



UNAM IZTACALA

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES IZTACALA

**OSTEOLOGÍA COMPARADA DE *Achirus lineatus*
(LINNAEUS, 1758) Y *Achirus mazatlanus* (STEINDACHNER,
1869) (PLEURONECTIFORMES: ACHIRIDAE)**

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
B I Ó L O G A
P R E S E N T A :
Jatziry Marlene Gracian Negrete

DIRECTOR DE TESIS:
Dr. Adrián F. González Acosta

Asesora:
Dra. Mónica González Isáis



Tlalnepantla, Estado de México,

Marzo del 2010



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

DEDICATORIA

A las personitas que me dieron la vida. A mi mamá, Minerva Negrete por las frieguitas, enseñarme a leer, todo tu apoyo incondicional, amor, consejos, entrega, lucha y ser un gran ejemplo a seguir que me traen hasta este día.

A mi papá, Biólogo Salvador Gracian, por la pasión con que realizas tu trabajo que motiva a muchos a seguir en este arduo camino de la biología, por dejar en mi esa gran pasión de la lectura que te lleva a mundos inimaginables. Por el calor de hogar. Y aquellas largas caminatas entre la naturaleza.

A mi hermana, Itzel Monc Gracian Negrete por compartir juntas un poco más de 18 años, por tu apoyo indudable, tu fantástico mundo de colores lleno de aventuras y locura que siempre te caracteriza. Por ser mi fiel acompañante.

A mi abuelita, Guadalupe Colín por hacer de su hija una mujer de valor incalculable luchando con dientes y uñas en todo momento, por todos tus consejos y apoyo. Y por todos los paisajes que nos llevaste a conocer cuando eras pequeñas.

A mi tía, Elvia Negrete y toda su familia que extraño mucho, por su gran calidad humana, garras para enfrentar las pruebas duras de la vida y sus bendiciones.

A mis abuelos, Genoveva Sandoval y Salvador Gracian por el afecto que me han demostrado. A mis tíos y primos, Lupita Gracian, Carlos Gracian, Ireli Gracian y Carlos Gracian junior por los buenos momentos que hemos compartido.

A Fernando Del Moral Flores por su amor, confianza y paciencia, pero sobretodo por ser parte importante de este ser, por que "sé que puedo contar contigo no hasta tres o hasta diez sino contar contigo" (Benedetti). Y a su valiosa y hermosa familia por todo su apoyo.

A mis perritos, lagartijas, tortugas, serpientes y ranas (Daysi, Capi, Malu, Pancho, Chavela etc.) porque con ellos he comprendido más el enorme valor de la vida.

A mis amigos Fernanda Granciano, Abril Solis, Alma Contreras, Ingrid Torres, Ilce Melgoza, Cristian Rojas, Adrián Cazares, Yair Cortes, Magui, Celeste, Claudia y todos lo que me falten por mencionar por todos aquellos momentos disfrutados.



AGRADECIMIENTOS

Mi más sincero agradecimiento al comité revisor.

En particular al Biol. José Antonio Martínez Pérez por haberme acercado al increíble mundo de los peces, desde hace ya algún tiempo.

Al Dr. Adrián González Acosta por aceptar ser mi director de tesis, por todas y cada una de las minuciosas revisiones de este manuscrito.

También quiero agradecer a la Dra. Mónica González Isáis por sus sabios consejos en la elaboración de los dibujos, su tiempo y todo su apoyo. Al M. en C. Héctor Montes, por aquellas charlas en laboratorio que te dejan alguna enseñanza.

Al Dr. José Luis Castro-Aguirre por esta magnífica idea de comparar a estas dos especies.

Al M. en C. Héctor Espinosa Pérez de la Colección Nacional de Peces del IBUNAM por el préstamo de material biológico.

Al Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas del IPN por permitirme realizar una estancia por aquellas instalaciones, en particular a la Colección Ictiológica y los miembros que lo conforman por el préstamo de material biológico.

Al Dr. Jonathan Franco y Técnico Charlie por su apoyo en la obtención de material biológico.

A Fernando Del Moral Flores quien fue de gran ayuda en las recolectas realizadas en el Estero del Conchalito, BCS y sus consejos.

A Yair por la aportación de dos peces ya transparentados que fueron de gran ayuda.

Gracias a mi amiga durante la carrera Ilce Melgoza, por aquellas pláticas, cafés, comidas, desveladas, prácticas de campo, risas, consejos y por su amistad.

Y a mi amiga Abril Solís por estar en todo momento, por esos tiempos de interminables charlas.



“Hasta la fecha, nosotros los morfólogos no tenemos la teoría total de la evolución. Pero parece ser que en el futuro cercano, lo ecólogos, lo genetistas y lo biólogos del desarrollo pueden evocarse para crear la teoría, usando sus propias investigaciones pero basadas en las nuestras”

Alexei Nikolaeovich Severtsov, 1935



ÍNDICE

	Página
Agradecimientos	I
Dedicatoria	II
Pensamiento	III
Resumen	IV
Índice	V
Introducción	1
Antecedentes	5
Objetivos	10
Materiales y métodos	11
Resultados	14
Discusión	58
Conclusiones	68
Literatura citada	69
Anexos	75

RESUMEN

Se describió la osteología comparada de *Achirus lineatus* (Linnaeus, 1758) y *A. mazatlanus* Steindachner (1869), a partir del examen de organismos obtenidos mediante recolectas *in situ* (Veracruz y Baja California Sur, respectivamente) y de colecciones científicas de referencia (CICIMAR-IPN e IBUNAM). Los organismos fueron identificados con claves taxonómicas especializadas y procesados mediante técnicas de transparentación y tinción diferencial. El esqueleto de las especies bajo estudio es marcadamente asimétrico en las regiones olfatoria, orbital y mandibular; muestran una serie de fusiones a nivel del etmoides, etmoides lateral y prefrontal. Dicha asimetría es menos pronunciada en el branquiocráneo. La dentición está restringida a los huesos premaxilar y dentario del lado ocular. Los infraorbitales y lacrimal, están ausentes en la serie orbital. Los arcos branquiales, en su composición y arreglo, son típicos del grupo de los Perciformes; mientras que los otolitos son de forma cuadrangular y homosulcoides. El urohial tiene la forma de boomerang. Ambas especies poseen de 27 a 29 vértebras (ocho preanales y 19 a 20 postanales). Los primeros cinco pterigióforos dorsales se ubican sobre la cresta supraoccipital. La aleta anal se une por medio de una membrana dérmica a la aleta pélvica. La aleta pectoral se presenta solo del lado ocular y está constituida por tres a cuatro radios en *A. mazatlanus*; en tanto que en *A. lineatus*, se compone de tres a seis radios unidos al cleitrum mediante un cartílago (ausente en adultos). La aleta pélvica posee cinco radios y está sostenida por el basipterigio. El esqueleto caudal tiene una estructura similar en ambas especies (1 epural+ 5 hipurales+1 parhipural, una espina neural y dos hemales). No se observaron diferencias osteológicas a lo largo del área de distribución conocida de las especies.

Palabras clave: Osteología, Achiridae, *Achirus lineatus*, *A. mazatlanus*, Pleuronectiformes.

INTRODUCCIÓN

Entre los vertebrados marinos, los peces ocupan un lugar esencial no solo por el número de las especies conocidas (superior a las 30,000), sino también por la extraordinaria variedad de sus adaptaciones ecológicas, que implican una serie de importantes modificaciones morfológicas y de su comportamiento (Márquez, 2007).

El orden de los Pleuronectiformes, constituye un grupo de peces con forma aplanada, comúnmente conocidos como lenguados o “suelas”; los cuales desde el punto de vista filogenético, son considerados como un grupo natural o monofilético (Chapleau, 1993), compuesto por organismos con amplia distribución en las regiones subtropicales y tropicales del océano mundial. Dentro de este grupo, se reconocen un total de 14 familias, 134 géneros y cerca de 678 especies (Nelson, 2006).

Los peces planos se caracterizan por presentar la mayor especialización anatómica conocida dentro del grupo de los vertebrados, la cual se manifiesta en la asimetría corporal de sus formas adultas, ocasionada por la migración de uno de los ojos durante su desarrollo larvario (Friedman, 2008; Janvier, 2008). En estos organismos tiene lugar un proceso de metamorfosis que es inducido por la hormona tiroidea (THS), mediante el cual se lleva a cabo la deformación de la parte anterior del cráneo, que a su vez da origen a la presencia de ambos ojos en un mismo lado del cuerpo, izquierdo o derecho, según la especie que se trate (Okada et al., 2003). La deformación de la caja craneal afecta a los elementos cefálicos tales como las ramas mandibulares y maxilares, que por lo general están retorcidas, debido a un desarrollo desigual; un proceso similar da forma a los dientes, cuya disposición y dimensión son diferentes en el lado ocular del pez (Amaro, 1986).

La forma corporal aplanada o dorsalmente comprimida de estos organismos, representa una característica que les permite permanecer sobre el sustrato durante el estadio adulto. Son especies crípticas con en el fondo del ecosistema que habitan, utilizando

está característica para escapar de sus depredadores, o bien, como estrategia para el acecho de sus presas (Jordan, 1923). La pigmentación se acumula en el flanco ocular, el cual se encuentra sometido a la acción de la luz; mientras que el lado ciego sobre el cual reposan, es blanco, salvo rara excepción. En cuanto a los bordes de las aletas dorsal, anal y caudal, se observan algunas manifestaciones de pigmentación (Amaro, 1986).

A lo largo de las costas Mexicanas, el orden Pleuronectiformes se encuentra representado por cinco familias: Achiridae, Bothidae, Cynoglossidae, Paralichthyidae y Pleuronectidae, las cuales en su conjunto comprenden 17 géneros y 63 especies (Rodríguez, 2002). Dentro de este grupo de los Pleuronectiformes se destacan los miembros de la familia Achiridae, en la cual se incluyen alrededor de nueve géneros y cerca de 30 especies, cuyos representantes tienen una distribución anfiamericana (Castro-Aguirre et al., 1999). En las costas Mexicanas se encuentran representadas siete especies del género *Achirus* Lacepède 1802: *A. achirus* (Linnaeus, 1758), *A. declivis* Chananaud, 1940, *A. klunzigeri* (Steindachner, 1880), *A. lineatus* (Linnaeus, 1758), *A. mazatlanus* (Steindachner, 1869), *A. scutum* (Günther, 1862) y *A. zebrinus* Clark, 1936 (Froese y Pauly, 2008).

De manera particular, el género *Achirus* se distingue por presentar las cavidades branquiales comunicadas entre sí, a través de una estructura conocida como foramen; además de un par de aletas pectorales reducidas en su tamaño (Castro-Aguirre et al., 1999). Las especies *A. lineatus* y *A. mazatlanus* son peces bentónicos que habitan en aguas costeras con profundidades menores a 20m. *Achirus lineatus* tiene su distribución en la costa del Atlántico occidental, desde Florida (Estados Unidos) hasta el norte de Argentina, incluyendo el Golfo de México (Fig.1); mientras que *A. mazatlanus* se distribuye en el Pacífico oriental, desde Baja California (México) hasta Puerto Pizarro, Perú (Froese y Pauly, 2008; Fig. 1).

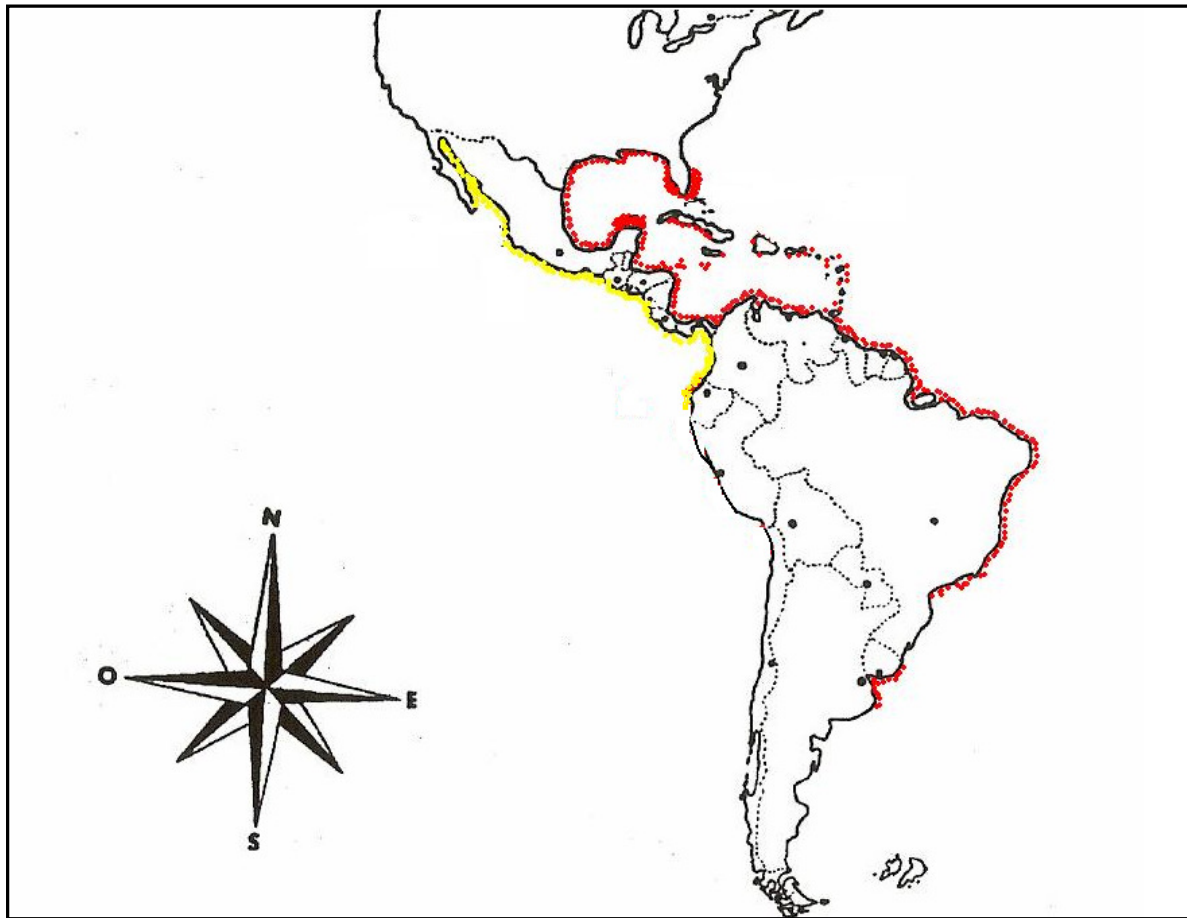


Figura 1. Distribución conocida de *A. lineatus* (rojo) y *A. mazatlanus* (amarillo), modificado de Froese y Pauly (2008).

Recientemente, se ha establecido que para precisar el estatus y las relaciones de las diferentes jerarquías taxonómicas (familia, género, especie), es necesario hacer estudios de osteología comparada (Futch et al., 1972). En los últimos años el estudio osteológico en peces planos ha tomado gran importancia, sobre todo aquellos trabajos que hacen referencia a las relaciones de parentesco entre las diferentes especies, las cuales ponen especial atención en el análisis del complejo caudal, ya que esta estructura proporciona información suficiente para el establecimiento de las relaciones ancestro-descendencia entre familias, géneros y especies (Hoshino, 2001b). Información que por lo general es escasa para género el *Achirus*, por lo que es

importante llevar a cabo estudios que contribuyan al conocimiento de la estructura esquelética en este grupo de peces.

Debido a la complejidad taxonómica del grupo de los Pleuronectiformes, la familia Achiridae y en particular el género *Achirus*, no han sido revisados a nivel osteológico en su totalidad. Por lo tanto, el presente estudio pretende abordar la descripción osteológica de las especies *A. lineatus* y *A. mazatlanus*.

ANTECEDENTES

Dada la importancia, tanto ecológica como pesquera del grupo de los lenguados, se han llevado a cabo diversos estudios que abordan aspectos de la biología, ecología, taxonomía y distribución de sus especies. Algunos de estos se refieren a continuación:

Trabajos históricos que pretenden ordenar de manera adecuada a estos organismos, son los de Jordan (1923), quien estableció una primera clasificación de los Pleuronectiformes y sus representantes, dividiendo a este grupo de peces en cuatro familias: Achiridae, Cynoglossidae, Soleidae y Synapturidae. Posteriormente, Norman (1934), realizó una revisión en la cual incluyó a tres de las cinco familias reconocidas hasta ese momento (Psettodidae, Bothidae y Pleuronectidae), este autor basó su propuesta en la descripción osteológica de ejemplares depositados en el Museo Británico de Historia Natural (BMNH). Más tarde, Hubbs (1945), realizó un trabajo con la familia Citharidae para el conocimiento de su posición filogenética.

Debido a la gran complejidad que tiene el grupo, se han realizado trabajos que intentan ordenar, de manera correcta, a los integrantes de este orden. En la actualidad, la clasificación del orden Pleuronectiformes se fundamenta en los estudios de Chapleau (1993), Cooper y Chapleau (1998), Hoshino (2001 a, b) y Nelson (2006).

Gulley et al. (1975), se encargaron de describir las conexiones nerviosas visuales en organismos adultos de *A. lineatus*, encontrando una gran semejanza con las conexiones visuales del encéfalo que poseen otros teleósteos. Mientras que Okada et al. (2003), destacan la importancia de las hormonas en el proceso de migración del ojo en la familia Paralichthyidae.

Amaro (1986), realizó un estudio sobre la distribución de los Pleuronectiformes en el Golfo de México, en el cual además aporta información sobre las características merísticas, morfológicas y de coloración de cada especie de este grupo. También se

cuenta con el estudio realizado por Abundio (1987), quien abordó la distribución y abundancia larvaria de los peces de este orden en el sur del Golfo de México.

Con el fin de conocer el crecimiento durante estadios larvarios, López (1989) llevó a cabo un estudio basándose en el análisis de marcas diarias en otolitos de peces planos provenientes del sur del Golfo de México. Otros de los estudios realizados con larvas de peces planos, es el de Tucker (1982) quien describió las etapas de preflexión y transformación de larva a juvenil, en ejemplares de *Citharichthys* y *Etropus*; como parte de sus conclusiones, este autor mencionó que la fórmula de la aleta de caudal podría representar un carácter diagnóstico para el reconocimiento de las especies de los géneros antes mencionados.

Estudios osteológicos llevados a cabo dentro del grupo de los Paralicthyidae, son los de Díaz de Astarloa (2005) quien comparó el esqueleto craneal de tres especies de lenguados presentes en el Atlántico suroccidental (*Paralichthys isosceles* Jordan, 1891, *P. orbignyanus* (Valenciennes, 1839) y *P. patagonicus* (Jordan, 1889), donde además describe las características de los componentes óseos y las diferencias morfológicas y morfométricas encontradas entre las especies. Por otra parte, Kobelkowsky (2002) realizó un estudio osteológico de *Citharichthys spilopterus* Günther, 1862, donde describe el esqueleto completo de este pez y menciona que la fórmula de la aleta caudal es epural+5+3+4-1+2 parhipural.

Los diferentes trabajos osteológicos realizados en el grupo de los Pleuronectiformes, han coadyuvado a su mejor clasificación y determinación, pues a través de ellos ha sido posible agrupar o separar a sus miembros en géneros, familias y hasta especies. Tal es el caso de *Tephrinectes sinensis* (Lacepède, 1802), especie que hasta antes del estudio de Hoshino y Amaoka (1998), era considerada como miembro de los Paralicthyidae; sin embargo, con ayuda de la descripción osteológica y la determinación de sus caracteres apomórficos, los autores establecieron que el grupo hermano *T. sinensis* corresponde a un clado compuesto por los Poecitopsettinae,

Rhombosoleinae, Samarinae, Achiridae, Soleidae y Cynoglossidae; dichos grupos comparten la presencia de la segunda espina neural en la porción distal, lo que además apoya la separación de *T. sinesis*.

Chapleau (1993), llevó a cabo un análisis cladista, a partir de elementos osteológicos, sobre las relaciones que se encuentran entre los Pleuronectiformes, estableciendo que estos son grupos monofiléticos; situación determinada a partir de la existencia de tres sinapomorfias: cráneo asimétrico asociado a la migración ocular, aleta dorsal desarrollada hasta el cráneo y presencia de una depresión orbital.

Posteriormente, Cooper y Chapleau (1998) llevaron a cabo un análisis filogenético de las interrelaciones entre 53 de las 59 especies de la familia Pleuronectidae, donde utilizaron 106 caracteres (morfológicos y osteológicos). A partir de este análisis concluyen que los Pleuronectidae son un grupo monofilético, de acuerdo con el reconocimiento de diez sinapomorfias. De igual manera, Chanet (2003) realizó un análisis cladista de ocho especies incluidas en los Scopthalmidae, donde utilizó 25 características osteológicas; sus resultados confirman, con apoyo en dos características apomórficas, que el género *Scopthalmus* es monofilético, en tanto que el género *Lepidorhombus*, constituye el grupo hermano del clado *Phrynorhombus+Zeugopterus*. Por otro lado, Chanet y Desoutter-Meniger (2008) compilaron un glosario de términos anatómicos derivados de los trabajos de sistemática realizados en peces planos por el francés Paul Chabanaud.

Hoshino (2001a), estudió a los Citharidae que representan un grupo transicional entre los Psettodoidei y otros típicos Pleuronectoides. Señala que pertenecen a un grupo monofilético sustentado por seis sinapomorfias. Este mismo autor realizó un trabajo sobre homologías de los radios de la aleta caudal de algunos representantes de los Pleuronectiformes. Asimismo, se tienen trabajos como el de Sánchez (2001) quien estudio las similitudes entre ocho especies mexicanas de este orden, a partir del

análisis del esqueleto post-craneal y mediante el empleo de la técnica de transparentación.

Dentro de los antecedentes particulares de la familia Achiridae, se puede mencionar el estudio de Kobelkowsky (2000), quien analizó el sistema urogenital de ejemplares de esta familia en el Golfo de México. Futch et al. (1972), describieron las primeras etapas del desarrollo osteológico en *A. lineatus*; en dicho estudio se documentó una secuencia de eventos osteológicos en tallas desde 2.14 mm hasta 14 mm LP. Por otro lado, se conoce el estudio realizado por Ortiz-Galindo et al. (1989), quienes describieron las primeras fases del desarrollo del “sol mexicano” *A. mazatlanus*, concluyendo que en la etapa juvenil el pez ha completado el número de radios en las aletas pectorales, así como los pterigióforos de las aletas dorsales y anales.

Entre los estudios bioecológicos realizados en *A. lineatus* se encuentra el de Méndez (1999), quien tomó en cuenta para su estudio los aspectos alimenticios, parasitarios y realizó además la descripción de las gónadas de la especie. Otro de los trabajos de este tipo para la especie, es el efectuado por Flores-Coto (1992)—quien observó un patrón de crecimiento lineal en larvas de estos organismos. Los estudios referentes a *A. mazatlanus*, son los de Amezcua-Linares y Castillo-Rodríguez (1992), quienes estudiaron su alimentación y reproducción en el sistema lagunar costero de Agua Brava, Nayarit. Dichos autores indican que la especie es un consumidor de segundo orden que se alimenta básicamente de poliquetos, crustáceos y peces; ocasionalmente, incluye algas en su dieta. Con relación a las características reproductivas de la especie, mencionan que los eventos de reproducción pueden ocurrir casi todo el año, aunque se han identificado dos períodos principales: primavera-verano e invierno.

Comentarios sobre la biología de las especies

Los aspectos biológicos básicos en estas especies son prácticamente escasos, excepto por su mención de que son reconocidos como consumidores de segundo orden, así

como la reproducción que puede ocurrir en cualquier época del año (e.g., Méndez, 1999; Amezcua-Linares y Castillo-Rodríguez, 1992). Además se conoce que estos organismos tienen parásitos en su interior. También se sabe que los representantes de la Familia Achiridae, habitan tanto en agua marina como dulce, sobre sustratos arenosos (Nelson, 2006).

OBJETIVO GENERAL

Contribuir al conocimiento de la anatomía ósea de los lenguados *Achirus lineatus* y *Achirus mazatlanus*, en etapas de juvenil a adulto.

OBJETIVOS PARTICULARES

Describir los caracteres osteológicos del esqueleto cefálico, axial y caudal de las especies bajo estudio.

Establecer las diferencias y semejanzas entre las especies, a partir del análisis comparativo de su anatomía ósea.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los ejemplares de *A. lineatus* se obtuvieron de la Colección Nacional de Peces del Instituto de Biología de la Universidad Nacional Autónoma de México (IBUNAM). Otros materiales de la especie, fueron adquiridos de recolectas realizadas en Alvarado, Veracruz. El material biológico de *A. mazatlanus* fue proporcionado por la Colección Ictiológica del Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas del Instituto Politécnico Nacional (CICIMAR-CI) y del propio IBUNAM, así como de las recolectas realizadas en las inmediaciones del estero El Conchalito, ubicado en la Ensenada de La Paz, BCS ($24^{\circ}08'34''$ y $24^{\circ}07'40''$ N; $110^{\circ}21'04''$ y $110^{\circ}20'35''$ W).

Los ejemplares de *A. lineatus* y *A. mazatlanus* obtenidos para el estudio, se identificaron mediante claves taxonómicas especializadas (e.g., Castro-Aguirre et al., 1999), también se tomaron los datos biométricos de cada individuo, tales como la longitud patrón (LP) y longitud total (LT); asimismo, se tomaron fotografías con una cámara digital marca SONY modelo DSC-W130. Esta actividad se realizó antes y después de ser procesados, para su transperentación y tinción diferencial mediante la técnica de Potthoff (1984), la cual consiste en colocar a los organismos preservados en una solución de formol al 10%, con cambios a soluciones de alcohol al 70 y 96% durante un día en cada uno. Después de la deshidratación se procedió a la tinción de cartílago con el colorante azul de alciano, el cual se preparó con 70 ml de alcohol al 96%, 30 ml de ácido acético y 20 mg de azul de alciano, los ejemplares se colocaron en esta solución por 24 h. Posterior a este paso, se realizó la digestión celular mediante la inclusión del ejemplar en una solución compuesta por la enzima tripsina, diluida en una solución de borato de sodio saturado; esto se hizo durante un periodo de tres semanas para ejemplares de tallas entre 25 a 70 mm LP y de cinco a seis semanas para ejemplares con tallas de 75 a 170 mm LP. En ambos casos se hicieron renovaciones semanales de esta solución enzimática; esta solución se prepara de la siguiente forma: 333 ml de borato de sodio saturado (solución acuosa que consiste en poner 10 g de borato de sodio en un litro de agua destilada), después se agrega 1g de tripsina en polvo y se agita, cuidando de no formar burbujas de aire. Una vez transcurrido este tiempo

los ejemplares se tornaron transparentes y en este momento se llevo a cabo la tinción diferencial del hueso mediante la inclusión de los organismos en el colorante rojo de alizarina, durante 24 h; el colorante es preparado con hidróxido de potasio (KOH) a una concentración del 1%. Después de este tiempo los organismos se vuelven a sumergir en la solución de tripsina durante un mes. Al concluir este proceso de aclaración y tinción diferencial, se incluyeron en una solución de KOH con concentración 1% y con glicerina en diferentes pasos con concentraciones del 25, 50, 75 y 100%, respectivamente. En este caso se dio un periodo de una a dos semanas, dependiendo del estado de diafanización del ejemplar, para finalmente agregar timol para su conservación y almacenamiento.

Algunos ejemplares fueron tratados mediante la técnica de Dingerkus y Ulher, (1977), la cual consiste en poner a los peces (previamente preservados en formalina comercial al 10%), en soluciones de alcohol de diferentes concentraciones: 20, 40, 60, 80, 90 y 96%, durante 24 h en cada paso; esto se realizó antes de ser incluidos durante un tiempo similar en azul de alciano al 0.1%, del cual se prepararan 500 ml de la siguiente manera: 50 mg de azul alciano en polvo que fueron vertidos en 400 ml de alcohol 96% y 100 ml de ácido acético glacial. Las sustancias se mezclan y se ponen en un agitador magnético durante un par de horas para que se disuelva bien el colorante y así proceder a la tinción del cartílago, durante otro día; luego los ejemplares se rehidrataron (alcoholes de mayor a menor) hasta agua destilada, también en periodos de 24 h cada uno de estos procesos. Terminado este paso los organismos se colocaron en rojo de alizarina al 0.01%, para la tinción del tejido óseo; este colorante fue preparado de la siguiente forma: 20 g de KOH en hojuelas, 25 ml de rojo de alizarina al 0.1% aforado en 500 ml de agua destilada. Para la digestión celular, los organismos se colocaron en KOH al 4%, durante periodos de dos meses para el caso de organismos 48 mm a 65 mm LT y de tres meses para tallas mayores. Culminado este tiempo se colocaron en diferentes concentraciones de glicerina 25, 50, 75 y 100%, en esta última etapa se agregó timol para la conservación y almacenamiento del ejemplar. Cada uno de los organismos fue depositado en frascos de plástico con tapa

hermética. Cada vez que se sumergen en las soluciones acuosas, se hace hasta cubrir por completo al ejemplar.

Una vez transparentados, los esqueletos fueron examinados con ayuda de un microscopio estereoscópico LEICA S6E (Leica Microsystems AG), para llevar a cabo la descripción osteológica de diferentes tallas. Esto se hizo con base en el arreglo de regiones anatómicas y estructuras del sistema esquelético propuesto por Hoshino y Amaoka (1998), Hoshino (2001 a, b) y Díaz de Astarloa (2005). Para los datos merísticos, tales como número de radios en las aletas y vértebras se utilizó lo propuesto por Hubbs y Lagler (1964). En cuanto a los caracteres morfológicos, estos fueron comparados siguiendo lo descrito por Chapleau (1993) y Hoshino (2001 a).

Los dibujos de las estructuras óseas de interés, fueron elaborados a mano sobre papel albanene y carboncillo, en particular aquellas de la placa hipúrica, vértebras y cráneo; los esquemas fueron después entintados para su estudio, a partir de la imagen digital. La identificación de las estructuras óseas se hizo de acuerdo a la nomenclatura descrita en Gregory (1959), Hoshino y Amaoka (1998), Hoshino (2001 a y b) y Díaz de Astarloa (2005).

RESULTADOS

TAXONOMÍA DE LAS ESPECIES (Nelson, 2006)

Phylum: Chordata

Subphylum: Vertebrata

Clase: Actinopterygii

Orden: Pleuronectiformes

Familia: Achiridae

Género: *Achirus*

Especie: *Achirus lineatus* (Linnaeus, 1758)

(Fig. 2)



Figura 2. *Achirus lineatus*, IBUNAM 3112, Río Lagartos, Yucatán.



Especie: *Achirus mazatlanus* (Steindachner, 186)

(Fig. 3)



Figura 3. *Achirus mazatlanus*, CICIMAR-CI 4790, Bahía de La Paz, BCS.

Se estudiaron un total de 21 ejemplares de *A. lineatus*, comprendidos entre las tallas de 42 y 137 mm de LT y 22 individuos correspondientes a *A. mazatlanus*, con tallas entre 25 mm a 175 mm de LT. La talla máxima reportada para los achiridos es de 210 mm LT, talla que difiere notablemente de la que se reporta para los miembros de las familias Paralichthyidae y Pleuronectidae, los cuales alcanzan los 500 a 1000 mm LT (Castro-Aguirre et al., 1999).

Descripción general del Género

Achirus Lacepède, 1802

Los miembros de este género presentan los ojos y pigmentación característicos del lado derecho del cuerpo, el cual tiene forma oblonga. El lado ciego es de color blanco, es decir, carece de pigmentación. La cabeza abarca 3.6 veces la LP del organismo, los



ojos son pequeños y están muy juntos; las mandíbulas son de tamaño pequeño (Fig. 4); los dientes son chicos y solo se encuentran en el lado ciego del pez, las aberturas branquiales son angostas. En el lado ocular, la coloración es café oscuro a claro, en algunos casos se aprecian prolongaciones dérmicas en formas de manchas, en otros, se presentan líneas verticales (ocho en número) que recorren el ancho del cuerpo; estos patrones de coloración pueden ser atribuidos al ambiente en el que se encuentran el o los organismos, que tienen gran capacidad de ser especies crípticas con el ambiente. La línea lateral es continua y notoria.

La aleta dorsal se inicia desde el hocico y se extiende hasta la aleta caudal, presenta una gran cantidad de radios (50 - 60), carecen de espinas; la aleta anal es muy similar, sin espinas y con numerosos radios, se conecta con las pélvicas por medio de una membrana dérmica. La aleta pectoral se presenta del lado ocular, en el lado ciego está ausente; estas aletas están recubiertas por piel y escamas. La longitud de la aleta caudal comprende 3.3 veces la LP.



Figura 4. Región cefálica de *A. mazatlanus* 60 mm LP.

El plan corporal completo de estos organismos lo componen: el cráneo, que está dividido en dos partes principales (neurocráneo y branquicráneo; Gregory, 1959); además de la columna vertebral y aleta caudal. Las escamas son de tipo ctenoideas; de forma redonda en la parte de la cabeza y más ovalada en el resto del cuerpo (Fig. 5).



Merística y osteología de *Achirus lineatus* (Linnaeus, 1758)

El conteo de elementos de la aleta dorsal, corresponde a un número entre 50 - 59 radios, variando entre los organismos sin importar la talla, ya que no muestran un incremento en relación al tamaño; lo mismo sucede con la aleta anal, cuyo número de elementos esta entre los 38 - 43 radios. Con respecto a la aleta pectoral, esta presenta de tres - seis radios y solo se encuentra desarrollada en el lado ocular; la aleta caudal tiene 16 radios y la pélvica de cuatro - cinco. El número de vértebras es de 27 – 28 (ocho pre-anales y de 19 a 20 post-anales; Tabla 1). Además, se presentan de 25 a 27 espinas neurales y de 18 a 19 espinas hemales.

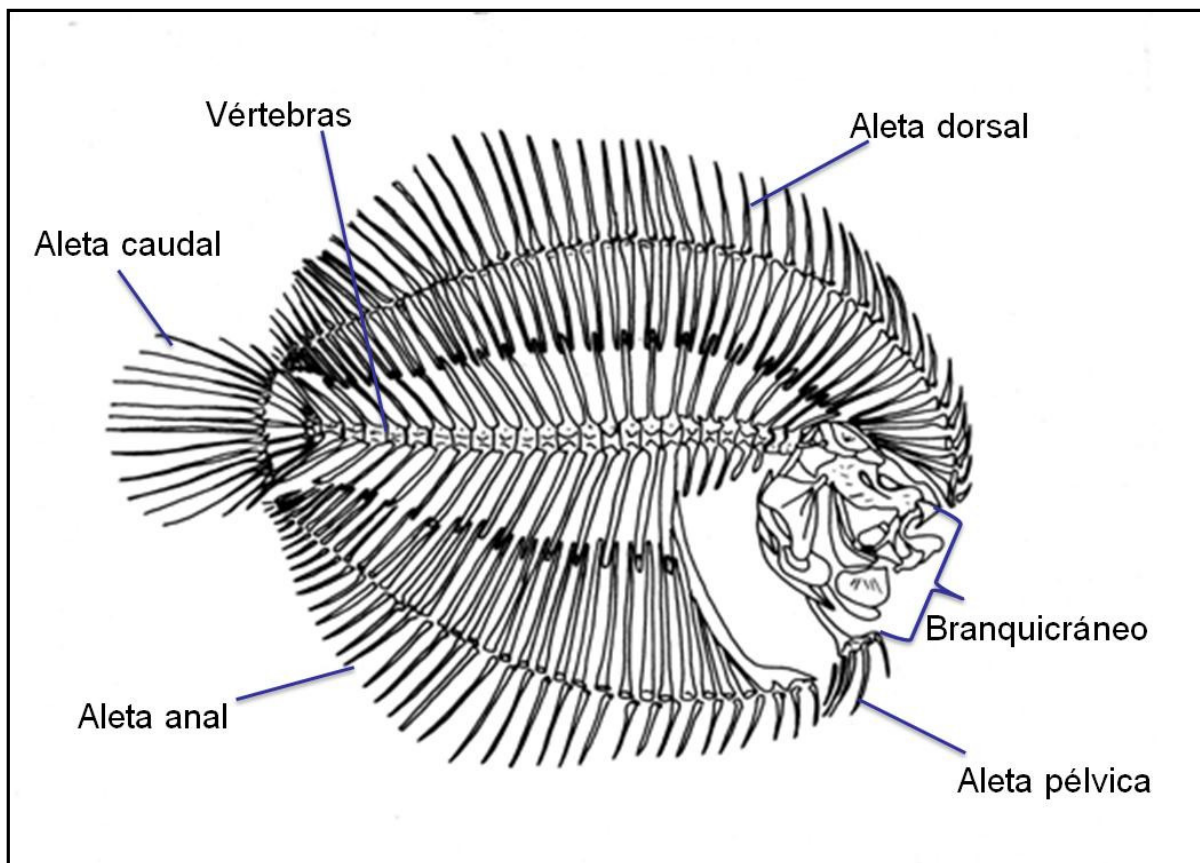


Figura 5. Esquema general del esqueleto de *A. lineatus* 81 mm LP.



Neurocráneo

Se encuentra constituido por los huesos: etmoides, vómer, parietal, frontal, epioccipital, supraoccipital, basioccipital, proóticos, exoccipital, huesos extraescapulares y posttemporal (Figs. 6,7 y 9).

La región orbital se ve afectada por la torsión del cráneo del organismo; el ojo izquierdo (superior) está situado en una órbita ósea formada por los frontales y por el complejo prefrontal izquierdo. El ojo derecho (inferior) no queda encapsulado en órbita alguna, se encuentra sostenido por el hueso endopterigoides que se localiza por debajo del ojo. Los huesos de la serie infraorbital están ausentes, al igual que el preorbitario o lacrimal, en ambos lados del cuerpo del pez.

La región olfatoria de *A. lineatus* está caracterizada por una marcada asimetría y fusión de los prefrontales y componentes etmoidales. Forman un complejo prefrontal, tanto de lado derecho como del izquierdo, que se sutura con el frontal izquierdo y derecho, respectivamente. El complejo prefrontal derecho, se sutura con el etmoides lateral y este a su vez con el parasfenoides (Figs. 6 y 7).

El frontal izquierdo muestra un desplazamiento y torsión a lo largo de su eje. El hueso está suturado con el supraoccipital y parietal (Fig. 9 a, b y c). Su borde posterolateral está relacionado con los huesos esfenótico, proótico y parasfenoides. Un sistema de canales atraviesa el hueso frontal, a través de los canales pasa la rama izquierda del sistema latero-sensorial que procede del proótico. El frontal derecho constituye parte de la órbita y se fusiona con el complejo frontal, que está articulado hacia la parte posterior y dorsalmente con el supraoccipital y parietal. Ventralmente, está fusionado con el parasfenoides (Fig. 9 b y c).

El prevómer no presenta dientes, dorsalmente se fija hacia el lado derecho y posteriormente al lado izquierdo y derecho del complejo prefrontal. El nasal es un pequeño hueso acanalado (extensiones óseas del canal sensorial), que se encuentra



articulado con el complejo prefrontal y por debajo con el premaxilar, este sólo se presenta del lado ocular y se adhiere fuertemente a la piel. El hueso nasal presenta una forma ensanchada con “cabeza” y “cola” (Fig. 8).

Los huesos de la región ótico-occipital forman la bóveda craneal y la cápsula ótica. Protegen al cerebro, nervios y sistema de equilibrio, además de dar soporte al branquicráneo, columna vertebral y cintura pélvica. Esta región se compone de huesos pares de origen cartilaginoso: esfenótico, proóticos, epioccipital y exoccipital. Huesos impares: supraoccipital y basioccipital y elementos dérmicos pares: parietal, posttemporal y extraescapulares e impar (el parasfenoides). Los esfenóticos no sufren una notable modificación por la torsión corporal, siendo ambos huesos casi simétricos entre sí, se unen antero-dorsalmente a los frontales y parietales, ventralmente están unidos a los proóticos y el parasfenoides (Fig. 9 a, b y c).

Los dos huesos exoccipitales son simétricos y contienen un foramen magnum de forma triangular que conjuntamente con el basioccipital forman una articulación tricondilar con el atlas. Visto desde arriba, es de una forma más o menos romboidal con alvéolos en la mitad donde se unen los pterigióforos de la aleta dorsal; hacia adelante se sutura con los frontales y a los costados con los parietales y epioccipital, además en la parte posterior esta en contacto con los exoccipitales (Fig. 9 a, b y c). El basioccipital se encuentra ubicado en la parte ventral del neurocráneo, este posee un cóndilo de articulación con la primera vértebra preanal.

El parasfenoides recorre longitudinalmente la base del neurocráneo, desde el basioccipital hasta la región olfatoria. Este hueso es más evidente en el lado ciego, se encuentra unido por la parte anterior al prevómer y presenta un profundo surco que penetra a una proyección del complejo prefrontal izquierdo; por la parte del posterodorsal se articula al proótico y en su parte final al hueso epioccipital (Fig. 9a).



El parietal es uno de los huesos más grandes dentro del neurocráneo, tanto el derecho como el izquierdo son simétricos entre sí, presentan una forma casi redonda, se articula lateralmente y por la parte posterior con el epioccipital y en la porción anterior está unido con el frontal, además por debajo de este hueso corre uno de los canales que llega hasta el frontal (Figs. 6,7 y 9).

El epioccipital se localiza en la parte distal del neurocráneo, en posición lateral; se une con el supraoccipital por la parte dorsal. Al epioccipital se unen los postemporales, los cuales son huesos pequeños que unen a la cintura escapular con el cráneo, a través del cleitrum. El extremo superior de los postemporales se apoya sobre la superficie lateral del epioccipital y en la parte ventral se une al cleitrum por medio de un fuerte ligamento. En sentido oblicuo se presenta un canal, a través del cual pasa el sistema latero-sensorial del cuerpo del organismo. Los extraescapulares son huesos pares pequeños, cilíndricos y con forma de “y”, en el lado ocular se encuentran bien desarrollados y se ubican en la parte media del neurocráneo, por encima del esfenótico; también se conectan a uno de los extremos del extraescapular con el canal proveniente del hueso frontal izquierdo. Otro de los canales de comunicación de los huesos extraescapulares, es el canal procedente del posttemporal que como se mencionó anteriormente transporta las señales del cuerpo. También se presenta un segundo hueso de forma cilíndrica o tubular, que se comunica a un extremo con el extraescapular.



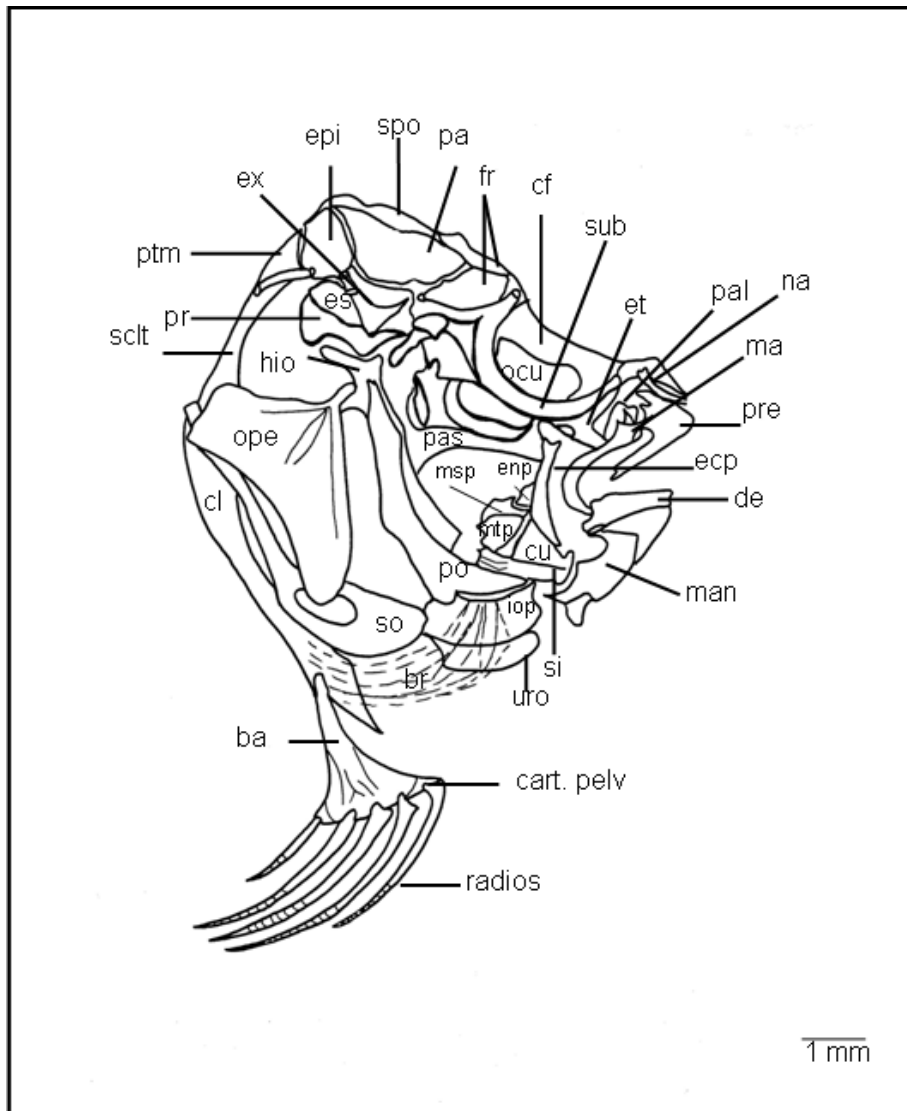


Figura 6. Cráneo de *A. lineatus*, 66 mm LP. Vista del lado ocular. **ba**= basipterigium; **br**= branquióstegos; **cart. pelv**= cartílago pélvico; **cf**= complejo prefrontal; **clt**= cleitrum; **cu**= cuadrado; **de**= dentario; **ecp**= ectopterigoideo; **enp**= endopterigiodes; **epi**= epioccipital; **es**= esfenótico; **et**= etmoides; **ex**= extraescapulares; **fr**= frontal; **hio**= hiomandibular; **iop**= interopérculo; **ma**= maxilar; **man**= mandíbular; **mtp**= metapterigioides; **mtp**= mesopterigioides; **na**, = nasal; **ocu**= ocular; **pa**= parietal; **pal**= palatino; **pas**= parasfenoides; **po**= preopérculo; **pr**= proótico; **pre**= premaxilar; **ptm**= posttemporal; **ope**= opérculo; **sclt**= supracleitrum; **si**= simpléctico; **so**= subopérculo; **spo**= supraoccipital; **sub**= suborbital; **uro**= urohial.



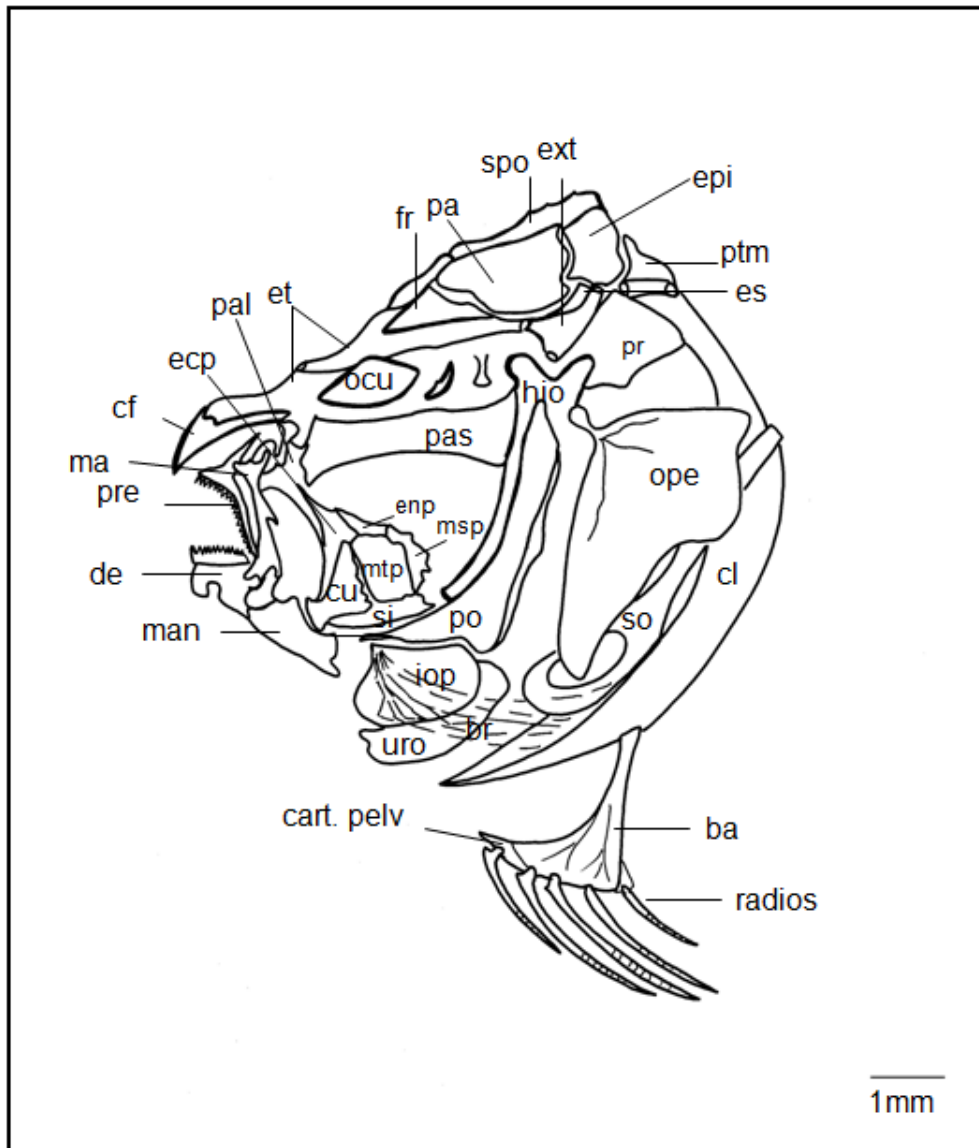


Figura 7. Cráneo de *A. lineatus* 66 mm LP. Vista del lado ciego. **ba**= basipterigium; **br**= branquióstegos; **cart. pelv**= cartílago pélvico; **cf**= complejo prefrontal; **cl**= cleitrum; **cu**= cuadrado; **de**= dentario; **ecp**= ectopterigoideo; **enp**= endopterigiodes; **epi**= epioccipital; **es**= esfenótico; **et**= etmoides; **ext**= extraescapulares; **fr**= frontal; **hio**= hiomandibular; **iop**= interopérculo; **ma**= maxilar; **man**= mandibular; **mtp**= metapterigioides; **mso**= mesopterigioides; **ocu**= ocular; **pa**= parietal; **pal**= palatino; **pas**= parasfenoides; **po**= preopérculo; **pr**= proótico; **pre**= premaxilar; **ptm**= posttemporal; **ope**= opérculo; **si**= simplicético; **so**= subopérculo; **spo**= supraoccipital; **uro**= urohial.



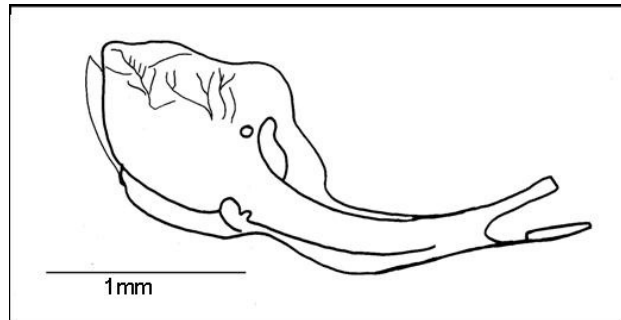


Figura 8. Esquema del hueso nasal de *A. lineatus*.

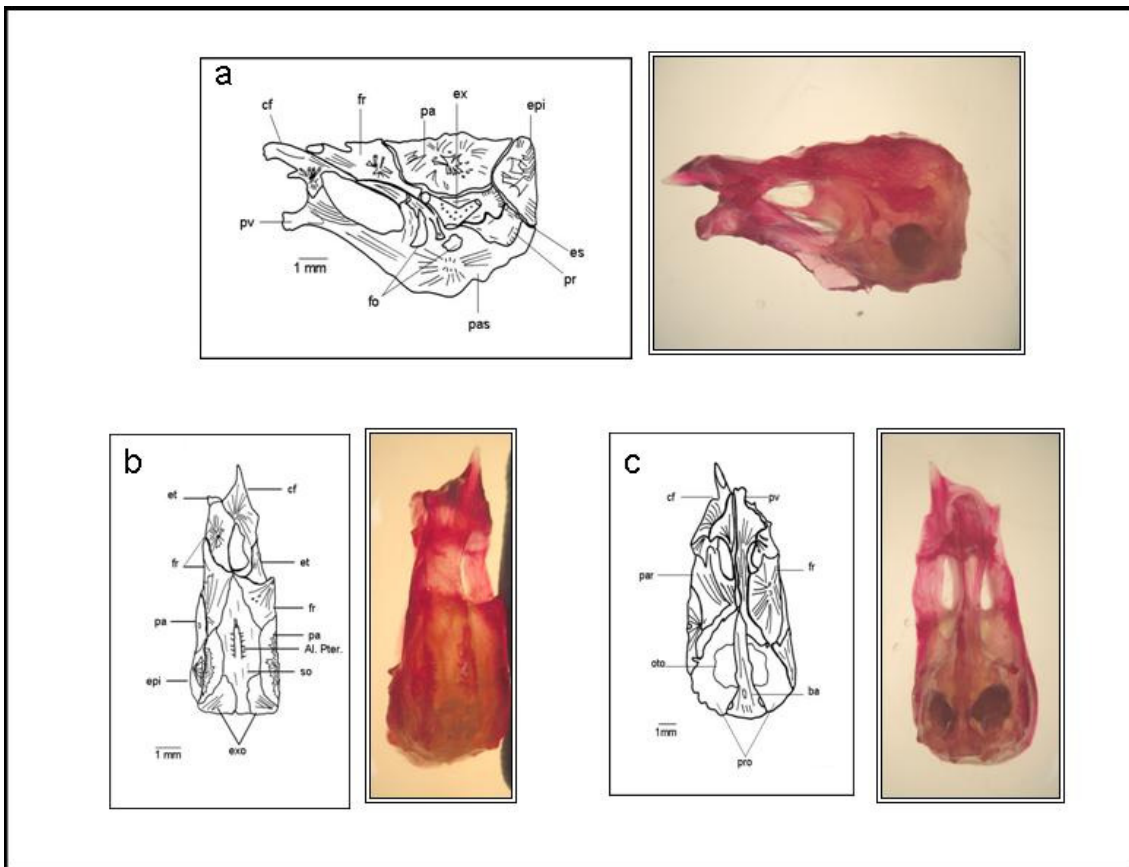


Figura 9. Esquema del neurocráneo de *A. lineatus* 80 mm LP. A) vista lado izquierdo, b) dorsal y c) ventral. **Al. pter** = alvéolos de los pterigióforos; **ba**= basioccipital; **cf**= complejo prefrontal; **e**pi= epioccipital; **es**= esfenótico; **et**= etmoides; **ex**= extraescapular; **exo**= exoccipital; **fr**= frontal; **oto**= otolitos; **pa**= parietal; **pas**= parasfenoides; **pr**= proótico; **pv**= prevómer; **so**= supraoccipital.



Los proóticos son los huesos más grandes de la serie ótica, están suturados con el basioccipital y forman con este, la cavidad donde se alojan los otolitos; también están fusionados con el parasfenoides y presentan dos forámenes (Fig. 9). Los otolitos son estructuras duras policristalinas especializadas que forman parte del sistema acústico lateral de los peces actinoptérgios y sarcopterírgios. Se sitúan en laberintos membranosos a cada lado del neurocráneo y actúan como órganos de equilibrio y audición. En los teleósteos se presentan tres pares de otolitos (sagita, asterisco y lapilus), situados cada uno en su respectiva cámara ótica (Mascareñas et al., 2003). En el otolito de *A. lineatus* (Fig. 10) no se presenta una cisura entre el rostro y el antirostro, como sucede en la mayoría de los otolitos de los peces, en donde claramente se diferencia el rostro por estar más prolongado que el antirostro; en consecuencia solo existe el rostro. El borde del otolito presenta ondulaciones y de acuerdo con la nomenclatura propuesta por Mascareñas et al. (2003), su morfología es cuadrada. El sulcus se sitúa en el centro del otolito y tiene forma homosulcoide, es decir, que no manifiesta una clara diferencia entre la cauda y el ostio. En figura 10, donde se aprecia el otolito sagita (lado derecho) de *A. lineatus*, se puede notar al asterisco que forma parte de la serie de otolitos y que tiene la apariencia de un frijol de menor tamaño al sagita, además de que ambos otolitos están unidos por una membrana.

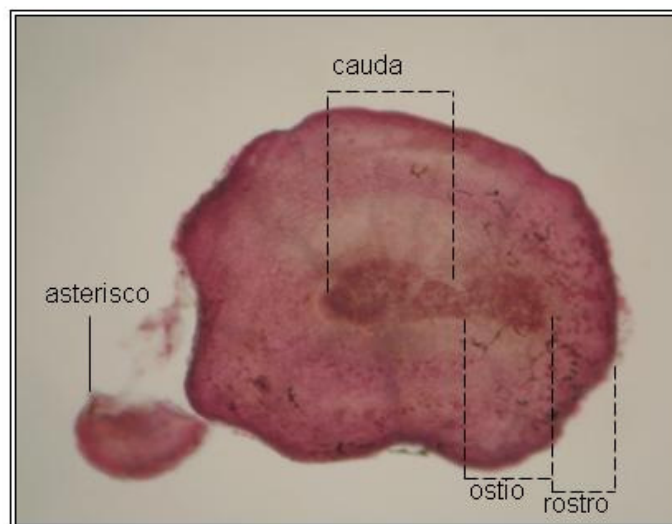


Figura 10. Otolito (Sagita) de *A. lineatus*.



Branquiocráneo

La asimetría de los elementos del branquiocráneo no es tan marcada como la que se observa en el neurocráneo, y aunque está indirectamente relacionada con la torsión del cráneo debida a la migración ocular, parece más una consecuencia directa de la morfología funcional y diferentes mecanismos asociados al movimiento de las mandíbulas en cada lado del cuerpo (Díaz de Astarloa, 2005).

La región del arco mandibular está constituida por la mandíbula superior, que a su vez se compone de los huesos premaxilar y maxilar; además de la mandíbula inferior que está formada por los huesos dentario, anguloarticular y retroarticular (Figs. 6 y 7). El premaxilar constituye el borde superior de la boca, este hueso presenta disparidad entre el lado ciego y el ocular, tiene una forma de bastón muy ensanchado en la parte superior y los dientes están ausentes; en cambio, el premaxilar del lado ciego tiene un proceso ascendente largo; lo más notorio en este hueso es la presencia de una gran cantidad de dientes de tipo viliforme (Fig. 11).

El maxilar presenta dos procesos: dorsal y ventral, este último lo delimita una profunda fosa de articulación con el premaxilar. En la parte media de dicho hueso, específicamente en el borde, se encuentra un pequeño proceso dirigido hacia atrás en donde se inserta un ligamento primordial que se une con el músculo aductor de la mandíbula. Se presentan diferencias en su morfología entre el lado ciego y el lado ocular; del lado ciego es un hueso más grueso y con forma de martillo, el cual se articula en la parte superior con el premaxilar, por la parte posterior con el ectoterigoides y por la parte inferior con el dentario (Fig. 12). En comparación, en el lado ocular se presenta un hueso más fino, con forma de flor en la parte posterior y de tallo en su porción inferior (Fig. 12). El maxilar se une con el premaxilar y con el dentario.



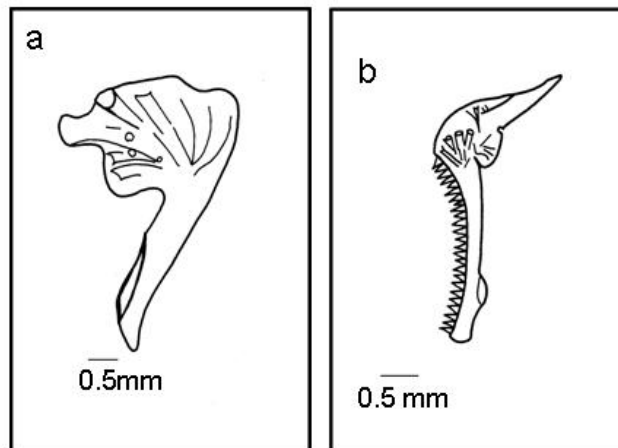


Figura 11. Esquemas del premaxilar de *A. lineatus*. a) lado ocular y b) lado ciego.

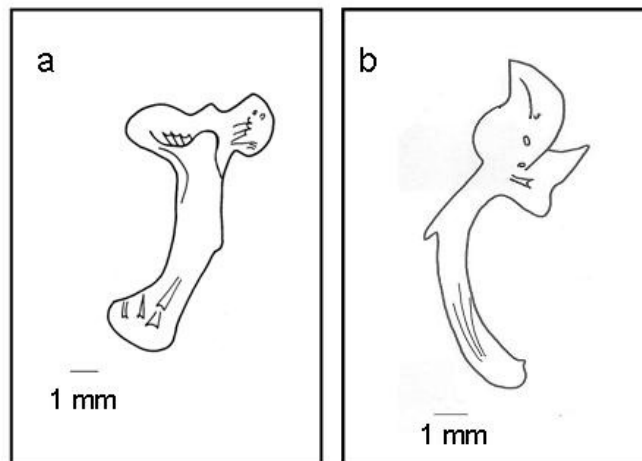


Figura 12. Esquemas del maxilar de *A. lineatus*. a) lado ocular y b) lado ciego.

El dentario, forma el borde inferior de la boca, su forma es más alargada del lado ocular y presenta una forma más obtusa en el frente del lado ciego. Es un hueso con una gran cantidad de poros que abren paso a canales sensoriales; en el lado izquierdo del organismo se hace muy evidente la presencia de dientes viliformes. El cartílago de Meckel está reducido a una varilla que se inserta por la parte interna del anguloarticular y se prolonga hasta la mitad del dentario (Fig. 13). El retroarticular está situado en la parte posterosuperior del anguloarticular y recibe un ligamento proveniente del interopérculo.



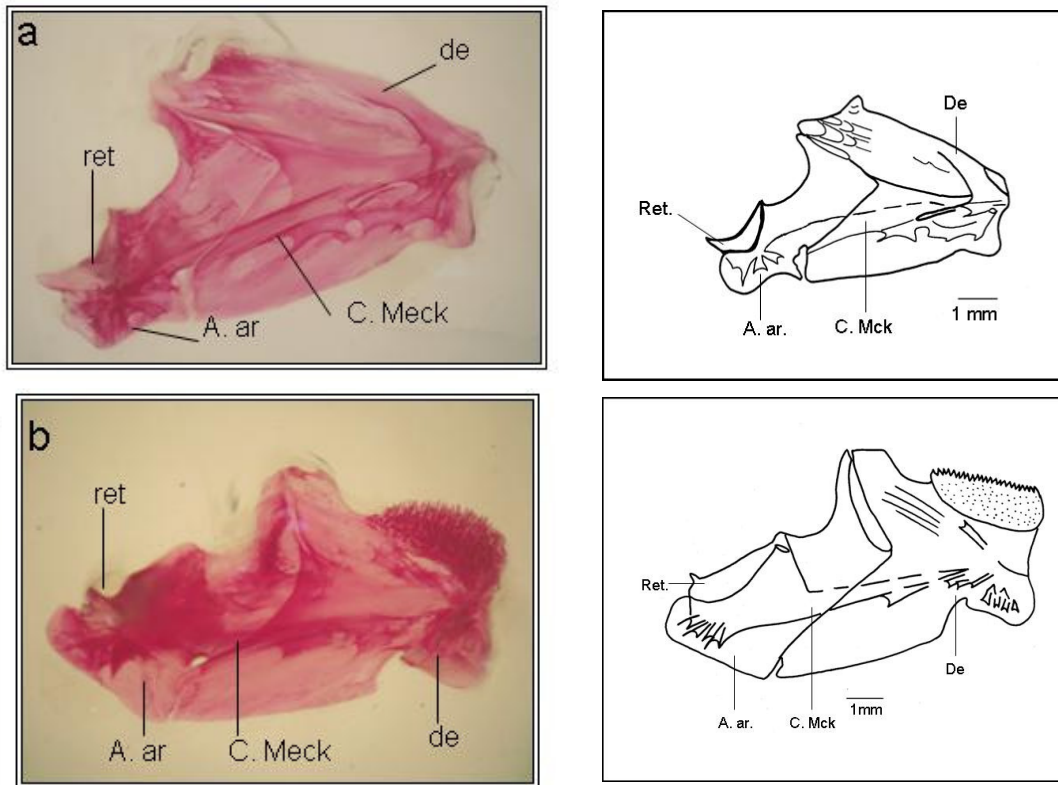


Figura 13. Fotografía del dentario de *A. lineatus*. a) lado ocular y b) lado ciego. **A. ar**= Angulo articular; **C. Meck**= cartílago meckeliano; **de**= dentario; **ret**= retroarticular.

El arco palatocuadrado en *A. lineatus*, está formado por los huesos pares: palatino, hiomandibular, ectoterigoides, mesopterigoides, metapterigoides, endoterigoides, cuadrado y simplético (Figs. 6 y 7). Está articulado anteriormente con el neurocráneo, por medio del palatino y posteriormente a través del arco hiodeo, esto nos indica que la suspensión mandibular es de tipo hiostílica (Kardong, 1998). En el palatino se encuentran ausentes los dientes.



El ectopterigoides es un hueso curvado, que se encuentra articulado con el palatino y con el endopterigoides, su rama inferior se prolonga por la longitud del borde anterior del cuadrado. El mesopterigoides (también denominado como endopterigoides) presenta una forma ovalada y está en estrecho contacto con la superficie del metapterigoides; en tanto que el endopterigoides es un poco más pequeño y de forma más o menos triangular; las formas aplanadas de estos huesos, ayudan a sostener el ojo inferior que no queda en alguna órbita ósea. El hueso mesopterigoides es un poco más grande y aserrado en el lado ciego, su tamaño es más grande que el endopterigoides del lado izquierdo. El metapterigoides, en el lado ocular, es de forma ovalada y aplanada, mientras que en el lado ciego tiene una forma redonda; por la parte ventral está relacionado con el simpléctico. Sin embargo, en los ejemplares de *A. lineatus* analizados se encuentran ambos huesos bien definidos y separados por un espacio (el mesopterigoides y endopterigoides).

El cuadrado presenta una forma triangular, está en estrecha relación con el ectopterigoides en uno de los lados y en la parte inferior con el simpléctico. El simpléctico es un hueso pequeño y delgado, en forma de cuña ensamblado dentro de una cavidad posteromedial de cada cuadrado. Están expandidos dorsalmente y se recuestan sobre los metapterigoides, además tienen amplio contacto con el primer extremo del preopérculo. Estos huesos son más largos en el lado ocular del organismo.

El hiomandibular es un hueso en forma de una sonda acanalada, sólo que más corta en la parte recta y curvada en su parte distal, forma el principal enlace entre el branquiocráneo y el neurocráneo. Tiene tres procesos de articulación o cóndilos que caracterizan el extremo superior del hiomandibular: el primero de posición anterior, encaja con la fosa conformada por la unión del esfénótico y proótico; el segundo está en posición dorsal e inserto en una muesca del proótico; un tercer proceso localizado en posición posteroventral, conecta al hiomandibular con el opérculo. El hiomandibular es simétrico en ambos lados del cuerpo del organismo y esta cubierto por el preopérculo.



Por otro lado se tiene al urohial, el cual es un hueso que ha sido utilizado en la taxonomía, para la determinación de especies. En *A. lineatus* se caracteriza por presentar una forma de “boomerang”; Hoshino y Amaoka (1998) consideran que el urohial de los Pleuronectiformes está constituido por: una porción media rodeada por una fina membrana, una apófisis cardíaca y una esciática, conectada con el cleitrum por medio de una delgada membrana. Sin embargo, en el glosario de Chabanaud (Chanet y Desoutter-Meniger, 2008) se menciona la existencia de cinco partes que componen al urohial: 1) la rama paradorsal; 2) protofise; 3) rama cardíaca; 4) lámina cardio-pelviana y 5) rama esciática. De acuerdo con lo observado y tomando en cuenta las estructuras propuestas por Hoshino y Amaoka (1998), *A. lineatus* presenta la parte media menos desarrollada y la apófisis cardíaca más alargada (Fig. 14).

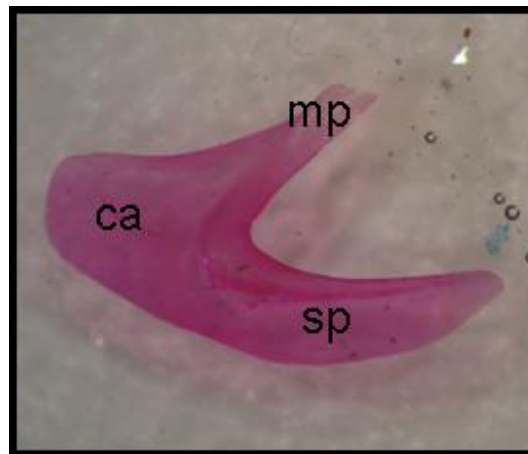


Figura 14. Urohial de *A. lineatus* **ca** = apófisis cardíaca; **mp** = parte media; **sp** = esciática.

El interhial es un hueso pequeño y delgado en forma de varilla, tiene conexión entre el simpléctico y el proceso simpléctico del hiomandibular. En su porción ventral está cercano al borde posterodorsal del epihial. El epihial presenta una forma cuadrada y está unido al ceratohial; este hueso soporta tres radios branquióstegos. El ceratohial es un hueso de forma semicircular con una rama anterior sólida, por encima y debajo de esta rama, están unidos los hipohiales y se soportan tres radios branquióstegos.



La serie opercular (Figs. 6 y 7) está constituida por cuatro huesos comprimidos lateralmente, que cubren y protegen a los arcos branquiales. Todos ellos son pares y de origen dérmico (preopérculo, opérculo, subopérculo e interopérculo). El preopérculo tiene forma de media luna, con la rama superior más prolongada tanto el lado derecho como el izquierdo del cuerpo del organismo, son casi simétricos. La rama superior esta inserta en el hueso hiomandibular, mientras que la rama inferior se encuentra articulada con el simpléctico y por la parte ventral con el interopérculo.

El opérculo es un hueso delgado y laminar. Se une con el hiomandibular por un cóndilo de articulación. Por debajo de este se encuentra el subopérculo que presenta forma de cuchara y al igual que el opérculo es laminar y delgado, tiene un foramen en la parte inferior donde el hueso esta ensanchado, tanto del lado derecho como del izquierdo, se presenta esta misma forma; este hueso se une con una membrana al interopérculo, el cual es menos laminar. El margen inferior está parcialmente cubierto por el preopérculo, que se une al interopérculo por medio de tejido conectivo.

Los arcos branquiales (Fig. 15) son los encargados de dar sostén a las branquias, en las cuales se lleva a cabo el intercambio gaseoso de los peces. La serie está compuesta por un bashial, tres basibranquiales, tres pares de hipobranquiales, cinco pares de ceratobranquiales, cuatro pares de epibranquiales y cuatro pares de faringobranquiales. El bashial presenta un pequeño proceso redondeado muy característico. Los hipohiales encierran por los costados al bashial y parte del primer basibranquial, están unidos por unos fuertes ligamentos con estos últimos y al urohial. El segundo basibranquial está relacionado con los extremos de lo primeros hipobranquiales. El tercer basibranquial está relacionado con los segundos y terceros hipobranquiales, este hueso al final es delgado; le sigue un pequeño hueso en forma triangular, el cual podría ser un cuarto basibranquial, pero hasta ahora no ha sido descrito para el orden de los Pleuronectiformes.



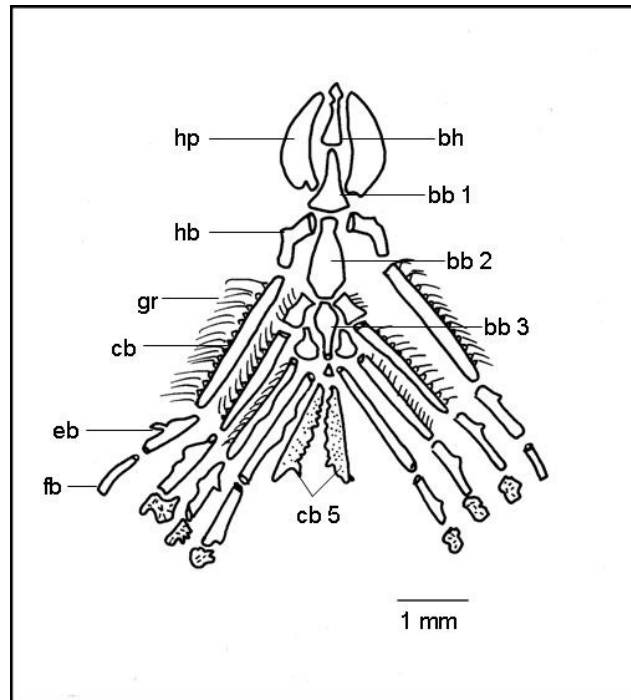


Figura 15. Esquema de los arcos branquiales de *A. lineatus* **bb**= basibranquial; **bh**= basihial; **cb**= ceratobranquial; **eb**= epibranquial; **fb**= faringobranquial; **gr**= branquias; **hb**= hipobranquial; **hp**= hipohiales.

Los primeros hipobranquiales son huesos robustos y más grandes que los segundos, cuya forma es casi cuadrada y soportan a las branquiespinas; los terceros tienen forma de gota y no tienen branquiespinas.

El primer, segundo, tercer y cuarto ceratobranquiales, son los huesos más largos de la serie branquial, todos ellos están articulados por medio de puentes cartilagosos, con sus respectivos hipobranquiales en posición anterior y epibranquiales posteriormente. Los primeros tres hipobranquiales están provistos de branquiespinas. El quinto par de ceratobranquiales son más cortos y anchos, presentan una gran cantidad de dentículos. Los cuatro pares siguientes, denominados epibranquiales, constituyen la rama superior de los arcos branquiales, son más chicos que los anteriores, no tienen branquiespinas y presentan un proceso laminar en su parte media.



Los faringobranquiales son huesos irregulares entre sí, portan dentículos que forman parte de los dientes faríngeos; el primero es un hueso delgado y largo que no presenta dentículos, su extremo superior se sitúa en el neurocráneo, a nivel del proótico. Los otros faringobranquiales están relacionados con la parte basal y posterior del neurocráneo, a través de nódulos cartilagosos. El segundo faringobranquial está conectado con su correspondiente epibranchial. El tercer hueso faringobranquial está en contacto ventralmente con su respectivo epibranchial (Fig. 15).

Esqueleto Axial

Esta región está constituida por la columna vertebral, compuesta por vértebras de tipo anficélicas, es decir, que tiene una cavidad en la cara anterior y otra en la posterior; la especie *A. lineatus* presentó ocho vértebras preanales y 19 – 20 postanales (Fig. 5). Las costillas, son refuerzos que se articulan con las vértebras, proporcionan lugares para asegurar la fijación muscular, ayudan a suspender el cuerpo y forman una caja protectora alrededor de las vísceras (Kardong, 1999). En *A. lineatus* están presentes desde la cuarta hasta la octava vértebras preanales, presenta cinco costillas (Fig. 16).

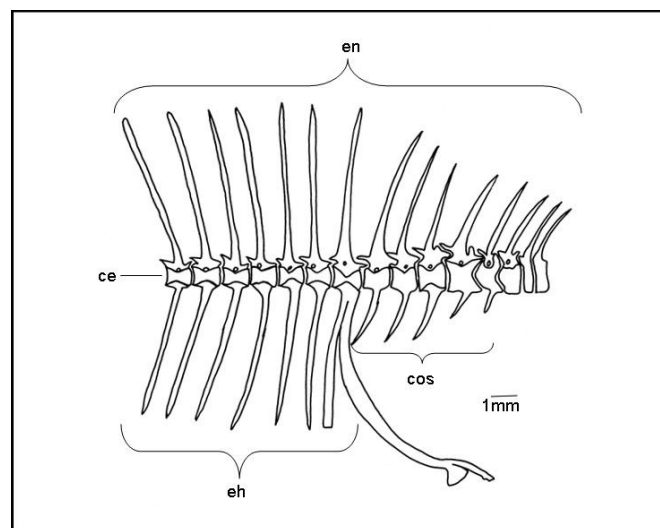


Fig. 16. Esqueleto axial de *A. lineatus*, 50 mm LP. **ce**= centro; **cos**= costillas; **eh** = espinas hemale; **en** = espinas neurales.



El patrón de interdigitación de los soportes (pterigióforos) de los radios de las aletas, permite conocer cuántos de estos se distribuyen entre las espinas neurales y/o hemales de cada vértebra. De manera particular, el primer y segundo radio (anterior) de la aleta dorsal están sostenidos por un solo pterigióforo, el cual yace en la base más anterior de la cresta supraoccipital. La base proximal de los siguientes cuatro pterigióforos tienen un soporte cranial similar (Fig. 5); mientras que la sexta interdigitación está relacionada con el cráneo y la primera espina neural. La base proximal de los siguientes pterigióforos ya no presenta conexión neural (Anexo, Tabla 3).

La morfología de la aleta anal (Fig. 5) es muy similar a la de aquella de la aleta dorsal. El primer pterigióforo es un hueso compacto, curvado anteriormente desde la base proximal, además de estar bien solidificado y sostener los tres primeros radios de la aleta anal. Este pterigióforo se encuentra fuertemente unido a la primera espina hemal, forma una cavidad donde se alojan los siguientes cinco pterigióforos. Norman (1934) los denominó como “primer pterigióforo anal”, mientras que otros autores lo denominan como “varilla abdominal” (e.g., Kyle 1921).

Esqueleto apendicular

El esqueleto apendicular comprende las aletas pares, la cintura pélvica y pectoral que las unen al cuerpo del organismo, al igual que las aletas impares y estructuras de unión (Kardong, 1999).

Las aletas pectorales, en los peces óseos, están compuestas por huesos de consistencia cartilaginosa y dérmicos; los elementos presentes en la mayoría de los peces son los coracoides y escapulares, además de cuatro pares de radiales, los posttemporales, el supracleitrum, cleitrum y postcleitrum (Lagler et al., 1984). En el caso de organismos juveniles y adultos de *A. lineatus*, esta aleta no es pareada (excepto durante las primeras etapas de su desarrollo) y solo se le encuentra del lado ocular. La serie de huesos que la componen, está ausente, por tanto, se unen al cleitrum mediante un solo hueso de tipo cartilaginosa, que es notorio en tallas pequeñas (25 a 60 mm LP);



mientras que en ejemplares con tallas mayores, dicha estructura de unión no está presente (Fig.17).

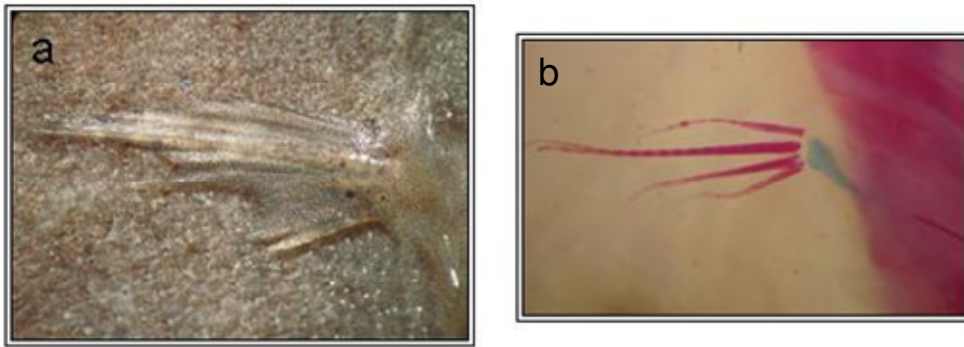


Figura. 17. Aleta pectoral de *A. lineatus* 60 mm LP a) ejemplar sin procesar y b) transparentado.

El hueso posttemporal está perforado por un canal sensorial que proviene de la línea lateral. El cleitrum se une con el supracleitrum y, este a su vez, se une con el posttemporal el cual está unido al neurocráneo y da soporte a la aleta pectoral; el postcleitrum está ausente en organismos adultos. El número de radios presentes en la aleta pectoral varía de 3 a 6.

Las aletas pélvicas se encuentran unidas entre sí, mediante la cintura pélvica que consiste en un par de huesos (los basipterigios), a partir de los cuales se une al cleitrum. El basipterigio posee un cartílago pélvico y cinco radios (Fig. 18).



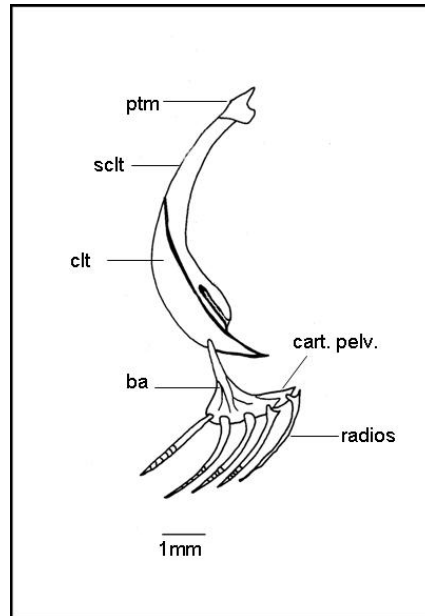


Figura 18. Aleta pélvica de *A. lineatus* 50 mm LP. **ba** = basiptergio; **cart. pelv** = cartílago pélvico; **clt** = cleitrum; **ptm** = posttemporal; **sclt** = supracleitrum.

Las aleta dorsal y anal, se componen de numerosos radios que están sostenidos por los pterigióforos proximales y distales. *Achirus lineatus* presentó una aleta dorsal compuesta por un número entre 50 a 59 radios dorsales y de 37 a 42 anales. En los individuos aquí estudiados, los pterigióforos distales tanto de la aleta dorsal como la anal, son de cartílago y no difieren entre formas juveniles y adultas (Figs. 19 y 20).

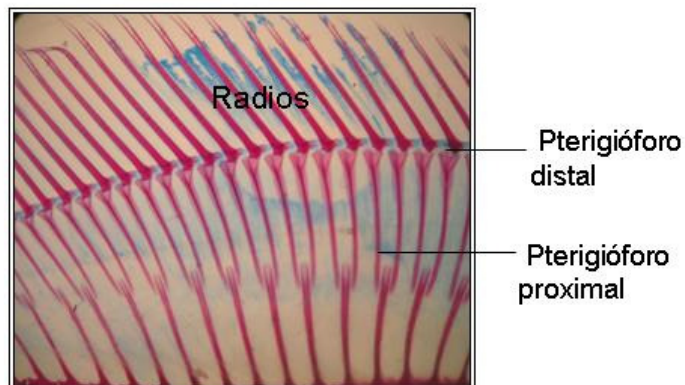


Figura 19. Aleta dorsal de *A. lineatus*, 50 mm LP.



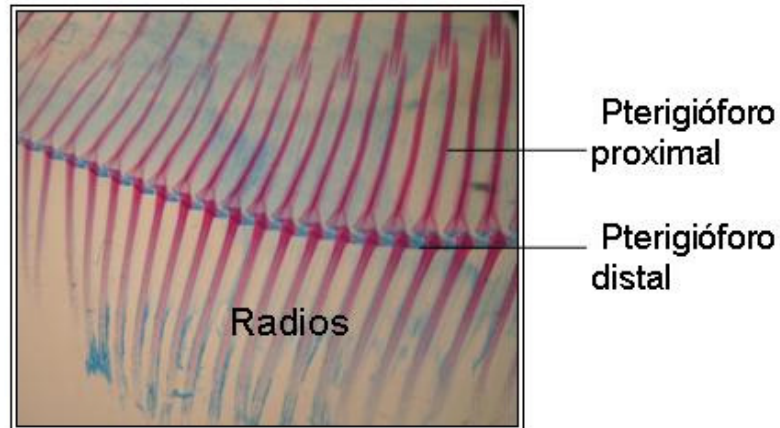


Figura 20. Aleta anal de *A. lineatus*, 50 mm LP.

Esqueleto Caudal

El complejo caudal de esta especie se compone de 1 epural + 5 hipurales+ 1 parhipural, además de una espina neural y dos hemales (Fig. 21). El hipural 1 es de tamaño más pequeño en comparación con los otros cuatro hipurales, estos huesos (hipurales 1 – 4) surgen de los márgenes ventral y posterior de la última vértebra o primer centro pleural (CP1), caracterizados por una forma triangular; de modo particular los hipurales 2,3 y 4 se encuentran unidos a la última vértebra. El hipural 5 se localiza por encima de la última vértebra y está separado del CP1.

El epural es más delgado en comparación con el grosor de los hipurales y se presenta adyacente a la espina neural de la penúltima vértebra, soporta los radios caudales 15 y 16. El parhipural esta más ensanchado que el epural y es de forma casi triangular, se encuentra casi adyacente a la espina hemal de la penúltima vértebra y representa el soporte de los radios caudales 3, 4 y 5. La espina hemal de la antepenúltima vértebra es alargada y profundiza en el plano sagital, soporta parte del primer y segundo radios caudales. Uno de los organismos analizados de esta especie, presentó los hipurales 3 y 4 fusionados (Fig. 22); mientras que otro presentó un solo radio procurrente (Fig. 23), a diferencia de los demás se componen de 1 epural + 5 hipurales+ 1 parhipural.



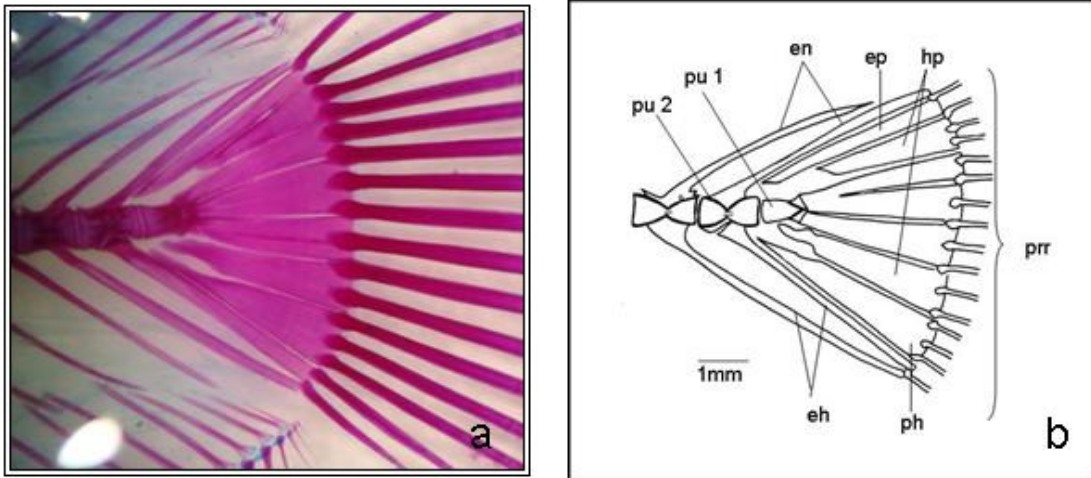


Figura 21. Esqueleto caudal de *A. lineatus*, 41 mm LP. a) Ejemplar transparentado y b) ilustración esquemática con sus estructuras: **eh**= espina hemal; **en**= espina neural; **ep**= epural; **hp**= hipural; **ph**= paripural; **pr**= radios principales; **pu 1-2**= centro pleural; **rp**= radio procurrente.

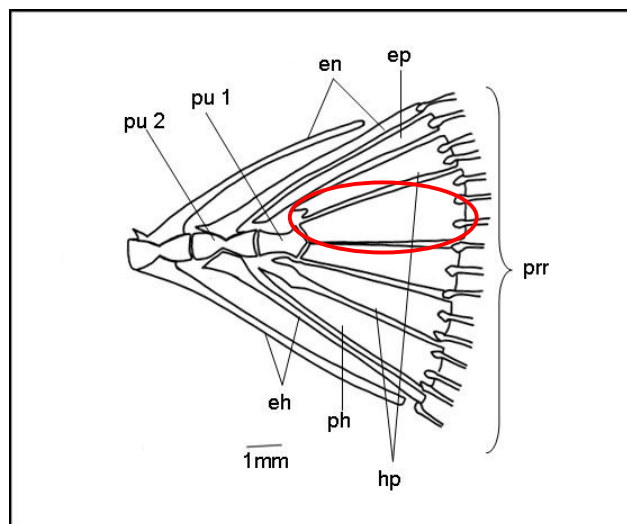


Figura 22. Esquema del esqueleto caudal de *A. lineatus* (38 mm LP), hipural 3 y 4 fusionadas. **ep** = epural; **hp**= hipural; **es**= espina hemal; **en**= espina neural; **ph**= paripural; **pr**= radios principales; **pu 1-2**= centro pleural.



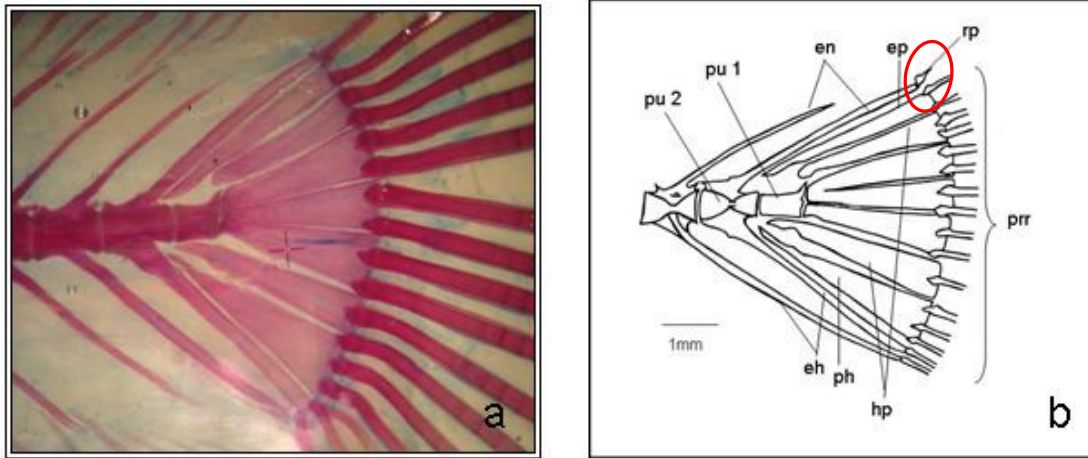


Figura 23. Esqueleto caudal de *A. lineatus*, 80 mm LP, a) Ejemplar transparentado y b) ilustración con un radio procurrente: **eh**= espina hemal; **en**= espina neural; **ep**= epural; **hp**= hipural; **ph**= paripurale; **pr**= radios principales; **pu 1-2**= centro pleural.

Merística y osteología de *Achirus mazatlanus* (Steindachner, 1869)

El número de elementos en la aleta dorsal es de 54 - 57 radios, rango que se presenta en organismos tanto pequeños como grandes, esto se pudo constatar a partir de un individuo de 18 mm LP, que presentó 57 radios y otro de 54 mm LP con presencia de 54 radios; el número de elementos de la aleta anal fue de 41 - 42 radios. La pectoral solo está desarrollada en el lado ocular con tres a cuatro radios, en algunos casos esta aleta puede estar ausente en ambos lados; la aleta caudal cuenta con 16 radios; mientras que la pélvica tiene de cuatro a cinco radios. El número de vértebras varía de 27 – 29, ocho a nueve pre-anales y de 19 - 20 post-anales (Anexo, Tabla 2); además de presentar de 26 - 28 espinas neurales y de 17 - 19 espinas hemales.

Cráneo

Neurocráneo

En esta especie esta región se compone por los huesos: etmoides, vómer, parietal, frontal, epioccipital, supraoccipital, basioccipital, proótico, exoccipital, extraescapulares y posttemporal (Figs. 24,25 y 27).



La región orbital se ve modificada por la torsión del cráneo; el ojo izquierdo (superior) está situado en una órbita ósea formada por los frontales y el complejo prefrontal izquierdo. El ojo derecho (inferior), por el contrario, no queda encapsulado en órbita alguna, se encuentra sostenido por el hueso endopterigoides que se localiza por debajo del ojo. Los huesos de la serie infraorbital están ausentes, del mismo modo, el lacrimal (preorbital) está ausente tanto de lado ocular como en el lado ciego del organismo.

La región olfatoria de *A. mazatlanus* está caracterizada por una marcada asimetría, así como por la fusión de los prefrontales y componentes etmoidales, los cuales forman un complejo prefrontal en ambos lados del cuerpo que se articulan con el frontal izquierdo y derecho, respectivamente. El complejo prefrontal derecho se sutura con el etmoides lateral y, este a su vez, con el parasfenoides (Figs. 24 y 25).

El frontal izquierdo muestra un desplazamiento y torsión a lo largo de su eje, dicho hueso está unido con el supraoccipital y parietal (Fig. 27 a, b y c), el borde posterolateral está relacionado con el esfénótico, proótico y parasfenoides. Un sistema de canales atraviesa el hueso frontal y a través de ellos pasa la rama izquierda del sistema latero-sensorial que proviene del proótico. El frontal derecho forma parte de la órbita ocular y se fusiona con el complejo frontal; está relacionado con el supraoccipital y parietal, en sus porciones posterior y dorsal. Por la parte ventral se sutura con el parasfenoides (Figs. 27 b y c). El prevómer que no presenta dientes, se fija dorsalmente en el lado derecho y de lado izquierdo con el complejo prefrontal.

El nasal es un hueso acanalado de tamaño pequeño y de forma atenuada (representa extensiones óseas del canal sensorial), que se articula con el complejo prefrontal y en su porción ventral con el premaxilar, el nasal solo se presenta del lado ocular y está fuertemente adherido a la piel (Fig. 26).

Los huesos de la región ótico-occipital forman la bóveda craneana y la cápsula ótica, cuya función es proteger al cerebro, nervios y sistema del equilibrio, además de dar



soporte al branquiocráneo, columna vertebral y cintura pélvica, tal como lo establece Díaz de Astarloa (2005) en otros grupos de Pleuronectiformes. Esta región se encuentra conformada por huesos pareados de origen cartilaginoso: esfenótico, proóticos, epioccipital y exoccipital; huesos impares: supraoccipital y basioccipital; además de elementos dérmicos pares: parietal, posttemporal y extraescapulares e impares (el parasfenoides). Los esfenóticos no se modifican a causa de la torsión corporal, son huesos casi simétricos entre sí, en ambos lados del cuerpo; se unen antero-dorsalmente a los frontales y parietales, ventralmente están unidos con los proóticos y el parasfenoides (Figs. 27 a, b y c).

Los proóticos son huesos grandes, que están suturados con el basioccipital y forman con este, la cavidad donde se alojan los otolitos; también están articulados con el parasfenoides y presentan dos forámenes. Los parietales, uno de los huesos más grandes del neurocráneo, son casi simétricos entre sí en ambos lados del cuerpo, tienen forma casi redonda, en su parte ventral lo recorre un canal que llega hasta el frontal, se suturan lateral y posteriormente con el epioccipital, en la porción anterior están unidos con el frontal (Fig. 24, 25 y 27).

Los huesos exoccipitales son simétricos en ambos lados del cuerpo, presentan un foramen magnum de forma triangular, están unidos al basioccipital formando una articulación tricondilar con el atlas. En vista dorsal se observa una forma más o menos romboidal, con alvéolos en la mitad donde se unen los pterigióforos de la aleta dorsal; hacia delante se unen con los frontales y a los costados con los parietales y epioccipital; además en la parte posterior esta en contacto con los exoccipitales (Fig. 27 a, b y c). El basioccipital se ubica en la parte ventral del neurocráneo, este último posee el cóndilo que procede de la articulación de la primera vértebra preanal.

El parasfenoides recorre longitudinalmente la base del neurocráneo, desde el basioccipital hasta la región olfatoria. Este hueso es más evidente del lado ciego, se encuentra unido en su parte anterior al prevómer y presenta un profundo surco que



ingresa a una proyección del complejo prefrontal izquierdo, por la parte posterodorsal se une al proótico y al epioccipital en su parte final (Fig. 27 a).

El epioccipital se encuentra ubicado en la parte distal del neurocráneo en posición lateral; se encuentra unido con el supraoccipital por la parte dorsal. Al hueso epioccipital se unen los postemporales, los cuales están encargados de sostener la cintura escapular con el cráneo por medio del cleitrum. El extremo superior se apoya sobre la superficie lateral del epioccipital y en la parte ventral se une al cleitrum mediante un fuerte ligamento. En un sentido oblicuo se presenta un canal a través del cual pasa el sistema laterosensorial del cuerpo.

Los postemporales son huesos pequeños que conectan a la cintura pectoral con el cráneo. La parte superior de estos huesos yace en la superficie plana del epioccipital y se articulan con el supracleitrum en una superficie extendida.

Los extraescapulares son huesos pares pequeños, cilíndricos y con forma de “y”, se encuentran bien desarrollados de lado derecho (ocular); se localizan en la parte media del neurocráneo, por encima del esfenótico y conectados a uno de los extremos del canal que proviene del hueso frontal del lado izquierdo. Otro de los canales, con los que se comunican los huesos extraescapulares, es el canal procedente del posttemporal, que como ya se mencionó, transporta las señales sensoriales del cuerpo. Además, se presenta un segundo hueso de forma cilíndrica, que se comunica mediante un canal a un extremo del extraescapular.



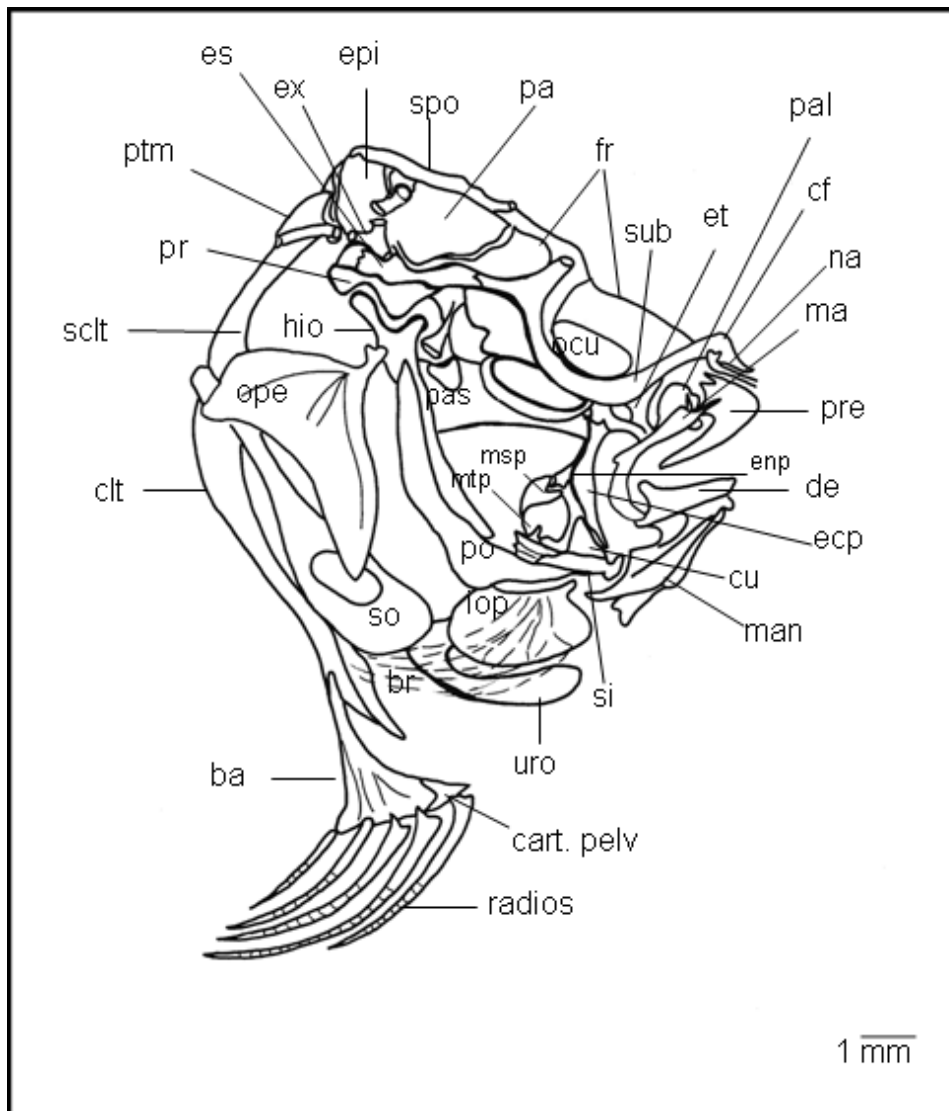


Figura 24. Cráneo de *A. mazatlanus*, 64 mm LP. Vista del lado ocular. **ba**= basipterigium; **br**= branquióstegos; **cart. pelv**= cartílago pélvico; **cf**= complejo prefrontal; **clt**= cleitrum; **cu**= cuadrado; **de**= dentario; **eep**= ectopterigoideo; **enp**= endopterigiodes; **epi**= epioccipital; **es**= esfenótico; **et**= etmoides; **ex**= extraescapulares; **fr**= frontal; **hio**= hiomandibular; **iop**= interopérculo; **ma**= maxilar; **man**= mandíbular; **mtp**= metapterigioides; **mep**= mesopterigioides; **na**, = nasal; **ocu**= ocular; **pa**= parietal; **pal**= palatino; **pas**= parasfenoides; **po**= preopérculo; **pr**= proótico; **pre**= premaxilar; **ptm**= posttemporal; **ope**= opérculo; **sclt**= supraclitrum; **si**= simpléctico; **so**= subopérculo; **spo**= supraoccipital; **sub**= suborbital; **uro**= urohial.



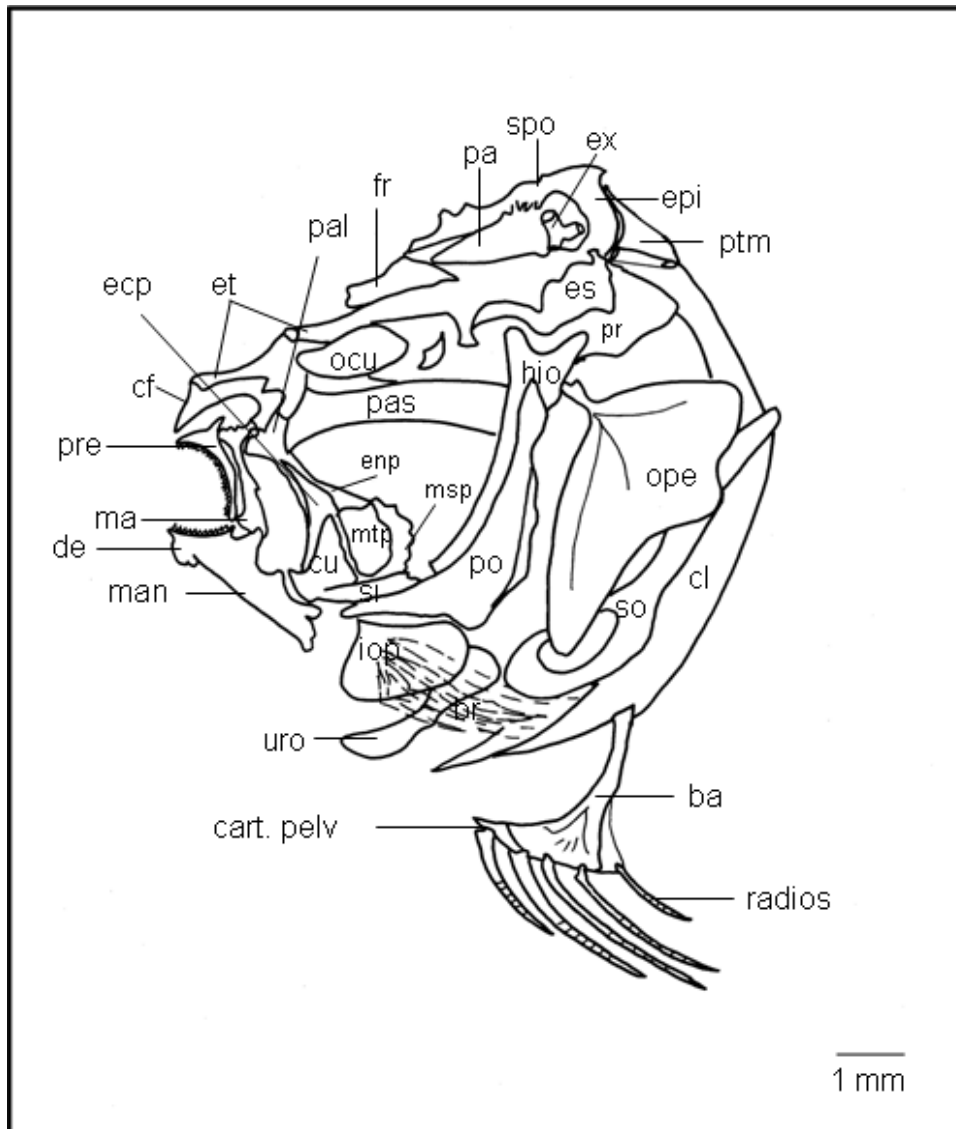


Figura 25. Cráneo de *A. mazatlanus* 64 mm LP. Vista del lado ciego. **ba**= basipterigium; **br**= branquióstegos; **cart. pelv**= cartílago pélvico; **cf**= complejo prefrontal; **clt**= cleitrum; **cu**= cuadrado; **de**= dentario; **ect**= ectopterigoideo; **enp**= endopterigiodes; **epi**= epioccipital; **es**= esfenótico; **et**= etmoides; **ex**= extraescapulares; **fr**= frontal; **hio**= hiomandibular; **iop**= interopérculo; **ma**= maxilar; **man**= mandíbular; **mtp**= metapterigioides; **msp**= mesopterigioides; **ocu**= ocular; **ope**= opérculo; **pa**= parietal; **pal**= palatino; **pas**= parasfenoides; **po**= preopérculo; **pr**= proótico; **pre**= premaxilar; **ptm**= posttemporal; **si**= simplético; **so**= subopérculo; **spo**= supraoccipital; **uro**= urohial.



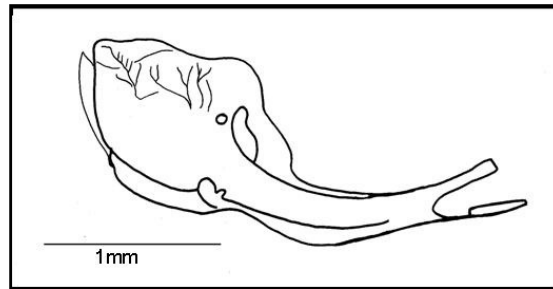


Figura 26. Esquema del hueso nasal de *A. mazatlanus*.

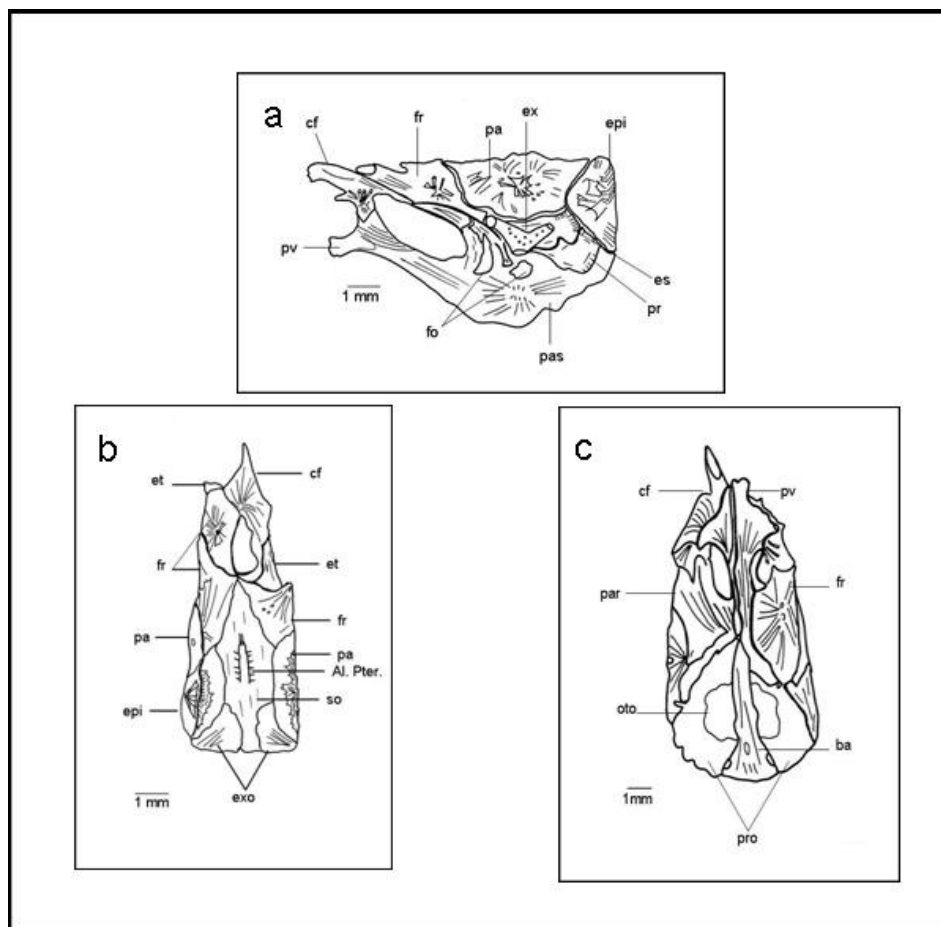


Figura 27. Esquema del neurocráneo de *A. mazatlanus* 81 mm LP. a) vista lateral izquierda, b) dorsal y c) ventral. **Al. Pter** = alvéolos de los pterigióforos; **ba**= basioccipital; **cf**= complejo prefrontal; **e**pi= epioccipital; **es**= esfenótico; **et**= etmoides; **ex**= extraescapular; **exo**= exoccipital; **fo**= foramen; **fr**= frontal; **oto**= otolitos; **pa**= parietal; **pas**= parasfenoides; **pr**= proótico; **pv**= prevómer; **so**= supraoccipital.



El otolito de *A. mazatlanus* (Fig. 28) tiene la sagita en forma casi cuadrada y con pocas ondulaciones en sus márgenes, el rostro es más prominente, la cauda se encuentra dirigida hacia la derecha y está separada del ostio; presentan una forma homosulcoide, lo que significa que el ostio y la cauda son del mismo tamaño y forma.

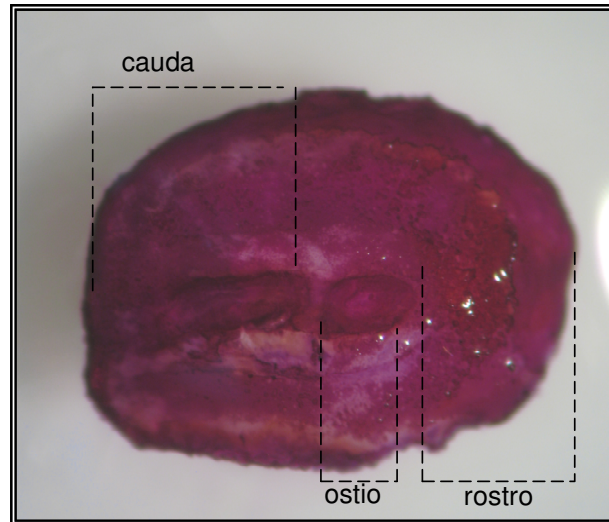


Figura 28. Otolito de *A. mazatlanus*

Branquiocráneo

La asimetría de los elementos del branquiocráneo no es tan marcada como la que se observa en el neurocráneo y, aunque indirectamente esta relacionada con la torsión del cráneo por la migración ocular, parece una consecuencia más directa de la morfología funcional y diferentes mecanismos del movimiento de las mandíbulas de cada lado, en estos organismos asimétricos (Díaz de Astarloa, 2005).

La región del arco mandibular está constituida por la mandíbula superior, que se compone de los huesos premaxilar y maxilar; además de la mandíbula inferior que esta formada por los huesos dentario, anguloarticular y retroarticular (Figs. 24 y 25). El premaxilar constituye el borde superior de la boca, muestra diferencias morfológicas entre el lago ocular y ciego, tiene una forma de bastón ensanchado en la parte superior y los dientes están ausentes; comparativamente, el premaxilar del lado ciego tiene un



proceso ascendente largo; lo más notorio en él es la presencia de una gran cantidad de dientes de tipo viliformes (Fig. 29).

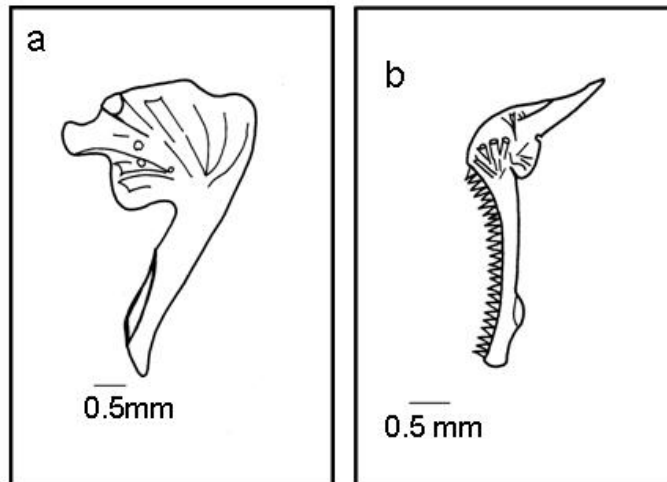


Figura 29. Esquema del hueso premaxilar de *A. mazatlanus* a) lado oculado y b) lado ciego.

El maxilar presenta dos procesos: dorsal y ventral; este último lo delimita una profunda fosa de articulación con el premaxilar. En la parte media del hueso, en el borde, se encuentra un pequeño proceso dirigido hacia atrás donde se inserta un ligamento primordial, que se une con el músculo aductor de la mandíbula. Hay diferencias en la morfología de este hueso, en un lado y otro del cuerpo, en el lado ciego se presenta un hueso más grueso y con forma de martillo, el cual se articula con el premaxilar en la parte superior, con el ectoterigoides por la parte posterior y con el dentario por la parte inferior (Fig. 30). Por el contrario, en el lado ocular se presenta un hueso más fino, con forma de flor en la parte posterior y de tallo en la parte inferior; el maxilar, en este lado del cuerpo, se fusiona con el premaxilar y el dentario.



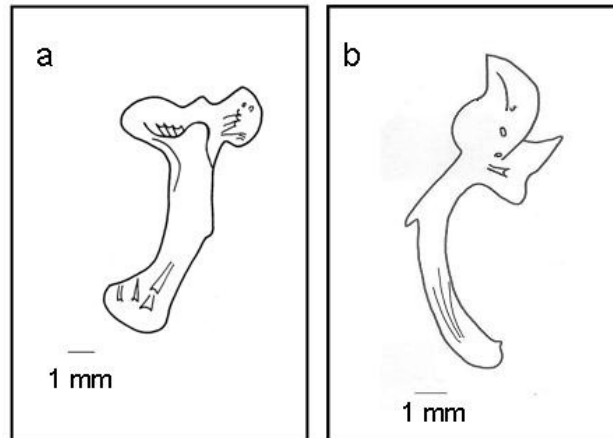


Figura 30. Esquema del maxilar de *A. mazatlanus* a) lado oculado y b) lado ciego. El dentario forma el borde inferior de la boca. Es un hueso con una gran cantidad de poros que abren paso a canales sensoriales, en el lado izquierdo del organismo es muy evidente la presencia de dientes viliformes; aunque este hueso presenta una forma más obtusa en el frente. El cartílago de Meckel está reducido a una varilla que se inserta por la parte interna del anguloarticular y se prolonga hasta la mitad del dentario (Fig. 31). El retroarticular está situado en la parte posterosuperior del anguloarticular y recibe un ligamento proveniente del interopérculo. Es más largo en el lado ciego.

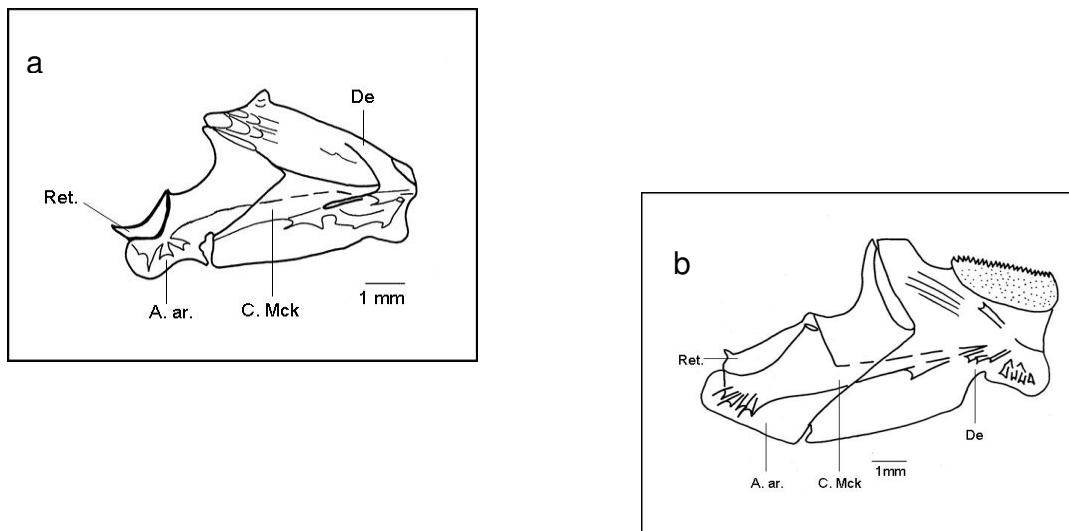


Figura 31. Esquema del dentario de *A. mazatlanus* a) lado ocular b) lado ciego. **A ar** ángulo articular; **C. Mck**= cartílago de Meckel; **De**= dentario; **Ret** = Retroarticular.



El arco palatoc cuadrado en *A. mazatlanus*, se compone por huesos pares (palatino, hiomandibular, ectoterigoides, mesopterigoides, metapterigoides, endoterigoides, cuadrado y simplético; Figs. 24 y 25). Está articulado al neurocráneo por la parte anterior a través del palatino y posteriormente por medio del arco hiodeo; esto nos indica que la suspensión mandibular es hiostílica (Kardong, 1998). El palatino no tiene diente.

El ectoterigoides es un hueso curvo, que se encuentra articulado con el palatino y con el endopterigoides, su rama inferior se prolonga a lo largo del borde anterior del cuadrado. El mesopterigoides (también llamado endopterigoides) en los ejemplares analizados de *A. mazatlanus*, representan dos huesos bien definidos y separados por un espacio. El mesopterigoides presenta una forma ovalada y se encuentra en estrecho contacto con la superficie del metapterigoides, mientras que el endopterigoides es pequeño y con forma más o menos triangular. Las formas aplanadas de estos huesos ayudan a sostener al ojo inferior que no queda contenido en una órbita ósea.

El hueso mesopterigoides es un poco más grande y aserrado en el lado ciego, también es más grande que el endopterigoides del lado izquierdo. El metapterigoides, en el lado ocular, es aplanado como forma de gota, mientras que el hueso del lado ciego es más redondo, por la parte ventral está relacionado con el simplético.

El cuadrado presenta una forma triangular, está en estrecha relación con el ectopterigoides en uno de los lados y en la parte inferior con el simplético. Este último es un hueso pequeño y delgado, con forma de cuña; está ensamblado dentro de una cavidad posteromedial del cuadrado. Los huesos simpléticos tienen amplio contacto con el extremo anterior del preopérculo. Este hueso es más largo en el lado ocular.

Por otro lado, el hiomandibular es un hueso en forma de una sonda acanalada, sólo que más corto en la parte recta y curva; forma el principal enlace entre el branquiocráneo y el neurocráneo. Tiene tres procesos de articulación o cóndilos que caracterizan el



extremo superior del hiomandibular: el primero de posición anterior encaja con la fosa conformada por la unión del esfenótico y proótico; el segundo, se localiza en posición dorsal y se inserta en una muesca del proótico; un tercero, situado en posición posteroventral conecta al hiomandibular con el opérculo. Está cubierto por el preopérculo que es morfológicamente simétrico en ambos lados del cuerpo.

El urohial presenta forma de “boomerang”. En la especie *A. mazatlanus*, la parte media del urohial está casi al mismo nivel que la parte esciática. El interhial es un hueso pequeño y delgado con forma de varilla, se conecta con el simpléctico y el proceso simpléctico del hiomandibular. Ventralmente, está más cerca del borde posterodorsal del epihial (Fig. 32).

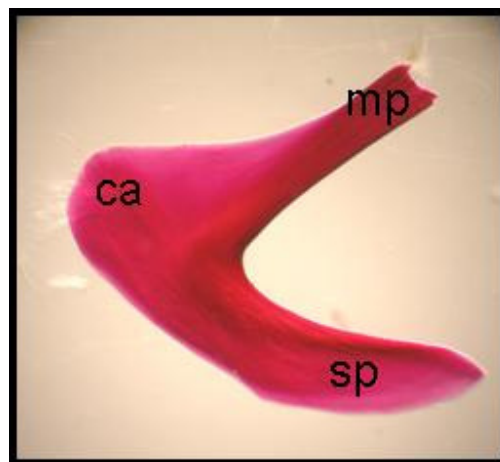


Figura 32. Urohial de *A. mazatlanus* **ca** = apófisis cardíaca; **mp** = parte media; **sp** = esciática.

El epihial presenta una forma cuadrada y está unido al ceratohial; este hueso soporta tres radios branquióstegos. El ceratohial es un hueso semicircular con un con una rama anterior sólida, por encima y debajo de esta rama están unidos los hipohiales que sostienen tres radios branquióstegos.



La serie opercular está constituida por cuatro huesos comprimidos lateralmente, que cubren y protegen a los arcos branquiales. Todos ellos son pares y de origen dérmico (preopérculo, opérculo, subopérculo e interopérculo). El preopérculo tiene forma de media luna con la rama superior más prolongada, es un hueso simétrico; en ambos lados del cuerpo, la rama superior está inserta en el hueso hiomandibular; en tanto que la rama inferior, se encuentra articulada con el simpléctico y por la parte ventral con el interopérculo (Figs. 24 y 25).

El opérculo es un hueso delgado y laminar. Se une con el hiomandibular por un cóndilo de articulación. Por debajo de este se encuentra el subopérculo que presenta forma de cuchara, y al igual que el opérculo es laminar y delgado; tiene un foramen en la parte inferior donde el hueso está ensanchado, tanto del lado derecho como del izquierdo se presenta esta misma forma, este hueso se une mediante una membrana al interopérculo, el cual es menos laminar. Uno de los márgenes inferiores está parcialmente cubierto por el preopérculo, el cual se une por medio de tejido conectivo.

Los arcos branquiales son los encargados de dar sostén a las branquias, en las cuales se lleva a cabo el intercambio gaseoso de los peces. La serie de huesos branquiales está compuesta por un bashial, tres basibranquiales, tres pares de hipobranquiales, cinco pares de ceratobranquiales, cuatro pares de epibranquiales y cuatro pares de faringobranquiales. El bashial presenta un pequeño proceso redondeado muy característico. Los hipohiales encierran por los costados al bashial y parte del primer basibranquial, están unidos al urohial por fuertes ligamentos.

El segundo basibranquial está relacionado lateralmente con los extremos de los primeros hipobranquiales. El tercer basibranquial está relacionado con los segundos y terceros hipobranquiales, este hueso al final es delgado. Le sigue un pequeño hueso en forma triangular el cual podría corresponder a un cuarto basibranquial, pero hasta ahora no se encuentra descrito para el grupo de los Pleuronectiformes. Los primeros hipobranquiales son huesos más grandes y robustos que los otros, los segundos tienen



una forma cuadrada y sostienen a las branquiespinas, los terceros tienen forma de gota y no tienen branquiespinas.

Los primeros hipobranquiales son huesos robustos y más grandes que los segundos, cuya forma es casi cuadrada y soportan a las branquiespinas; los terceros tienen forma de gota y no tienen branquiespinas.

El primer, segundo, tercer y cuarto ceratobranquiales, son los huesos más largos de la serie branquial, todos ellos están articulados por medio de puentes cartilagosos, con sus respectivos hipobranquiales en posición anterior y epibranquiales posteriormente. Los primeros tres hipobranquiales están provistos de branquiespinas. El quinto par de ceratobranquiales son más cortos y anchos, presentan una gran cantidad de dentículos. Los cuatro pares siguientes, denominados epibranquiales, constituyen la rama superior de los arcos branquiales, son más chicos que los anteriores, no tienen branquiespinas y presentan un proceso laminar en su parte media.

Los faringobranquiales son huesos irregulares entre sí, portan dentículos que forman parte de los dientes faríngeos; el primero es un hueso delgado y largo que no presenta dentículos, su extremo superior se sitúa en el neurocráneo, a nivel del proótico. Los otros faringobranquiales están relacionados con la parte basal y posterior del neurocráneo, a través de nódulos cartilagosos. El segundo faringobranquial está conectado con su correspondiente epibranquial. El tercer hueso faringobranquial está en contacto ventralmente con su respectivo epibranquial (Fig. 33)



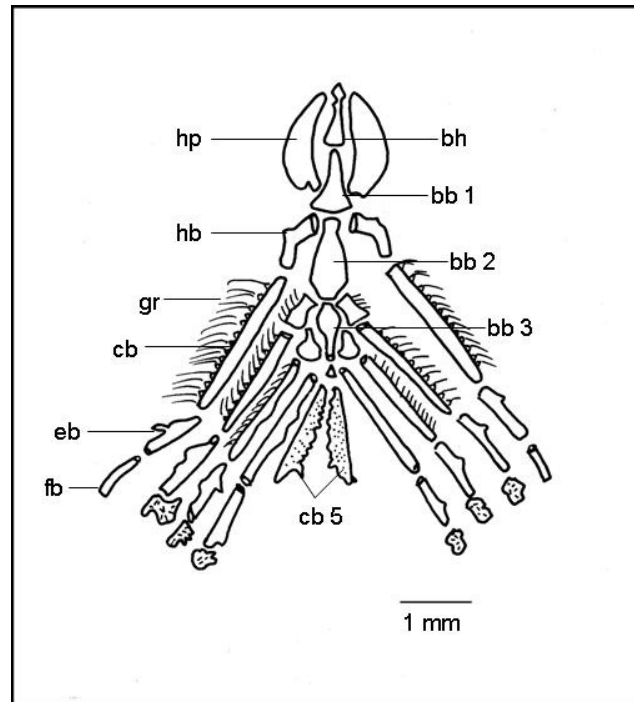


Figura 33. Arco branquial de *A. mazatlanus*. **bb 1-3**= basibranquial; **bh**= basihal; **cb**= ceratobranquial; **eb**= epibranquial; **fb**= faringobranquial; **gr**= branquias; **hb**= hipobranquial; **hp**= hipohiales.

Esqueleto Axial

Esta región está constituida por la columna vertebral formada por 27 a 28 vértebras de tipo ancicélicas, con un número de ocho a nueve preanales y de 19 - 20 postanales. Las costillas son refuerzos que se fusionan o articulan con las vértebras, proporcionan lugares para la fijación muscular, ayudan a suspender el cuerpo y forman una caja protectora alrededor de las vísceras (Kardong, 1999); en *A. mazatlanus*, se presentan cinco costillas cuya presencia va desde la cuarta hasta la octava vértebra preanal (Fig. 34).



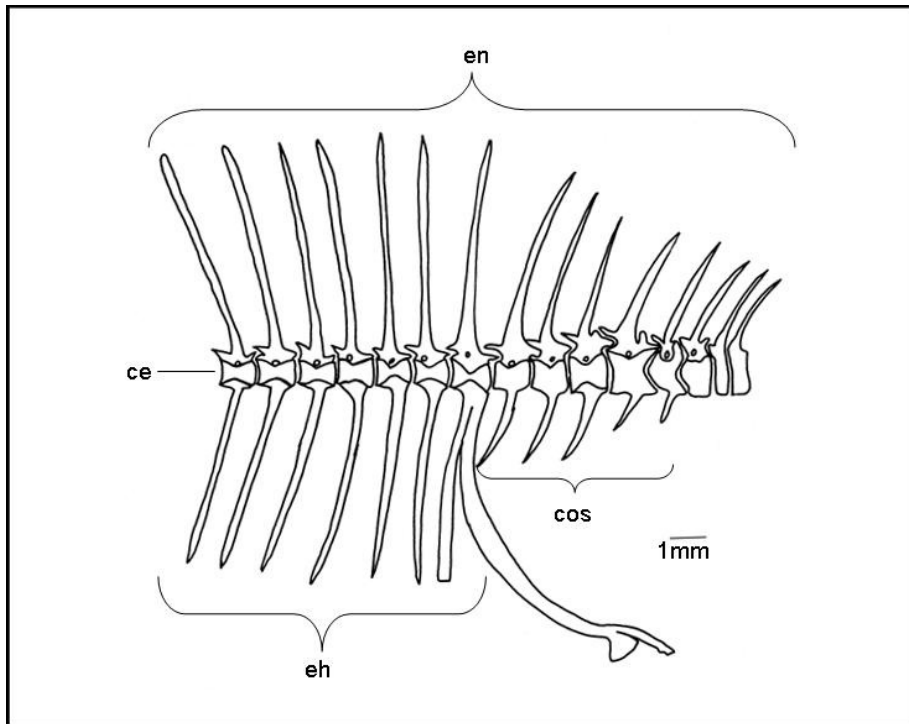


Figura 34. Esquema del esqueleto axial de *A. mazatlanus*. **ce**= centro; **cos**= costillas; **en** = espinas neurales; **eh** = espinas hemales.

Los patrones de interdigitación indican la relación y posición de los pterigióforos con respecto a las espinas neurales de cada vértebra. El primer y segundo radio (anterior) de la aleta dorsal están sostenidos por un solo pterigióforo, el cual yace en la base más anterior de la cresta supraoccipital. La base proximal de los siguientes cuatro pterigióforos tienen un soporte cranial muy similar. La sexta interdigitación, está en relación con el cráneo y la primera espina neural. La base proximal de los siguientes pterigióforos ya no tiene conexión neural.

La estructura esquelética de la aleta anal es muy similar a la que presenta la aleta dorsal. El primer pterigióforo es un hueso compacto y curvo en su porción anterior, está bien solidificado desde la base proximal y da soporte a los tres primeros radios de la aleta anal; asimismo, se encuentra fuertemente unido a la primera espina hemal y forma



una cavidad donde se alojan los siguientes cinco pterigióforos. Norman (1934), lo denomina como “primer pterigióforo anal”, en tanto que otros autores le llaman “varilla abdominal” (e.g. Kyle, 1921).

Esqueleto apendicular

El esqueleto apendicular en *A. mazatlanus*, comprende las aletas pares y las cintura que las une al cuerpo del organismo.

En *A. mazatlanus* la aleta pectoral no es pareada (excepto durante las primeras etapas de desarrollo), por lo que solo se le encuentra del lado ocular; la serie de huesos que la caracterizan, no se encuentran presentes, por lo tanto solo está unida al cleitrum por medio de un hueso cartilaginoso, el cleitrum es más evidente en organismos de tallas pequeñas (25 a 60 mm LP), en tallas grandes está reducido o ausente (Fig. 35).

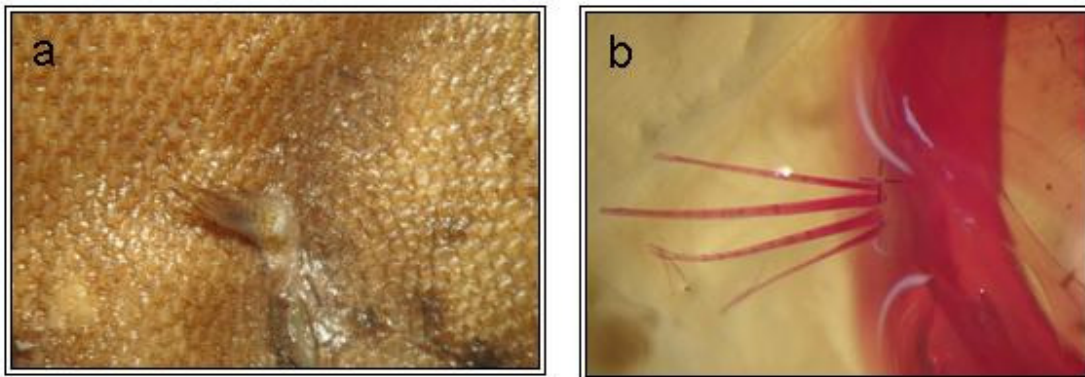


Figura. 35. Aleta pectoral de *A. mazatlanus* 105 mm LP a) ejemplar sin procesar y b) transparentado.

El hueso posttemporal está perforado por un canal sensorial proveniente de la línea lateral. El cleitrum se une con el supracleitrum y, este a su vez, lo hace con el posttemporal que forma la unión con el neurocráneo y da soporte a la aleta; el postcleitrum esta ausente en organismos adultos. El número de radios presentes en la aleta dorsal va de 3 a 4 en esta especie.



Las aletas pélvicas se encuentran unidas a través de la cintura pélvica, la cual consiste de un par de huesos de cartílago (los basipterigios), mediante los cuales se une al cleitrum (Lagler et al., 1984). Las aletas pélvicas son pareadas y se unen al cleitrum, mediante el basipterigio que posee un cartílago pélvico y cinco radios (Fig. 36).

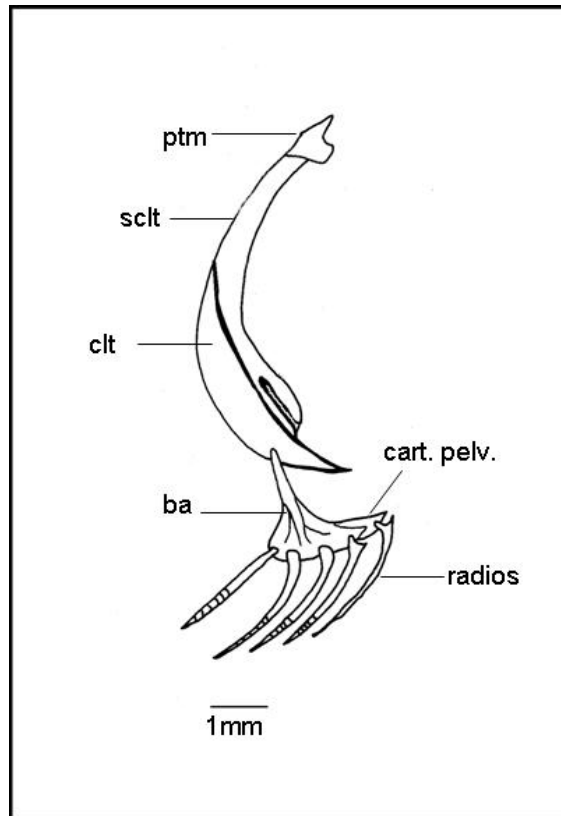


Figura 36. Aleta pélvica de *A. mazatlanus* 55 mm LP. **ba** = basipterigio; **cart. pelv** = cartílago pélvico; **clt** = cleitrum; **ptm** = posttemporal; **sclt** = supracleitrum.

Achirus mazatlanus no presenta huesos supraneurales, esto es debido a que la aleta comienza desde la cabeza y va hasta la porción caudal; además carece de espinas. Las aletas dorsal y anal se componen de numerosos radios, que están sostenidos por pterigióforos (proximales y distales). En esta especie la aleta dorsal consta de 54 a 57 radios y la anal de 41 a 42 radios. En los individuos estudiados, los pterigióforos distales tanto de la aleta dorsal, como la anal son de consistencia cartilaginosa, sin distinción entre formas juveniles y adultos (Figs. 37 y 38).



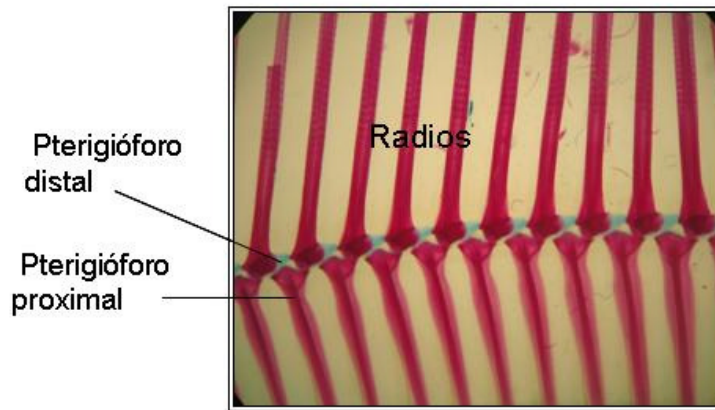


Figura 37. Aleta dorsal de *A. mazatlanus* 51 mm LP.

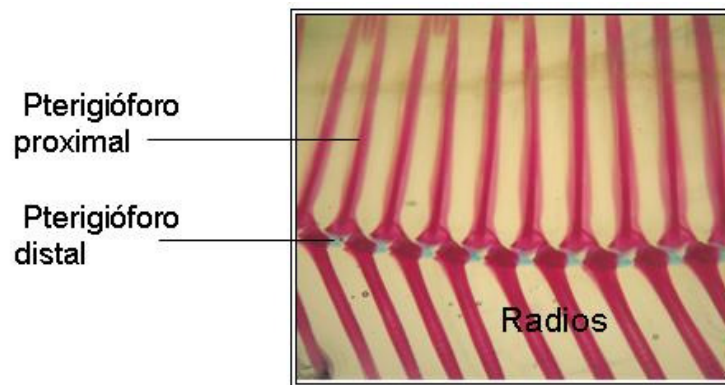


Figura 38. Aleta anal de *A. mazatlanus* 51 mm LP

Esqueleto Caudal

En el caso de la especie *A. mazatlanus*, el esqueleto caudal está constituido por 1 epural + 5 hipurales + 1 parhipural, una espina neural y dos hemales; dicha fórmula fue observada tanto en organismos de talla pequeña (25 mm LT) como grandes (175 mm LT; Figs. 39 y 40); El primer hipural es de menor tamaño que los hipurales II-III y IV, los cuales están unidos al CPI; mientras que el quinto hipural se encuentra separado. Todas estas estructuras, incluyendo el parhipural, tienen forma triangular; el epural es largo y delgado. Cabe mencionar que en individuos con talla de 25 mm LT, fue notoria la presencia de una espina neural separada de la penúltima vértebra y una espina hemal dividida en dos. En organismos más grandes, no se observan estas



características de tener alguna espina separada o divididas. La posición del radio principal más distal está ubicado sobre el epural, le continúan los otros radios posicionados entre el hipural V hasta la espina hemal (Figs. 39 y 40).

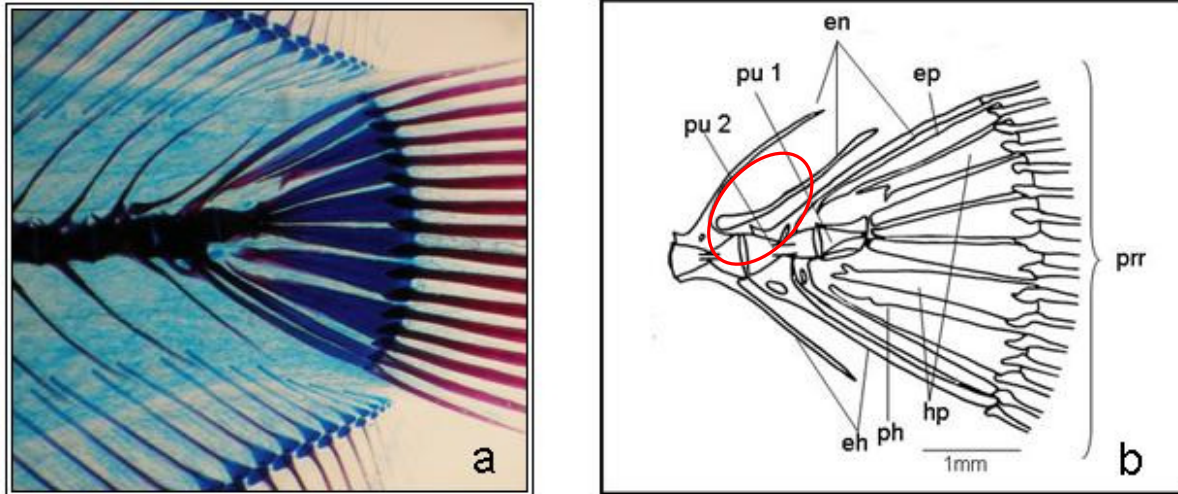


Figura 39. Esqueleto caudal de *A. mazatlanus*, 18 mm LP a) ejemplar transparentado y b) esquema con sus estructuras: **ep**= epural; **eh**= espina hemal; **en**= espina neural; **hp**= hipural; **ph**= paripural; **pr**= radios principales; **pu 1-2** = centro pleural.

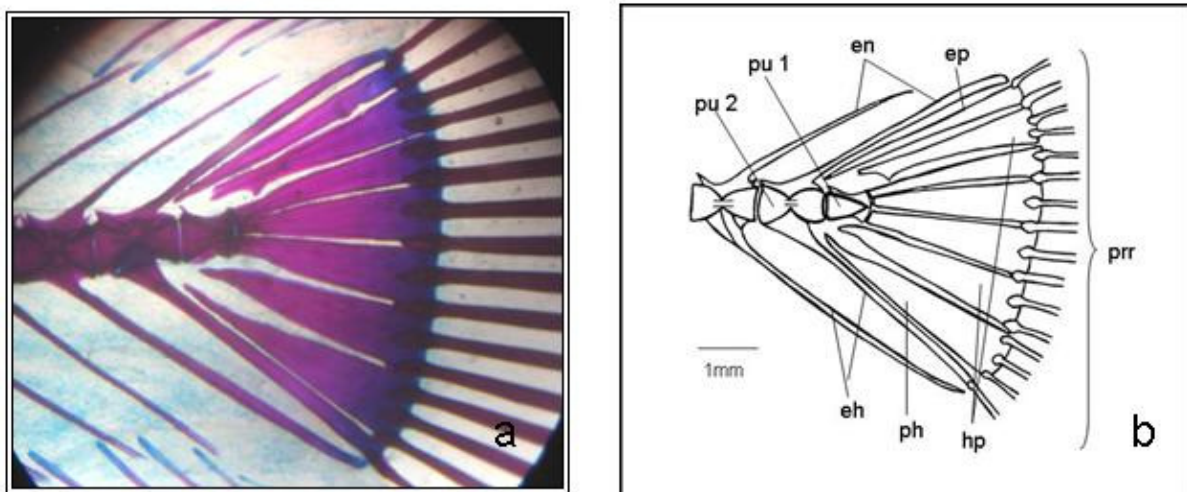


Figura 40. Esqueleto caudal de *A. mazatlanus*, 36 mm LP. a) ejemplar transparentado y b) esquema con sus estructuras: **ep**= epural; **hp**= hipural; **eh**= espina hemal; **en**= espina neural; **ph**= paripural; **pr**= radios principales; **pu**= centro pleural



DISCUSIÓN

En los últimos años el estudio osteológico en peces planos ha tomado gran importancia, sobre todo aquellos trabajos que hacen referencia a las relaciones de parentesco entre las diferentes especies. En un principio los trabajos se fundamentaban en el estudio de la morfología externa del organismo tomando en cuenta la coloración, tamaño de los ojos si estos se encontraban de lado derecho o izquierdo del cuerpo del pez entre otros (e.g., Jordan 1923, Jordan y Everman 1937); sin embargo, en la actualidad la disciplina de la osteología nos ofrece conocimientos más detallados de un organismo. Dicha situación es aplicable para el grupo de los Pleuronectiformes, donde los cambios de coloración debidos a su estado críptico con el sustrato, pueden confundir al observador ya que el color corporal puede variar en los diferentes puntos de distribución de cada especie.

Cráneo

Kyle (1921), en su estudio sobre la asimetría, metamorfosis y origen de los peces planos (*Rhombus*, *Hippoglossus*, *Pleuronectes* y *Solea*), estableció un esquema de clasificación basado en tres grupos principales, de acuerdo con la estructura general del cráneo y tamaño corporal: 1) aquel representado por formas grandes y de peso elevado, con huesos sólidos (*Platysomatichthys*, *Hippoglossus*, *Pleuronectes* y *Rhombus*); 2) un grupo compuesto por ejemplares delgados y con huesos finos (e.g., *Bothus*, *Arnoglossus* y *Citharus*) y 3) aquel que incluye formas alargadas con una osificación comparativamente más débil (e.g., *Solea*, *Cinoglossus* y *Symphurus*). De acuerdo con esta clasificación, la morfología observada tanto en *A. mazatlanus* como *A. lineatus*, permite incluirlas dentro del segundo grupo, es decir, peces planos con formas delgadas y huesos finos.

Por su parte, Gregory (1959), propuso una división en la estructura del cráneo de los peces óseos en: neurocráneo, formado por las regiones olfatoria, orbital y ótica; y branquiocráneo, constituido por las regiones mandibular, hial y branquial. En las



especies bajo estudio (*A. lineatus* y *A. mazatlanus*), la región olfatoria se caracteriza por una marcada asimetría, además de la fusión de los huesos prefrontales y componentes del etmoides. Tal condición da lugar a la formación de un complejo prefrontal en ambos lados del cuerpo; esta característica corresponde con lo mencionado por Futch et al. (1972), en relación a la formación de un complejo prefrontal en los pleuronectiformes, a partir de estadios larvales.

La región orbital también se ve afectada durante la metamorfosis del organismo, lo que provoca que uno de los ojos quede sin orbita o estructura ósea que lo sostenga. Esto difiere en la mayoría de los peces óseos, en los cuales se presenta una serie de huesecillos llamados infrorbitales (Futch et al., 1972) o suborbitarios (Amaoka, 1969), que conforman la región orbital. Al respecto, Cervigón (1985), comenta que los suborbitarios son huesos que se encuentran en la mejilla de algunas formas primitivas como los Chondrostei; por lo que el los llama de manera más correcta como infraorbitarios.

En las especies bajo estudio, no se presenta este conjunto de huesos con excepción de un solo hueso infraorbitario que sostiene al ojo izquierdo. Futch et al. (1972), mencionan que esta ausencia de los huesos infraorbitarios constituye una característica propia de *A. lineatus*, que difiere de la mayoría de los teleósteos donde se presenta una serie de huesos infraorbitarios. A este respecto, Chapleau (1993) comenta que la tendencia en la reducción del número de elementos de la serie infraorbital, a una condición de la presencia de solo hueso o la ausencia de este, representa una característica que es común en los peces de las familias Achiridae, Soleidae y Cynoglossidae. En este contexto, Cervigón (1980), afirma que por lo general estos huesos no existen en las especies de los géneros *Achirus* y *Trinectes*.

Por otra parte, Woolcott et al. (1968), refieren la presencia de un hueso lacrimal, cuya forma es triangular y se encuentra débilmente adherido a la región etmoidal del lado ocular en los miembros del género *Paralichthys*. En este sentido, Amaoka (1969)



reconoce la existencia de un lacrimal como un hueso de tipo preorbitario, además menciona que por lo general este hueso es más grande que cualquier otro de la serie infrorbital, y que se encuentra adherido al proceso lateral del etmoides o paraetmoides, por medio de un ligamento; asimismo, determina que el preorbitario del lado ciego se encuentra bien desarrollado en los *Paralichthyidae*, pero que está ausente en los miembros de la familia *Bothidae*. Tanto en *A. lineatus* como en *A. mazatlanus*, el preorbitario o lacrimal se encuentra ausente en ambos lados del cuerpo, tal como había sido establecido por Futch et al. (1977), en los peces de la familia *Achiridae*.

El hueso nasal, en las especies examinadas, se presenta como un hueso atenuado que solo se encuentra en el lado ocular, unido al complejo prefrontal. En contraste, en otras especies de *Pleuronectiformes* como en la especie *Tephrinectes sinensis* (*Paralichthyidae*), se presentan dos huesos nasales, con una morfología similar a la observada en otras especies de peces planos, como es el caso de algunos miembros de la familia *Achiridae* (Hoshino y Amaoka, 1998).

La forma característica de los huesos extraescapulares, que corresponde con aquella morfología reportada en especies del género *Paralichthys* (Díaz de Astarloa, 2005). Cerca del hueso extraescapular se encuentra un hueso de forma cilíndrica, el cual muestra algunas diferencias morfológicas entre los organismos de *A. lineatus* y *A. mazatlanus*; ya que en la primera especie, este hueso es más corto y se inserta en una concavidad formada entre los huesos esfenótico y epioccipital. En tanto que en *A. mazatlanus*, su forma es más alargada y notoria, además de estar inserta en una concavidad situada entre el epioccipital y el pariental.

Los proóticos son los huesos más grandes de la serie ótica, cuya función es dar resguardo a los otolitos (estructuras de equilibrio), en las especies de *Achirus* bajo estudio, se pudo observar una morfología muy similar. Los otolitos se encuentran embebidos en los proóticos, tienen alta especificidad morfológica y son considerados



caracteres con valor diagnóstico y taxonómico; además de servir como una estructura útil para la determinación del crecimiento en estos peces (Hernández et al., 2004).

De modo particular, la morfología del otolito en *A. lineatus*, coincide con la reportada por Hernández et al. (2004), quienes describen una forma paralelográfica con el sulcus central de tipo homosulcoide, un margen anterior truncado y el margen posterior convexo. Por su parte, López (1989), reporta una forma oval de la sagita en larvas de *A. lineatus* (1-2 mm); este autor menciona que a medida que el organismo incrementa su tamaño, se aprecian claramente un mayor número de irregularidades en su contorno, así como un depósito diferencial de material calcáreo en diversas partes del otolito. Esta situación da la apariencia de la presencia de un núcleo desplazado hacia la parte central del otolito.

La estructura del otolito en *A. mazatlanus* es muy parecida a la de *A. lineatus*, sin embargo, una diferencia que es notoria entre ambas especies corresponde a la presencia de un borde carente de ondulaciones en la especie del Pacífico oriental; además de una cauda más larga, en comparación con aquella que se presenta en *A. lineatus*. La morfología observada en los otolitos de ambas especies, coincide con la reportada en otros Pleuronectiformes, como la especie *Solea solea* (Norman, 1934).

Branquiocráneo

La asimetría observada en los elementos del branquiocráneo, en las especies estudiadas, no es tan marcada como la que se encontró a nivel del neurocráneo, y aunque tal condición está en estrecha relación con la torsión del cráneo (debida a la migración ocular), parece ser más una consecuencia directa de la morfología funcional, asociada con el movimiento de las mandíbulas (Díaz de Astarloa, 2005).

En términos generales, no se observaron diferencias notables entre las estructuras del lado ciego y el ocular de las especies analizadas. En ambas el premaxilar presentó



dientes viliformes, pero solo del lado ciego; la ausencia de dientes en el premaxilar del lado ocular, ha sido reportada como un carácter distintivo de la familia Achiridae (Futch et al., 1972; Chaplaeu, 1993).

El dentario es un hueso más delgado y alargado en el lado ciego, que además posee dientes de tipo viliforme. Mientras que el cartílago de Meckel, tiene la forma de una varilla que se inserta en la parte interna del anguloarticular y se prolonga hasta la mitad del dentario; esta condición, presente tanto en *A. mazatlanus* como en *A. lineatus*, es parecida a la descrita en la mandíbula de los peces del género *Paralichthys* por Díaz de Astarloa (2005), quien además menciona la presencia de un cartílago de Meckel, cuya longitud recorre desde el anguloarticular hasta el dentario y dientes en ambos lados del cuerpo. Lo anterior permite establecer la existencia de diferencias en la morfología y arreglo de las estructuras del branquicráneo, a nivel de géneros y familias de Pleuronectiformes.

Por lo que respecta al hueso palatino, este no presentó dientes en ninguna de las especies aquí tratadas, lo cual difiere de lo mencionado por Chapleau (1993), quien señala que todos los peces planos tienen dientes en esta región, con excepción de la familia Psettodidae. Tampoco se detectó la presencia de dientes vomérimos, condición que de acuerdo con Chapleau (1993), representa un carácter apomórfico para las familias Achiridae, Soleidae, Cynoglossidae y Pleuronectidae.

De acuerdo con Futch et al. (1972), el hiomandibular representa un hueso cruciforme y alargado, que forma un enlace entre el branquicráneo y neurocráneo; su morfología es simétrica en ambos lados del cuerpo de los organismos, lo que coincide con lo reportado en otros estudios de Pleuronectiformes (Chaplaeu, 1993; Díaz de Astarloa, 2005). De la misma forma, la serie opercular que está conformada por cuatro huesos (preopérculo, opérculo, subopérculo e interopérculo) casi simétricos entre sí, presentes en ambos lados del cuerpo, muestran una morfología y arreglo semejante al reportado en otras especies de peces planos (e.g., Gregory, 1959; Futch et al. 1972; Díaz de Astarloa, 2005).



Los arcos branquiales por su parte, presentan la misma composición y arreglo que caracterizan a los peces del orden Perciformes (Futch et al., 1972). Asimismo, corresponden a lo reportado en especies del género *Paralichthys* (Díaz de Astarloa, 2005), como parte de las estructuras que componen los arcos branquiales de las especies aquí estudiadas.

Finalmente, cabe mencionar que no se detectaron diferencias en la morfología y arreglo de las estructuras osteológicas entre los organismos de las especies involucradas, a nivel latitudinal.

Esqueleto Axial

El esqueleto axial de la mayoría de los peces se prolonga hasta la región caudal, de la cual se pueden adoptar diversas formas. En particular, el eje axial de estos organismos, presenta movimientos de flexión laterales, producidos por la musculatura del cuerpo, que hacen que la columna vertebral se comprima; por lo general la columna en los peces teleósteos está osificada y sus centros más conspicuos reemplazan al notocordio como soporte mecánico principal del cuerpo.

Las espinas neurales, las costillas y elementos accesorios, ayudan a la estabilización de las aletas (Kardong, 1999). En las especies de *A. lineatus* y *A. mazatlanus*, la columna vertebral se compone de 27 a 28 vértebras (ocho preanales y 19 a 20 postanales), todas éstas de tipo anficélicas; a partir de la cuarta vértebra preanal se presentan las costillas que llegan hasta la vértebra preanal ocho. De acuerdo con Ortíz Galindo et al., (1989), este número de elementos del esqueleto axial se presenta en ejemplares pequeños de *A. mazatlanus*, a partir de tallas de 3.64 mm; tal situación coincide con lo encontrado en organismos entre 25 mm y 150 mm LP, además se pudo observar que a partir de estas tallas se completa el número de radios de la aleta caudal. En el mismo sentido, Futch et al. (1972) determinó a partir de un estudio en larvas de *A. lineatus*, un número de vértebras igual al que se reporta en el presente estudio; dicho número también coincide con aquél reportado por Ford (1937) en la especie *Solea solea*.



Esqueleto apendicular

En los peces teleósteos las aletas pectorales están unidas al cuerpo a través de la cintura pectoral, cuyo conjunto de estructuras que la conforman (coracoides, escapular, posttemporales, supracleitrum, cleitrum y postcleitrum), componen al esqueleto apendicular (Lagler, 1984; Kardong, 1999).

Por lo general se trata de aletas pares, sin embargo, en las especies bajo estudio se presenta solo una aleta pectoral, localizada en el lado ocular del pez; además, en estos grupos el esqueleto apendicular carece de coracoides y escapular. En consecuencia, los apéndices pectorales están unidos al cleitrum por medio de un hueso de consistencia cartilaginosa, que es notorio en tallas de 25 mm a 60 mm LP; no obstante, dicha unión está ausente en tallas mayores.

Con relación a lo anterior, Chapleau (1993), mencionó que en los Achiridae, los huesos coracoides y escapular, están reducidos a una pequeña estructura cartilaginosa que representa un carácter derivado en este grupo de peces; asimismo, destaca la ausencia del postcleitrum. A pesar de que Futch et al. (1972), habían establecido que en *A. lineatus* el postcleitrum está presente en etapas larvarias.

El posttemporal, en estas especies de achiridos, presenta una perforación por la que pasa un canal sensorial que proviene de la línea lateral; al respecto, Hoshino (2001b) indica la presencia de este canal en supracleitrum de los peces de la familia Citharidae. Mientras que Díaz de Astarloa (2005), señala que este canal también se presenta en el posttemporal de las especies del género *Paralychtyx*.

El número de radios presentes en la aleta pectoral, fue variable entre las especies estudiadas: *A. mazatlanus* (tres a cuatro elementos) y hasta seis para *A. lineatus*; estos números corresponden a lo reportado, al menos para *A. mazatlanus*, por Ortiz-Galindo et al. (1990). Dichos autores mencionan con base en el estudio del desarrollo inicial de



esta especie, que a partir de los 7.55 mm LP (estadio prejuvenil), se ha completado la formación de los cuatro radios que caracterizan a su aleta pectoral. Por otro lado, Futch et al. (1972) mencionan que el número de radios puede llegar a ser de cuatro hasta seis elementos en la especie; sin embargo, este autor conjuntamente con Chapleau (1993), reconocen que la reducción en el número de elementos pectorales podría constituir un carácter diagnóstico para el establecimiento de las relaciones filogenéticas de las familias Achiridae, Soleidae y Cynoglossidae.

En el caso de las aletas pélvicas, estas se caracterizan por su condición de apéndices pareados y su unión con el cleitrum, a través del basipterigio, que a su vez se distingue por poseer un cartílago pélvico y cinco radios. Asimismo, destaca la presencia de espinas en esta aleta, que de acuerdo con Chapleu (1993), constituye un estado de carácter apomórfico dentro del grupo de los Pleuronectiformes.

Los peces pueden poseer una, dos o más aletas dorsales (Martínez, 1998). Dicha aleta se sostiene mediante pterigióforos de dos tipos: los basales, gruesos y situados en la parte proximal y los distales (Kardong, 1999), huesos pequeños situados entre los proximales y los radios. La aleta anal es la más estable, ya que muestra menos variaciones, está sostenida por los pterigióforos proximal y radiales (Lagler, 1984). En la mayoría de los peces óseos a esta aleta se le anteponen huesos predorsales (supraneurales), que pueden ser remanentes de huesos proximales que se encontraban anteriormente en ese sitio; en muchos estudios son utilizados como carácter taxonómico, ya que su número, forma y relación con la aleta dorsal y la espina neural, por lo general es consistente a nivel de especie, pero divergente entre géneros y familias (Kendall, 1976). Sin embargo, a pesar de que dichas estructuras se encuentran en la mayoría de los teleósteos antes de la posición de la primera aleta dorsal; tanto en *A. lineatus* como *A. mazatlanus*, dichos huesos están ausentes, por lo que la aleta dorsal comienza desde la parte anterior de la cabeza hasta la porción caudal.



En ambas especies, la aleta dorsal se prolonga desde la cabeza hasta la región caudal, sin mostrar una notable variación en el número de elementos que la componen (*A. lineatus* = 50 a 59 radios, *A. mazatlanus* = 54 a 57), por lo que no representa una característica diagnóstica para la separación de estas especies. De acuerdo con lo observado, en estas especies de achiridos, la aleta se sostiene por pterigióforos de dos tipos: los basales, de consistencia gruesa y situados en la parte proximal; además de los distales, que son huesos pequeños situados entre los proximales y los radios de esta aleta (Kardong, 1999). Los primeros cinco pterigióforos distales, se ubican en una muesca que se localiza en la cresta supraoccipital de ambas especies; lo que según Futch et al. (1972), se presenta desde las etapas larvarias en *A. lineatus*.

La aleta anal presenta un arreglo estructural muy similar al de aquel que caracteriza a la aleta dorsal. No se observaron diferencias en el arreglo que exhiben las especies bajo estudio y su esquema coincide con lo descrito por Futch et al. (1972), quienes además señalan que las primeras estructuras en desarrollarse son los pterigióforos, es decir los soportes de la aleta; siendo notoria esta situación en larvas con tallas entre 2.1 y 2.4 mm LP. También mencionan que posterior a la aparición de los soportes dorsales, se inicia la formación de los pterigióforos de la aleta anal.

Esqueleto Caudal

La estructura general de la aleta caudal de los Pleuronectiformes, ha sido descrita a partir de varias de sus especies, entre las cuales se ha observado un amplio margen de variación (Hoshino, 2001a). Sin embargo, el esqueleto caudal de las especies *A. lineatus* y *A. mazatlanus*, coincide en su composición general: 1 epural + 5 hipurales+ 1 parhipural, una espina neural y dos hemales; por lo que respecta a la fórmula caudal de *A. lineatus*, el número y tipo de elementos corresponde a lo descrito por Futch et al. (1972), para esta especie. Un esquema similar había sido reportado Hoshino (2001a) en *A. fasciatus* (= *Trinectes maculatus*). Asimismo, Chapleau (1993) reporta la presencia de cinco placas hipúricas bien diferenciadas para el género *Achirus*, algo similar a lo encontrado en las especies bajo estudio.



A pesar de la gran similitud entre las especies, fue posible detectar pequeñas diferencias a nivel de los huesos hipurales, que en *A. lineatus* se presentan muy juntos, pero sin llegar a fusionarse en la porción cercana al centro pleural 1; mientras que en *A. mazatlanus*, es mayor la separación entre dichas estructuras. La presencia de las placas hipúricas no fusionadas, podría considerarse como una característica ancestral como lo menciona Chapleau (1993), en su estudio sobre caracteres de Pleuronectiformes.

En relación al número de elementos de la aleta dorsal, las especies examinadas presentaron menos de 17 radios en la aleta caudal, característica que de acuerdo con lo señalado por Hoshino (2001a), podría ser considerada como un carácter derivado, semejante a lo que representa la ausencia de radios procurrentes en estos taxones. Cabe señalar que no se observaron diferencias en la estructura del esqueleto caudal de las especies, a lo largo de su gradiente de distribución. Es posible pensar que la similitud encontrada en la fórmula y arreglo de la aleta caudal, entre ambas especies, podrían ser un indicio del parentesco evolutivo entre ellas, por lo que pudieran ser consideradas bajo este criterio, como especies hermanas que evolucionaron a partir de un ancestro común. Sin embargo, esto último habrá de ser corroborado mediante la aplicación de un análisis filogenético, utilizando la metodología cladista, como ya ha sido realizado mediante el empleo de herramientas moleculares (Pardo et al., 2005).



CONCLUSIONES

- ✿ El conocimiento sobre la osteología de las especies *A. lineatus* y *A. mazatlanus*, nos muestra el gran valor e importancia que tienen los estudios osteológicos utilizados para el conocimiento de las diferencias entre las dos especies aquí tratadas, entre las que se encuentran aquellas que tienen lugar durante la metamorfosis al pasar de peces simétricos a asimétricos.
- ✿ El complejo caudal difiere en la morfología y arreglo de las estructuras óseas entre cada una de las especies, notándose diferencias en el arreglo y forma de los hipurales de *A. lineatus*, ya que estos están más cercanos unos a otros. Mientras que en *A. mazatlanus*, se observa una clara separación entre los hipurales.
- ✿ La morfología del hueso urohial mostró diferencias entre las especies bajo estudio, siendo más desarrollado el de *A. lineatus*, en comparación con el que caracteriza a *A. mazatlanus*; por lo tanto, representa una característica diagnóstica para la separación de las especies y géneros de la familia
- ✿ Los otolitos son estructuras óseas con valor taxonómico, con diferencias notables entre *A. mazatlanus* y *A. lineatus*, con respecto a la forma y posición del sulcus.
- ✿ Los organismos tanto de *A. lineatus* como de *A. mazatlanus*, presentan dientes en el premaxilar y hueso dentario de lado ciego.
- ✿ Las regiones más afectadas durante metamorfosis son: la olfatoria y la orbital, que forman un complejo prefrontal, en ambas especies. La región mandibular se ve afectada posiblemente por los mecanismos de alimentación.

Literatura citada

Abundio, L. F. 1987. Estudio de la distribución larvaria de las familias Bothidae, Soleidae y Cynoglossidae (Pisces: Pleuronectiformes) en el sur del Golfo de México (1983- 1984). Tesis de Licenciatura de Biología. Facultad de Ciencias-UNAM. 77 p.

Amaro, G. L.I. 1986. Contribución al conocimiento del la distribución del orden Heterostomata (Pleuronectiformes) en el Golfo de México. Tesis de Licenciatura de Biología. Facultad de Ciencias-UNAM. 76 p.

Amaoka, K. 1969. Studies on the Sinistral Flounders Found in the Waters around Japan. Taxonomy, Anatomy and Phylogeny. Journal of the Shimonoseki University of Fisheries, 18: 65-340.

Amezcu-Linares, F. y Z, Castillo-Rodriguez. 1992. Alimentación y reproducción del sol *Achirus mazatlanus* (Steindachner, 1869) en el sistema lagunar costero de Agua Brava, Pacífico de México. Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM, 19(2): 181-194.

Castro-Aguirre, J.L, H. S. Espinosa-Pérez y J. J. Schmitter-Soto.1999. Ictiofauna: Estuarino- Lagunar y Vicaria de México. Limusa- Noriega. 708 p.

Cervigón, F. 1980. Ictiología marina. Vol. I. Arte, Caracas, 358 p.

Cervigón, F. 1985. Las especies de los géneros *Achirus* y *Trinectes* (Pisces: Soleidae) de las costas de Venezuela (Osteología, Musculatura y ligamentos faciales, y Sistemática). Fundación Científica Los Roques. Monografía N° 2. Caracas (Venezuela) 83 p.

Chanet, B. 2003. Interrelationships of Scophthalmid fishes (Pleuronectiformes: Scophthalmidae). *Cybium*, 27(4): 275-286.

Chanet, B. y M. Desoutter-Meniger. 2008. French-English glossary of terms found in Chabanaud's published work on Pleuronectiformes. *Cybium*, 1:23

Chapleau, F. 1993. Pleuronectiform relationships: A cladistic reassessment. *Bulletin of Marine Science*, 52(1):516-540.

Cooper, A. J y F. Chapleau. 1998. Monophyly and intrarelationships of the family Pleuronectidae (Pleuronectiformes), whit a revised classification. *Fishery Bulletin*, 96 (4): 686-726.

Díaz de Astarloa, J, M. 2005. Osteología craneal comparada de tres especies de lenguado del género *Paralichthys* (Pleuronectiformes, Paralichthyidae) del Atlántico suroccidental. *Revista Chilena de Historia Natural*, 78: 343-391.

Dingerkus, G y D.L Ulher. 1977. Enzyme of alcian blue stained whole small vertebrates for demonstration of Cartilage Stain Technology, 52: 229-232.

Flores-Coto, C. 1992. Edad y crecimiento de larvas de *Achirus lineatus*. *Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología UNAM*, 19(2):167-773.

Friedman, M. 2008. The evolutionary origin of flatfish asymmetry. *Nature*, 454: 209-212.

Froese, R. y D. Pauly. 2009. FishBAse. World Wide Web Electronic Publication. Available_online (www.fishbase.org)

Ford, 1937. Vertebral variation in fishes. *Journal Marine Biology*, 22:1-60

Futch CH., L.W Topp y E. D. Houde. 1972. Developmental osteology of the line sole (Pisces: Soleidae). *Marine Science*, 16:33-56.

Gregory, W.K. 1959. *Fish Skulls. A Study of the Evolution of Natural Mechanisms*. Eric Lundberg. Laurel, Florida. 481p.

Gulley, R.L.,M. Cochran y S.O. Ebbesson. 1975. The visual connections of the adult flatfishes, *Achirus lineatus*. *Journal of Comparative Neurology*, 162(3): 309-19.

Hernández, G. M.R., Martínez, P. J.A., Bautista, L.T.A y Résendiz, R. J.M. 2004. Descripción morfológica de los otolitos de las familias Engraulidae, Haemulidae y Achiridae del sistema estuarino de Tecolutla, Veracruz. *Revista de Zoología*, 15: 7-13

Hoshino, K. 2001a. Monophyly of the Citharidae (Pleuronectoidei: Pleuronectiformes: Teleostei) with consideration of pleuronectoid phylogeny. *Ichthyological Research*, 48: 391–404

Hoshino, K. 2001b. Homologies of caudal fin rays of Pleuronectiformes (Teleostei). *Ichthyological Research*, 48:231-246

Hoshino, K. y K. Amaoka. 1998. Osteology of the flounder, *Tephrinectes sinensis* (Lacepède) (Teleostei: Pleuronectiformes), with comments on its relationships. *Ichthyological Research*, 45 (1): 69-77.

Hubbs. C. L. 1945. Phylogenetic position of the Citharidae, a family of flatfishes. *Miscellaneous Publications Museum of Zoology, University of Michigan*, No. 63. pp.

Hubbs, C.L. & K .F. Lagler. 1964. *Fishes of the Great Lakes Area*. Ann Arbor. University of Michigan Press. 213 p.

Janvier, P. 2008. Squint of the fossil flatfish. *Nature*, 454: 169-170.

Jordan, D. S. 1923. On the family of Achiridae or broad-soles, with description of a new species *Achirus barnharti* from California. University of California Publication in Zoology, 26 (1): 1-14.

Jordan D.S. y B.W. Evermann. 1898. The fishes of North and Middle America III. *Bull. U.S. Nature Museum.*, 47(3): 2602- 2712.

Kardong, K. V., Vertebrados. 1999. Anatomía comparada, función, evolución. 2ª ed. McGraw Hill Interamericana 220 p.

Kendall, A. 1976. Predorsal and associated bones in Serranid and Grammistid fishes. *Bulletin Marine Science*, 26(4): 585-592.

Kobelkowsky, D. A. 2000. Sistema urogenital de los lenguados de la familia Achiridae del Golfo de México. *Hidrobiológica*, 10 (1):51-60.

Kobelkowsky, D. A. 2002. Osteología del lenguado *Citharichthys spilopterus* (Pisces: Pleuronectiformes). *Anales del Instituto de Biología, UNAM, Serie Zoología*, 73(1): 53-65.

Kyle, H. M. 1921. The assymetry, metamorphosis and origin of flatfishes. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London, Series B* 211: 75 -129.

Lagler, K. F., J. E. Bardach, R. R. Miller. y D. R. M. Passino. 1984. *Ictiología*. AGT, México, D.F. 489 p.

López, G. D. 1989. Estudio del crecimiento larvario a partir del análisis de marcas diarias, en otolitos de peces planos del sur del Golfo de México (Pises: Pleuronectiformes). Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias-UNAM. 55p.

Márquez, E. A. 2007. Ictiología Aplicada. Facultad de Estudios Superiores Iztacala-UNAM, 55 p.

Martínez, P. J. A. 1998. Identificación de Peces. Facultad de Estudios Superiores Iztacala-UNAM. 90 p.

Mascareñas, O. I., O. O, Aburto y E. F Balart. 2003. Otolitos de peces de arrecife del Golfo de California. Universidad Autónoma de Baja California Sur, Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. 120 p.

Méndez, C. E. 1999. Contribución al conocimiento de la biología del pez "sol" *Achirus lineatus* (Soleidae) de Tecolutla, Veracruz. Tesis de Licenciatura. Facultad de Estudios Superiores Iztacala-UNAM, 47 p.

Nelson, J. S. 2006. Fishes of the World. 3ra. Edición. John Wiley & Sons. New York, 600 p.

Norman, J.R. 1934. A systematic monograph of the flatfishes (Heterosomata). Psettoidea, Bothidae, Pleuronectidae. The Trustees of British Museum (Nat. Hist.), Londres, 459 p.

Okada, N.M. Tanaka y M. Tagawa. 2003. Bone development during metamorphosis of the Japanese flounder (*Paralichthys olivaceus*): differential responses to thyroid hormone. The Big Fish Bang. Proceedings of the 26th Annual Larval Fish Conference. 2003. Edited by Howard I. Browman and Anne Berit Skiftesvik Published by the Institute of Marine Research, Postboks 1870 Nordnes, N-5817, Bergen, Norway.

Ortiz-Galindo, E. Matus-Nivón. R. Ramírez-Sevilla y B. González-Acosta. 1989. Embrión, larva, y prejuvenil del sol mexicano *Achirus mazatlanus* (Pisces: Soleidae). *Revista de Biología Tropical*, 38 (2A): 195-204.

Pardo B. G, A. Machordom, F. Foresti, F. Porto-Foresti, MFC. Azevedo, R. Bañon, L. Sánchez y P. Martínez. 2005. Phylogenetic analysis of flatfishes (order Pleuronectiformes) based on mitochondrial 16S rDNA sequences. *Science Marine* 69:531-543.

Potthoff, T. 1984. Clearing and staining techniques. Pp. 35–37. En: H. G. Moser, W. J. Richards, D. M. Cohen, M. P. Fahay, A. W. Kendall, Jr. and S. L. Richardson, eds. *Ontogeny and systematics of fishes*. Am. Soc. Ichthyology & Herpetology. Special Publication. No. 1.

Rodríguez, I. L. E. 2002. Composición específica y estructura espacio temporal de la taxocenosis del lenguado (Pleuronectiformes: Osteichthyes) en la plataforma continental de Jalisco y Colima, México. Tesis de Maestría. Universidad de Colima, México. 84 p.

Sánchez, F. G. 2001. Relaciones de similitud entre ocho especies de pleuronectiformes mexicanos a partir del esqueleto postcraneal. Tesis de Licenciatura de Biología. Facultad de Estudios Superiores Iztacala-UNAM, 76p.

Tucker, J.W. 1982. Larval development of *Citharichthys cornutus*, *C. gymnorhinus*, *C. spilopterus*, and *Etropus crossotus* (Bothidae), with notes on larval occurrence. *Fishery Bulletin*, 80: 35-73.

Woolcott ,W. S, C. Beirne y W.M. Hall. 1968. Descriptive and comparative osteology of the young of three species of flounders, genus *Paralichthys*. *Chesapeake Science*, 9: 109-120.

ANEXO

Tabla 1.- Datos merísticos de *A. lineatus* (número de radios, número de vértebras y huesos de la aleta caudal).

LP (mm)	Aleta dorsal	Aleta anal	Aleta pectoral	Aleta pélvica	Aleta caudal	Vértebras		Soporte caudal
						Pos	Pre	
30	54	38	3	4	16	8	19	1+5+1
31	53	41	4	5	16	8	19	1+5+1
38	52	41	3	5	16	8	19	1+5+1
39	51	38	4	5	16	8	19	1+5+1
40	51	40	3	5	16	8	19	1+5+1
41	59	43	4	5	16	8	20	1+5+1
42	54	41	4	5	16	8	19	1+5+1
46	53	40	4	5	16	8	19	1+5+1
46	50	37	4	5	16	8	19	1+5+1
47	54	42	6	5	16	8	19	1+5+1
50	51	40	4	4	16	8	19	1+5+1
55	52	40	4	5	16	8	19	1+5+1
58	54	40	5	5	16(1)	8	19	1+5+1
66	53	42	4	5	16	8	19	1+5+1
66	54	41	4	5	16	8	19	1+5+1
76	54	42	4	5	16	8	19	1+5+1
80	55	41	6	5	16	8	19	1+5+1
82	53	39	5	5	16	8	19	1+5+1
92	54	43	4	5	16	8	19	1+5+1
93	55	40	3	5	16	8	19	1+5+1
98	56	42	4	5	16	8	20	1+5+1

Tabla 2.- Datos merísticos de *Achirus mazatlanus* (número de radios, número de vértebras y huesos de la aleta caudal).

LP (mm)	Aleta dorsal	Aleta anal	Aleta pectoral	Aleta pélvica	Aleta caudal	Vértebras		Soporte caudal
						Pos	Pre	
18	57	41	-	5	16	8	19	1+5+1
30	56	42	-	4	16	8	20	1+5+1
35	54	42	3	4	16	8	20	1+5+1
35	54	41	3	4	16	9	19	1+5+1
37	56	41	3	4	16	8	20	1+5+1
41	54	41	-	5	16	8	20	1+5+1
42	57	41	4	5	16	8	19	1+5+1
43	55	42	-	4	16	8	19	1+5+1
47	55	42	4	5	16	9	20	1+5+1
48	58	42	-	4	16	8	20	1+5+1
50	55	41	1	4	16	8	20	1+5+1
54	55	42	-	5	16	8	20	1+5+1
55	54	41	4	5	16	8	19	1+5+1
57	56	42	3	5	16	9	20	1+5+1
60	54	42	3	4	16	8	20	1+5+1
64	56	42	4	4	16	8	20	1+5+1
81	57	42	3	5	16	8	20	1+5+1
86	57	42	4	5	16	8	20	1+5+1
150	57	42	3	5	16	8	20	1+5+1

Tabla 3. Patrón de interdigitación (número de radios entre vértebras) en *A. lineatus*

LP	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	
40	1+1	1+1	1+1	1	1+1	1+1	1+1	1+1	1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1	1+1	1+1	1+1	1	1+1	1+1	1+1	1+1+1+1	0	0	0	0	0	
46	1+1	1+1	1+1	1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1+1+1	0	0	0	
47	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1	1+1+1	1+1+1+1	0	0	0	0	
42	1+1	1+1	1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	0	0	0	
50	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1	1+1	1+1	1+1	1+1+1	1+1	0	0	0	
41	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	0	0	0
38	1+1	1+1	1+1	1+1	1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1	1+1	1+1	1+1	1+1	1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1+1	1	0	0	0
30	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1	1+1	1+1	1	1+1	1+1	1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	0	0	0
31	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1	1+1	1+1	1+1	1+1	1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1+1+1	0	0	0	0
66	1+1	1+1	1+1	1+1	1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1	1+1	1+1	1	1+1	1+1	1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1+1+1	0	0	0	0
92	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	0	0	0	0
80	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	0	0	0	0
93	1+1	1+1	1+1	1+1	1	1+1	1+1	1+1	1+1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1	1+1	1+1	1+1	0	0	0	0
82	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1+1+1	0	0	0	0
39	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1	0	0	0	0
66	1+1	1+1	1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	0	0	0	0
46	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1	1+1	1+1	1+1	1+1	1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	0	0	0	0
98	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	0	0	0	0
58	1+1	1+1	1+1	1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1	1+1+1+1	1+1	0	0	0	0	0
76	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	0	0	0	0
55	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1	1+1	1+1	1+1	1+1	1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	0	0	0	0

Tabla 4. Patrón de interdigitación (número de radios entre vértebras) en *A. mazatlanus*.

LP	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28		
43	1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1	1+1	1+1	1+1	1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1+1	0	0	0	
60	1+1	1+1	1+1	1+1	1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1	1+1	1+1	1+1	1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1+1+1	0	0	0	
86	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	0	0	0	x	
90	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1	1+1	1+1	1	1+1+1	1+1	1+1	1+1	0	0	0	
105	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1+1+1	0	0	0	0	
25	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1	1+1	1+1	1+1	1	1+1	1+1	1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	0	0	x	
30	1+1	1+1	1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1	1+1	1+1	1	1+1	1+1	1+1	1+1	1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1+1+1+1	0	0	0	x	
35	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1	1+1	1+1	1+1	1+1	1	1+1	1+1	1+1	1	1+1	1+1	1+1	1	1+1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	0	0	0	
47	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1	1+1	1+1	1+1	1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	0	0	0
55	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	0	0	0	x	
64	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1+1+1	0	0	0	0
35	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1	1+1	1+1	1	1+1	1+1	1	1+1	1+1	1+1	1	1+1	1+1	1+1	1	1+1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	0	0	0	0
50	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1	1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	0	0	0	x	
54	1+1	1+1	1+1	1+1	1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1	1+1	1+1	1+1	1+1	1	1+1	1+1	1+1	1	1+1	1+1	1+1	1+1	0	0	0	0
41	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1	1+1	1	1+1	1+1	1+1	1+1	1	1+1	1	1+1	1+1	1+1	0	0	0	0
48	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1	1+1	1+1	1	1+1	1+1	1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1	1+1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	0	0	0	0
37	1+1	1+1	1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1	1+1	1+1	1+1	1	1+1	1+1	1+1	1	1+1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	0	0	0	0
81	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1	1+1	1+1	1	1+1	1	1+1	1+1	0	0	0	0
57	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	0	0	0	x	
42	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1	1+1	1+1	1+1	1	1+1	1+1	1+1	1+1	1	1+1	1	1+1	1+1	1+1	0	0	0	0
150	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	0	0	0	0
125	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1	1+1+1	1+1	1+1	1+1	0	0	0	0