de uroneurales y la sustentación de radios caudales por los hipurales y las últimas espinas hemales (Lauder y Liem, 1983; Schultze y Arratia, 1989). Así mismo la familia presenta las características correspondientes a los Perciformes, 5 hipurales (I-II y III-IV fusionados), 3 epurales y 2 pares de uroneurales (Johnson, 1984). Como lo han establecido Johnson (1975, 1983 y 1984) y Pottoff y Tellock (1993) y en este trabajo ha sido constatado que aún existen caracteres osteológicos por explorar con más detalle, como son la apófisis procurrente, la presencia y número de los cartílagos radiales, la naturaleza del soporte del radio caudal principal ventral, y la forma y el tamaño de la parahipurapófisis, todos ellos establecidos como potenciales indicadores de interrelación entre los Perciformes.

Según lo reportado por De La Cruz-Agüero (2001) los componentes del esqueleto caudal explorados varían de manera más o menos consistente entre los taxa bajo estudio y potencialmente resultan útiles en la determinación de la divergencia de las especies, en este trabajo se corrobora lo anterior, ya que estructuras como epurales, cresta neural, parahipurales y espina hemal 2 resultaron discriminativas a nivel genérico y específico.

Al contrastar los huesos caudales de *D. auratus* con lo registrado por De la Cruz-Agüero (2001), Kobelkowsky (2004) y Álvarez-Pliego (2004), se observa una correspondencia en las siguientes estructuras:

Epural 1, su base se presenta como una estructura gruesa y redondeada, **epural 2** con base fusiforme y **epural 3** presenta base ampliamente curvada (Fig. 48).

Arco neural, las elevaciones del arco están a la misma altura, la extensión anterobasal tiene terminación roma, la parte posterior de ésta estructura se desprende antes del extremo de la vértebra.

Parahipural alargado con márgenes lisos, base con hendidura angular, cresta pequeña pero ancha, presenta un adelgazamiento en el primer cuarto en sentido próximo - distal, parte distal completamente recta.

Espina hemal 2, presenta una hendidura posterobasal completamente curva, la placa media hemal abarca un cuarto del hueso por lo que sufre un adelgazamiento por debajo de la parte media y extensión anterior en la parte próxima a la vértebra pequeña y con dos proyecciones notables.

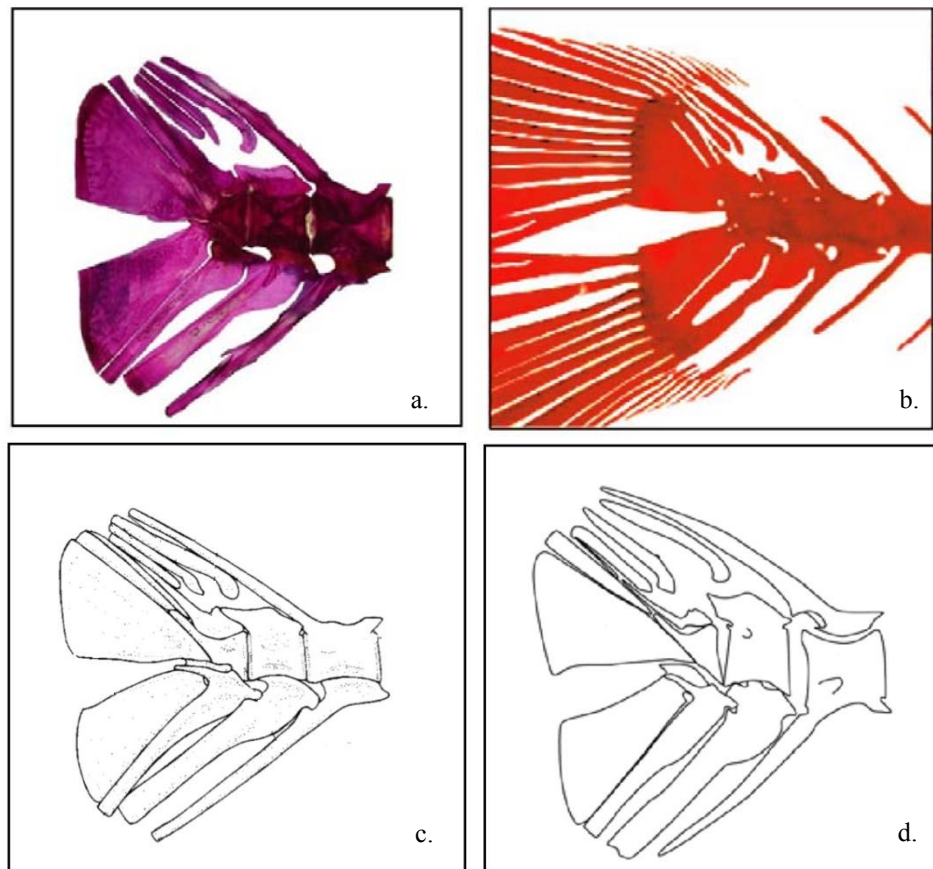


Fig. 48. Complejo Caudal de *Diapterus auratus* a. Resultados b. De la Cruz-Agüero (2001). c. Kobelkowsky (2004) d. Álvarez (2004).

Para *D. rhombeus* no existe una descripción osteológica minuciosa; Álvarez-Pliego (2009) hace la descripción de esta especie por medio de su morfología externa, sin embargo se puede deducir por las coincidencias de las otras especies descritas en este trabajo con autores como De la Cruz-Agüero (2001) y Kobelkowsky (2004) que las cuatro estructuras que resultaron positivas para la discriminación entre especies e incluso a nivel genérico corresponden a un patrón general con respecto a su forma (Fig. 49).

El **epural 1** es delgado y su base es marcadamente lanceolada; el **epural 2** es alargado, presenta ligeras curvaturas a lo largo de toda su estructura y su base asemeja el perfil de una cuchara, finalmente el epural 3 es recto y notablemente más largo que los otros dos epurales, además de que tiene una base en forma angular.

Arco neural, presenta dos elevaciones, sin embargo la primera es más alta que la segunda, el espacio entre estas dos extensiones es pronunciadamente cóncavo. La extensión anterobasal posee terminación roma, la parte posterior de ésta estructura se desprende exactamente en el extremo posterior de la vértebra con una ligera curva.

Parahipural, es alargado y con márgenes lisos, presenta una hendidura circular en su parte basal, la cresta que pese a no ser muy ancha, abarca una gran extensión del hueso. En la parte media de esta estructura existe un adelgazamiento notable, por otro lado, la parte distal es completamente recta.

Espina hemal 2, presenta una hendidura posterobasal curvada pero sólo en la parte superior, ya que en la parte media comienza a descender de forma angular, la placa media hemal abarca un cuarto del hueso, por lo que éste sufre un adelgazamiento por debajo de la parte media. El margen del resto del hueso es ligeramente sinuado, la extensión anterior en la parte próxima a la vértebra tiene un gran volumen y además presenta proyecciones poco visibles.



Fig. 49. Complejo Caudal de
Diapterus rhombeus

Con lo que respecta a *E. melanopterus*, se puede notar que al cotejar lo descrito en este trabajo con lo reportado por De la Cruz-Agüero (2001), las siguientes estructuras son muy similares principalmente en cuanto a su forma.

El **epural 1** es pequeño y presenta margen irregular, tiene además una ligera curvatura en la parte media; el **epural 2** posee margen crenado y base semirecta, por último el **epural 3** es alargado con una base pequeña y con la esquina anterior roma (Fig. 50).

Arco neural, éste posee elevaciones que se encuentran aproximadamente a la misma altura, sin embargo la terminación de la segunda elevación es totalmente obtusa, en éste, el margen del dorso es recto con una pequeña protuberancia al final. La extensión anterobasal de este hueso es curvada tanto en el dorso como en su porción ventral donde forma medio círculo, por su parte, la porción posteroventral es curva, se desprende justo en el extremo de la vértebra y asciende con una notable curva que forma medio círculo.

Parahipural, el margen de este hueso es notablemente irregular, además, tiene una cresta visible en la parte basal, presenta además una hendidura circular en la parte posterobasal; la parte terminal de éste presenta un adelgazamiento.

Espina hemal 2, presenta una la hendidura posterior cóncava medianamente profunda, la pequeña cresta que se encuentra bajo esta abertura es ondulada, la placa hemal abarca el primer tercio de la espina; por su parte, la extensión anterior en la parte próxima a la vértebra es pequeña y angular.

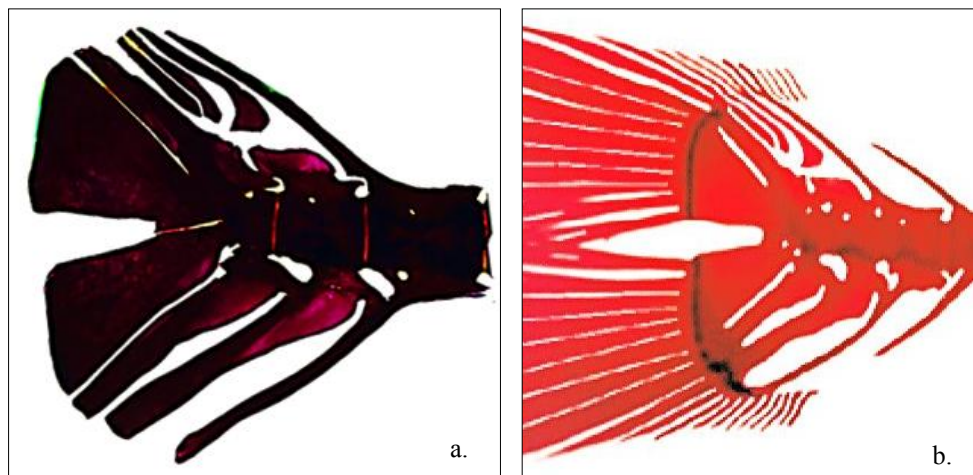


Fig. 50. Complejo Caudal de *Eucinostomus melanopterus*.

a. Resultados b. De la Cruz-Agüero (2001).

De igual manera, en *E.gula*, la conformación del esqueleto de la cauda es correspondiente a lo descrito por De la Cruz-Agüero (2001), pues, los ejemplares comparten formas características capaces de diferenciar a la especie.

El **epural 1** es alargado y presenta margen liso; el **epural 2** presenta un margen notablemente recto en el extremo superior que va curvándose hacia la base, hasta formar un ángulo y el **epural 3** es alargado y con base amplia, por su parte la esquina anterior es visiblemente triangular.

Arco neural, presenta un par de elevaciones, la segunda más alta que la primera y con terminación filiforme, el margen del dorso es cóncavo, en la extensión anterobasal de esta estructura, la parte dorsal es ligeramente ondulada y la ventral es recta con orientación diagonal, sobre esta extensión se encuentra otra de menor tamaño con forma triangular y punta roma, la parte posteroventral es curva y se desprende antes del extremo posterior de la vértebra con una ligera curva que a continuación cambia su dirección (Fig. 51).

Parahipural todo el hueso tiene una ancho regular, tiene una cresta que no se encuentra bien desarrollada y presenta bordes ligeramente sinuados desde la parte basal hasta la parte terminal, lo cual le confiere apariencia recta y presenta una hendidura triangular en la parte posterobasal.

Espina hemal 2 tiene una hendidura en la parte posterior cóncava y profunda, bajo esta abertura presenta una pequeña cresta triangular, la placa hemal en esta especie no abarca más de un sexto espina y la extensión anterior en la parte próxima a la vértebra es curvada.

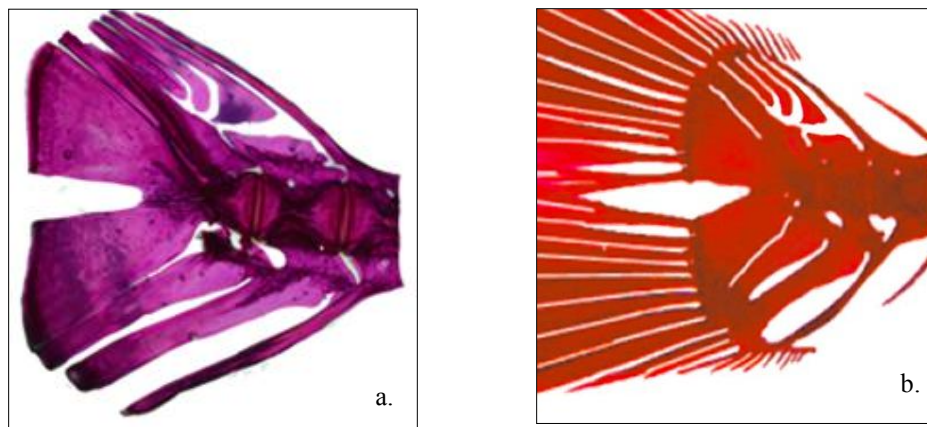


Fig. 51. Complejo Caudal de *Eucinostomus gula*.

a. Resultados b. De la Cruz-Agüero (2001).

Las estructuras correspondientes a *E. plumieri* y *E. axillaris* al igual que en las especies anteriores fueron comparadas solamente con lo descrito por De la Cruz-Agüero (2001), ya que fue el único que incluyó una descripción minuciosa del complejo caudal de estas especies. En *E. plumieri* las estructuras cotejadas presentan las siguientes características:

El **epural 1** no muestra curvatura, la parte basal presenta punta roma y es notablemente más ancha que el resto del hueso, tendiendo a ser delgada hacia su parte distal; el **epural 2** tiene un tamaño constante y su base presenta terminación roma, y el **epural 3** presenta una base semicircular con una pequeña punta, el margen de la estructura es liso (Fig. 52).

Arco neural, el dorso de esta estructura es cóncavo, presenta un montículo en un extremo y una extensión fusiforme en el otro, la porción anterobasal posee forma triangular con punta roma, por su parte la parte posterobasal se desprende justo antes del extremo de la vértebra, asciende con una curva y a la mitad de ésta se observa un pequeño reborde circular.

Parahipural es delgado y presenta un margen recto; en la parte anterobasal de la estructura se observa una pequeña cresta angular y una hendidura casi circular en el área posterobasal.

Espina hemal 2 es ancha, presenta además una hendidura pronunciadamente curvada que va en sentido ascendente, debajo de la hendidura se encuentra una pequeña cresta angular, la placa media hemal abarca cerca de un tercio del hueso, ésta tiene perfil bilobado y es angosta.

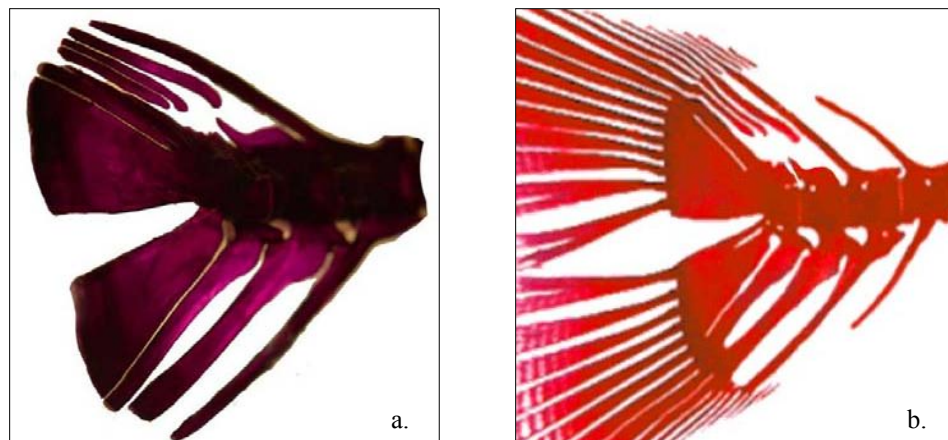


Fig. 52. Complejo Caudal de *Eugerres plumieri*.

a. Resultados b. De la Cruz-Agüero (2001).

Al confrontar los ejemplares de *E.axillaris*, se observó que las estructuras están conformadas de la siguiente manera:

El **epural 1** tiene margen ligeramente irregular, además tiene una ligera inclinación de la parte media hasta la base, esta última es delgada; **el epural 2** sufre adelgazamientos en la base y el final de la estructura, lo que confiere un margen visiblemente sinuado, su base tiene un adelgazamiento, esta parte del hueso asemeja un gota alargada. El **epural 3** presenta una base ancha y oval, el margen de esta estructura es liso pero presenta leves ondulaciones.

Arco neural, el dorso de esta estructura es sigmoide y su presenta elevación aguda, el espacio entre las elevaciones del arco es marcadamente cóncavo, su extensión anterobasal no es completamente visible, pues desciende a la vértebra uniéndose a ella, aparentando un pequeño peldaño. La parte posterobasal de ésta estructura se desprende mucho antes del extremo posterior de la vértebra con una ligera curva que posteriormente se extiende en forma diagonal (Fig. 53).

Parahipural, presenta un margen curvado y sinuoso en la parte basal, esta estructura además es gruesa y su ancho es constante, a causa de lo anterior la cresta se percibe pequeña y ligeramente encorvada; la hendidura en el área posterobasal tiene una reminiscencia en su parte inferior que hace ver esta hendidura más cerrada.

Espina hemal 2, esta estructura es muy ancha y presenta una hendidura pronunciadamente curvada en sentido ascendente, bajo la hendidura se encuentra una pequeña cresta arqueada, la placa media hemal es muy amplia y abarca cerca de un tercio del hueso.

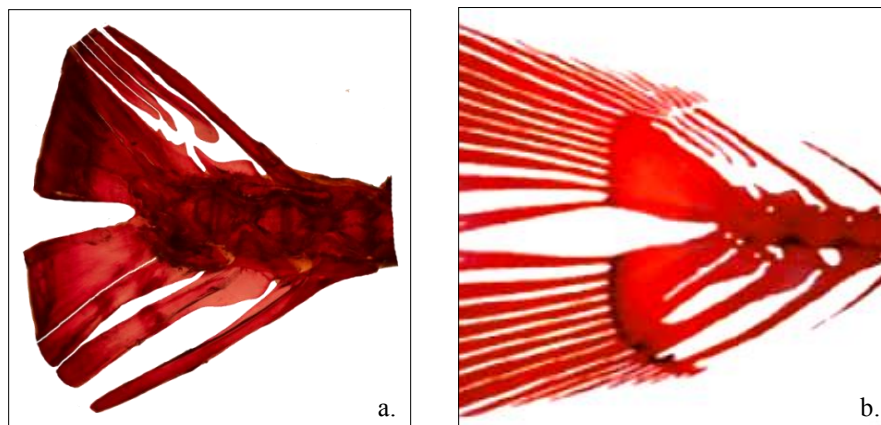


Fig. 53. Complejo Caudal de *Eugeres plumieri* a. Resultados b. De la Cruz-Agüero (2001).

El árbol registrado por De la Cruz-Agüero (2001), muestra la filogenia de algunos miembros de la familia gerreidae. Dicho árbol está desarrollado en base a caracteres osteológicos y morfológicos (Fig. 54). Al comparar las estructuras informativas o discriminatorias documentadas en este trabajo se propone las series de transformación de éstas de la siguiente manera.

La base del epural 3 se transforma progresivamente, en *Eugerres* ésta presenta una ligera curvatura que va haciéndose más pronunciada y gruesa en *Diapterus* y *Eucinostomus* sucesivamente.

La cresta neural en su parte dorsal en *Eugerres* es angular, en *Diapterus* ésta se encuentra en un estado intermedio entre angular y curvado. Mientras que en *Eucinostomus* es completamente curvada.

En el parahipural, la cresta en *Eugerres* es poco visible con margen angular, en *Diapterus* ésta es curvada y con margen liso, por último en *Eucinostomus* sigue el mismo patrón que en el género anterior, sin embargo aumenta su volumen.

La espina hemal 2 aunque resulta útil para la determinación tanto genérica como específica, no es informativa para el árbol filogenético, ya que, a diferencia de las demás estructuras no presenta un patrón progresivo respecto a su forma, por lo que se infiere que para ser tomada en cuenta es necesario contar con más especies del género.

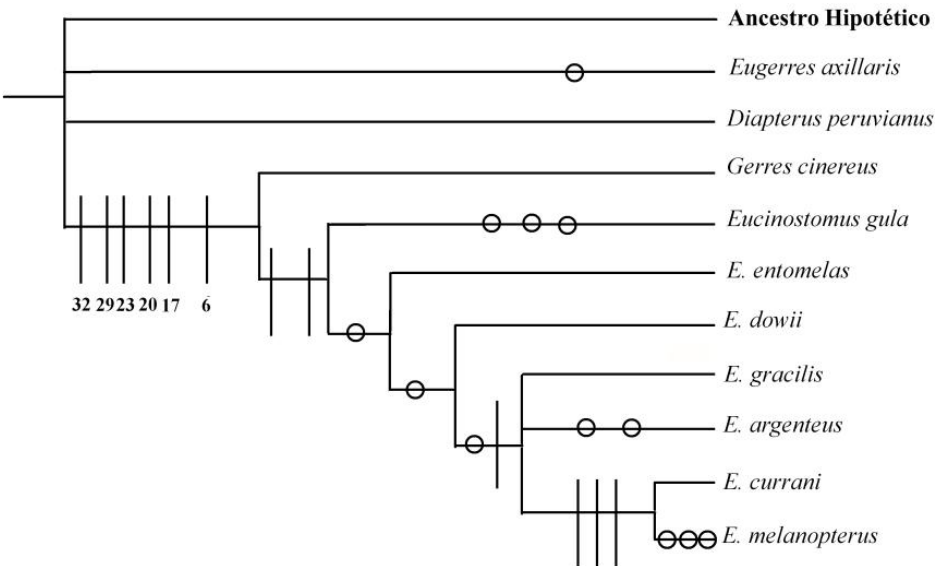
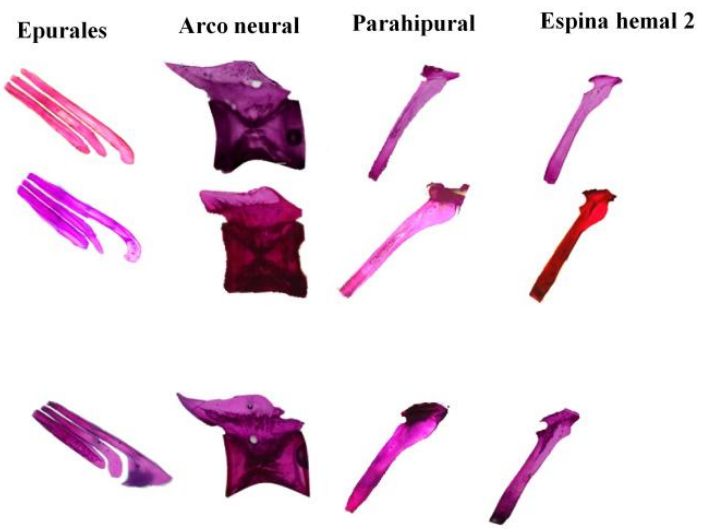


Fig. 54. Serie de transformación. Hipótesis de relación filogenética de *Eucinostomus* spp y géneros frateros de Gerreidae.

Conclusión

El análisis osteológico del complejo caudal de los gerreidos, corrobora y resalta la estructura taxonómica de las seis especies que se estudiaron.

El análisis ontogénico de las seis estructuras seleccionadas en organismos mayores a 80mm Lp, demostró que los epurales, arco neural, parahipural y espina hemal resultaron discriminatorias para determinación genérica y específica de los organismos, pues presentan un patrón respecto a su forma el cual además es conservativo a lo largo del crecimiento.

Por lo tanto esta metodología arrojó información que permite comprobar de una manera evidente, las disimilitudes entre los especímenes de las seis especies de gerreidos, de modo que se considera útil para la distinción de los individuos con caracteres morfológicos similares o considerados como difíciles de determinar taxonómicamente por morfología externa; esta investigación además sirve como base para estudios que permitan explicar funciones como locomoción, alimentación, depredación, reproducción, donde la posición de las aletas pectorales, pélvicas y caudal indican el grado de control de movimiento.

Bibliografía

- **Álvarez-Pliego, N.** 2004. Desarrollo osteológico de *Diapterus peruvianus* (Cuvier, 1830) (Percoidei: Gerreidae). Tesis de Maestría en Ciencias con Especialidad en Manejo de Recursos Marinos. CICIMAR-IPN. La Paz, Baja California Sur. México, 90p.
- **Allen, G.R. y Robertson, D.R.** 1994. Fishes of the tropical eastern pacific. University of Hawaii Press. Honolulu, 332p.
- **Andreata, J.V.** 1979. Osteologia da nadadeira caudal de *Diapterus* Ranzani e *Eucinostomus* Bair e Girard (Perciformes, Percoidei, Gerridae). Rev. Brasil. Biol. 39(1): 273-258.
- **Andreata, J.V. y L.R.R. Barbieri.** 1981. Osteologia cefálica do cranio de *Diapterus brasiliensis* Cuvier, 1830 (Perciformes, Percoidei, Gerreidae), Rev. Brasil. Biol. 41(3): 565-574.
- **Andreata, J.V.** 1988. Considerações sobre a osteología cefálica do Género *Diapterus* Ranzani, 1840 (Pisces, Perciformes, Gerreidae). *Acta Biologica Leopoldensia*, 10(2): 183-222.
- **Baldwin C.C. y Johnson, G.D.** 1999. *Paxton concilians*: A new genus and species of Pseudamine apogonid (Telostei: Percoidei) from northwestern Australia: the sister group of the enigmatic *Gymnapogon*. Australia, 40-52.
- **Balushkin, A.V.** 1990. *Morphological basis of the systematic and phylogeny of the Nototheniid fishes*. A. A. Balkema Editors. Rotterdam, 153p.
- **Barcelo-Márquez, A.C.** 1998. Osteología de *Diapterus rhombeus* (Valenciennes, 1830) (Pisces: Gerreidae). Tesis de Licenciatura en Biología Marina. Universidad de Oriente. Boca de Río. Venezuela, 99p.
- **Bleeker, P.** 1863: 44. Mémoire sur less poissons de la côte de Guinée. Nat. Verh. Holland Maatsch. Wetensch., 2 verz. deel XVIII: 1-136.
- **Brown, J.H. y Lomolino, M.V.** 1998. Biogeography. 2a. Edición. Sinauer. Sunderland, Massachusetts, 691p.
- **Castro-Aguirre, J.L.** 1978. Catálogo sistemático de los peces marinos que penetran a las aguas continentales de México, con aspectos zoogeográficos y ecológicos. Dir. Gral. Inst. Nal. de Pesca. Ser. Cienc. No. 19. México, D.F. 298p.

- **Castro-Aguirre, J.L., H.S. Espinosa-Pérez y J.J. Schmitter-Soto.** 1999. Ictiofauna estuarino lagunar y vicaria de México. Ed. Limusa, México, 564-565.
- **Contreras, E.F.** 1993. Ecosistemas Costeros México. CONABIO/ UAM Unidad Iztapalapa. México, D.F., xvi + 415p.
- **Curran, H.W.** 1942. A systematic review of gerreid fishes referred to the genus *Eucinostomus*, with a discussion of their distribution and speciation. Tesis de Doctorado. Univ. Michigan, E: U: A: 183pp.
- **Cuvier, G.** 1829. Le Règne Animal, distribué d'après son organisation, pour servir de base à l'histoire naturelle des animaux et d'introduction à l'anatomie comparée. Edition 2. Règne Animal (ed.2) v. 2: i-xv + 1-406 p.
- **Cuvier, G.E. y A. Valenciennes.** 1830. Historienaturelle des poissons, F. G. Levrault, Paris.1-559, 28 lams. (reimpreso en 1969, A. Asher, Amsterdam).
- **De la Cruz-Agüero, J. y F.M. Galván-Magañan.** 1993. Morphological discrimination of *Eucinostomus ssp.* From the Pacific coast of Mexico. Bull. Mar. Sci., 52(2): 819-824.
- **De La Cruz-Agüero, J., Galván, F., Rodríguez, J., Abitia, L. y Gutiérrez, F.** 1994. Lista sistemática de los peces marinos de Bahía Magdalena, Baja California Sur, México. Cien. Mar. 1994 20(1): 17-31.
- **De la Cruz-Agüero, J.** 2001. Sistemática y biogeografía de las especies del género *Eucinostomus* (Teleostei: Gerreidae). Tesis de Doctorado en Ciencias Marinas. CICIMAR-IPN. La Paz. B.C.S. 181p.
- **Deckert, G.D.** 1973. A systematic revision of the genera *Diapterus* and *Eugerres*: with the description of a new genus *Schizopterus* (Pisces: Gerreidae). Disertación en Ciencias. Vorthem Illinois University. Dekalb, Ill. 74p.
- **Doyle, K.D.** 1998. Osteology of *Dactyloscopus tridigitatus* (Dactyloscopidae: Blennioidei). Bull. Of Mar. Sci. 63: 33-50.
- **Dunn, J.R.** 1983. The utility of developmental osteology in taxonomic and systematic studies of teleost larvae: a review. NOAA Tech. Rep. NMFS Circ. 450, 19p.
- **Eschmeyer, W.** 1998. *Catalog of fishes*. Vol.1 (2). San Francisco. California Academy of Sciences, 1998.

- **Evermann, B.W. y S.E. Meek.** 1886. A revision of the American species the genus *Gerres*. Proc. Acad. Nat. Sci. Philad., pp. 256-272.
- **FAO:** 2002. Species identification guide for fishery purposes the living marine resources of the Western Central Atlantic: Vol. 2 Bony fishes part 1.
- **Froese, R. y D. Pauly. Editors.** 2012. Fish Base. World Wide Web electronic publication. www.fishbase.org, version (02/2013).
- **Gill, T.N.** 1862. Catalogue of the fishes of Lower California, in the Smithsonian Institute, Collected by Mr. John Xantus. Part II. Proc. Acad. Nat. Sci. Phil, 14: 242-246.
- **Goode, G.B. y Bean, T.H.** 1879. Catalogue of collection of fishes obtained in the Gulf of México, by Dr. J. W. Vele, whit descriptions of seven new species. Proc. U.S. Nat. Mus. 2: 333-345.
- **Gosline, W.A.** 1961. The perciform caudal skeleton. Copeid 1963 (3): 265-270.
- **Günther, A.** 1859. Catalogue of the fishes in the collection of the British Museum. Vol. 1, 1-529. Londres: Taylor and Francis.
- **Günther, A.** 1862. Catalogue of the fishes in the collection of the British Museum. Vol. 2, 1-548. Londres: Taylor and Francis.
- **Hubbs, C.L.** 1943. Criteria for subspecies, species and genero as determined by research and fishes. Annals of the New York Academy of Sciences, 44 (2) 109-121.
- **James, P.S.B.R.** 1985. Comparative osteology of the fishes of the family Leiognathidae. Indian J. Fish, 32(3): 309-358.
- **Johnson, G.D.** 1975. The procurrent spur: an undescribedperciform caudal character and its phylogenetic implications. Occas. Pap. Calif. Acad. Sci. 121: 1-23.
- **Johnson, G.D.** 1983. *Niphon spinosus*: A primitive Epinephelinae serranid, with comments on monophyly and intrarrelationships of Serranidae. Copeia, 1983 (3): 777-787.
- **Johnson, G.D.** 1984. Percoidei: development and relationships, p. 464-498. In: H.G. Moser, W.J. Richards, D.M. Cohen, M.P. Fahay, A.W. Kendall, Jr. y S.L. Richardson (Eds.). *Ontogeny and systematics of fishes*. Special Publication No. 1, American Society of Ichthyologists and Herpetologist. Allen Press. Lawrence, Kansas.

- **Johnson, G.D. y Patterson, C.** 1993. Percomorph phylogeny: a survey of acantomorphs and a new proposal. *Bull. Mar. Sci.* 52 (1):554-626.
- **Jordan, D.S. y Evermann, B.W.** 1898. The fishes of north and middle America. *Bull. U. S. Nat. Mus.* 47 (2): 1241-2183.
- **Jordan, D.S.** 1895. The fishes of Sinaloa. *Proc. Calif. Acad. Sci.* 2(5): 377-514.
- **Jordan, D.S.** 1923. A clasification of fishes, including families and genera as far known. *Standford Univ. Publ. Biol. Sci.* 3(2): 1-243.
- **Keivany, Y. y Nelson J.S.** 1998. Comparative osteology of the greek ninespine stickleback, *Pungitus hellenicus* (Telostei, Gasterosteidae). *J. Ichthyol.* 38 (6): 430-440.
- **Kobelkowsky, A. y M. Alemán- Rivero.** 2000. Branquiocráneo de la mojarra de mar, *Diapterus auratus* Ranzani (Pisces: Gerreidae). *Universidad y Ciencia.* 16(32): 19-26.
- **Kobelkowsky, A.** 2003. Comparative osteology of the mojarras (Pisces: Gerreidae) p. 77-80. In A. F: Guzmán, O. J. Polaco y F. J. Aguilar (ed.) *Presence of the archaeoichthyology in Mexico. Proceedings of the 12th meeting of the fish remains working group of the internacional council for archaeozoology.* Guadalajara, Jalisco México 4-12 septiembre 2003. CONACULTA-INAH.
- **Kobelkowsky, A.** 2004. Osteología de la mojarra de mar, *Diapterus auratus* Ranzani (Teleostei, Gerreidae). *Hidrobiológica,* 14(1): 1-10.
- **Kusaka, T.** 1974. The urohyal of fishes. *Univ. Tokyo Press.* 320p.
- **Lauder, G.V. y Liem, K.F.** 1983. The evolution and interrelationships of the actinopterygian fishes. *Bull. Mus. Comp. Zool.,* 150: 95-197.
- **Lauder, G.V.** 1989. Caudal fin locomotion in ray-finned fishes: historical and functional analysis. *Amer. Zool.,* 29:85-102.
- **Matheson, R.E. y J.D. McEachran.** 1984. Taxonomic studies of the *Eucinostomus argenteus* complex (Pisces: Gerreidae) preliminary studies of external morfologycopeia. 1984(4): 893-902.
- **Meek, S. E. y Hildebrand.** 1925. The marine fishes of Panama. Part II. Field Museum of Natural History, Pub. No. 226. Zoological Series, Vol. XV. pp. 581-604.

- **McDowall, R.M.** 1999. Caudal skeleton in *Galaxias* and allied genera (Teleostei: galaxiidae). *Copeia* 1999 (4): 932-939.
- **Nelson, J.S.** 1994. *Fishes of the world*. 3^a ed. New York : John Wiley & Sons. 600 p.
- **Nelson, J.S.** 2006. *Fishes of the World*. 4th ed. Hoboken (New Jersey, USA): John Wiley & Sons. xix + 601 p.
- **Nybelin, O.** 1973. Comments on the caudal skeleton of Actinopteryans, p. 369-373. *In*: P.H. Greenwood, R.S. Miles y C. Patterson, (Eds). *Interrelationships of fishes*. Academic Press. Nueva York
- **Ortíz-Galindo, J.L., J.L. Castro-Aguirre, E.F. Balart y N. Álvarez-Pliego.** 2008. Description of ontogeny and osteological development of the streaked mojarra *Eugerres lineatus*. *Zootaxa*, 1911: 1-30.
- **Ortíz-Galindo, J.L.** 1991. Ontogenia inicial de la mojarra rayada *Eugerres axillaris* Günter, 1864. CICIMAR-IPN. La Paz B.C.S., 65.
- **Picciolo, A.** 1960. The development of the anterior interhemal cone of *Eucinostomus argenteus* Baird and Girard. *Copeia*, (1): 70-71.
- **Pietsch, T.W.** 1995. Historical portrait of the progress of ichthyology, from its origins to our own time. Georges Cuvier. John Hopkins University Press. Baltimore, 366pp.
- **Pinna. M.C.C.** 1996. Teleostean monophyly, p. 147-162. *In*: M.L. J. Stiassny, L.R. Parenti y G. D. Johnson (Eds.). *Interrelationships of fishes*. 2a Edición. Academic Press. Nueva York.
- **Potthoff, T.** 1975. Development and structure of the caudal complex, the vertebral column, and the pterygiophores in the blackfin tuna (*Thunnus atlanticus*, Pisces, Scombridae). *Bull. Mar. Sci.* 25: 205-231.
- **Potthoff, T. y Tellock, J.A.** 1993. Osteological development of the snook, *Centropomus undecimalis* (Teleostei, Centropomidae). *Bull. Mar. Sci.* 52: 669-716.
- **Ranzani, C.** 1842. De novis speciebus piscium. Dissertationes Quator. NOvi Comment. Acad. Sci. Inst. Bonon., 1842: 339-366.
- **Rubio, R.U.** 2011. Osteología comparada de los peces linterna del género *Triphoturus* Fraser- Brunner, 1999 (Teleostei: Myctophidae). CICIMAR-IPN. La Paz, B. C. S., 120pp.

- **Schultze, H.P. y Arratia, G.** 1989. The composition of the caudal skeleton of teleosts (Actinopterygii: Osteichthyes). *Zool. J. Linn. Soc.* 97:189-231.
- **Schultze, H.P.** 1949. A further contribution to the ichthyology of Venezuela. *Proceedings of the U. S. National Museum*, 99: 1-211.
- **Starks, E.C.** 1911. The osteology and relationship of *Leiognathus*, a genus of scombroid fishes. Standfor Univ. Press 5: 5-15.
- **Strauss, R.E. y C. E. Bond.** 1990. Taxonomic .Methods for fish biology. American Fisheries Society, Bethesda, Maryland, E.U.A. 684pp.
- **Taylor, W.R. y Van Dyke, G.C.** 1985. Procedimientos revisados para la limpieza de manchas y los pequeños peces y otros vertebrados para el estudio de huesos y cartílagos. *Cybium*, 9 (2): 107-119.
- **Yañez, A.A.** 1980 ["1978"]. Taxonomía, ecología y estructura de las comunidades de peces en lagunas costeras con bocas efímeras del Pacífico de México, *Cent. Cienc. Mar y Limnol. Pub. Esp. No. 2.* UNAM. México, D.F., 306 p.

Glosario

Actinostos: Osículos endocondriales que soportan los radios de las aletas. Sinónimo de radiales.

Aleta: Apéndices locomotores que aseguran la natación y estabilidad del cuerpo. Todas las aletas presentan una doble armadura esquelética: el endoesqueleto, constituido por piezas cartilaginosas u óseas que soportan los radios, y el exoesqueleto, formado por los radios que sostienen la membrana natatoria. Se distinguen las aletas impares- dorsal, anal y caudal- y las aletas pares- pectorales y pélvicas.

Arco hemal: Estructura en la base de las espinas hemales formada por la unión de la haemoapófisis de las vértebras abdominales o caudales. Este arco protege el cordón hemal que pasa a través de él.

Arco neural: Estructura en la base de las espinas neurales formada por la unión de la neuroapófisis vertebrales. Este arco protege el cordón neural que pasa a través de él cráneo hasta la cauda.

Articulación: Punto o región de unión entre dos huesos.

Autógeno: Que se origina o engendra de manera independiente.

Cauda: Cola, parte extrema posterior de cierto organismo.

Cartilago: Tejido esquelético, firme elástico y traslucido, formado por células redondeadas incluidas en una matriz de colágeno que puede contener numerosas fibras, carece de vasos sanguíneos en organismos adultos.

Cresta: Extensiones óseas de forma laminar, presentes en espinas neurales y hemales y en pteriogióforos.

Epineural: Primitivos huesos intermusculares que pueden o no estar fusionados al centro vertebral, generalmente comienzan en la primer vertebra y recorren todo el dorso hasta las últimas vertebras.

Epipleural: Huesos intermusculares que comienzan en la parte media inferior y se encuentran hasta las últimas vertebrae caudales.

Escamas: Las escamas son producciones que recubren el tegumento de los peces.

Foramen: Orificio, abertura o perforación en uno o más huesos.

Fusión: Unión de dos segmentos esqueléticos mediante la neoformación de tejido óseo.

Hueso: Cada una de las partes solidas y duras cuyo conjunto forma el esqueleto en la mayoría de los vertebrados; consiste de osteocitos incluidas en una matriz que las circunda compuesta por sales de calcio en un 60% a 65%. Las células óseas están conectadas entre sí por pequeños canalículos a través de la matriz.

Lamina: Parte delgada y plana de los huesos, cartílagos, tejidos y membranas de los seres vivos.

Parahipural: Espina hemal modificada del primer centro pleural. Es el último arco hemal que cruza la aorta dorsal.

Parapófisis: Proceso lateral que se extiende del centro vertebral de la región abdominal de la columna vertebral.

Pestaña hipural: Término erróneo empleado anteriormente para nombrar al parahipural.

Quilla: Cada parte saliente o afilada de una estructura ósea, en el esternón de las aves se encuentra muy desarrollado.

Radios: Los radios son piezas esqueléticas de origen dérmico que constituyen el exoesqueleto o armadura externa de las aletas.

Sutura: Unión entre dos huesos que no presentan movimiento entre ellos, la cual implica una delgada capa de tejido conectivo entre ellos.

Trabécula: Engrosamiento en la superficie del hueso a manera de enervaciones.

Urostilo: Último segmento de la columna vertebral que representa la fusión de varios centros vertebrales. El urostilo se considera una unidad más en el conteo total de vertebras.