



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES IZTACALA
CARRERA DE BIOLOGÍA
LABORATORIO DE ANATOMÍA DE VERTEBRADOS Y
EDUCACIÓN CIENTÍFICA
LAVEC



Análisis de las deformaciones óseas presentes en los peces ángel *Pterophyllum scalare* (Perciformes: Cichlidae) reproducidos en cautiverio, variedades plateado, albino, negro, halfblack y perlado utilizando la técnica de diafanización

TESIS

Que para obtener el título de:

BIÓLOGA

Presenta:

Pamela Ruvalcaba Hernández

Directora de Tesis:

M. en D. Gabriela Sánchez Fabila



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.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional Autónoma de México por convertirse en mi segundo hogar y brindarme las facilidades para forjar un futuro profesional.

A la Facultad de Estudios Superiores Iztacala y sus profesores por la estancia y el mejor legado que pude recibir de ellos que es el conocimiento, además del apoyo incondicional en el camino para iniciar mi formación profesional.

Al Laboratorio de Anatomía de Vertebrados y Educación Científica LAVEC por abrirme sus puertas y permitirme trabajar en el presente proyecto.

Al laboratorio de microscopía de la FES Iztacala por el apoyo incondicional para la toma de las imágenes. En especial al profesor Héctor Barrera† y a la profesora Daleth Guedea por los consejos, oportunidades, material y el tiempo brindado.

A la M. en D. Gabriela Sánchez Fabila, asesora de tesis por aceptar dirigir el proyecto, por su paciencia y conocimiento brindado a lo largo de la carrera y durante la elaboración de la tesis.

Al profesor Mario Alfredo Fernández Araiza por su profesionalismo, apoyo incondicional, guía, paciencia y por su atención respecto a los avances presentados durante el desarrollo del proyecto.

A los sinodales Roberto Moreno Colin, Samuel Meraz Martínez y Omar Ángeles López por el apoyo, tiempo dedicado a la revisión de este trabajo, por sus comentarios y correcciones para mejorarlo y las enseñanzas recibidas a lo largo de la carrera.

Y a todos los profesores que durante los cuatro años de carrera se comprometieron y preocuparon por nuestro desarrollo como estudiantes y futuros profesionistas, que nos brindaron su tiempo, conocimiento, paciencia y apoyo de manera incondicional, así como su sacrificio para que nosotros pudiésemos acercarnos aún más al mundo de la biología. Agradezco sus palabras, consejos e incluso regaños ya que esto me ha abierto aún más los ojos y me ha hecho enamorarme por completo de tan maravillosa carrera.

DEDICATORIAS

A mi padre Guillermo Ruvalcaba Guzmán por su amor, apoyo incondicional, sacrificios, paciencia, consejos y fortaleza para no rendirme y luchar por mis sueños y mi felicidad.

A mi madre Griselda Mireya Hernández Zacarías por su amor, cuidado, comprensión y apoyo incondicional en los momentos difíciles.

A mis hermanos Griselda Saucedo Hernández por su cariño incondicional y sus palabras de aliento y Erick David Saucedo Hernández† porque su recuerdo me inspiró a superarme cada día ante las adversidades.

A mis padrinos Alicia Georgina Hernández y Vicente Gómez y Sosa por su amor y apoyo incondicional, por sus palabras de aliento y grandes momentos de alegría.

A mi abuelita Nicolasa Guzmán† por enseñarme que siempre se debe luchar con valor frente a los obstáculos y ser agradecida con las oportunidades.

A mi abuelita Alicia Zacarías† por enseñarme a valorar y sentirme orgullosa de mis raíces y nunca olvidar la sencillez y humildad aún cuando el éxito esté presente.

A mis tíos Patricia Nagay y Rubén Hernández por su apoyo y cariño incondicional, por su confianza y consejo en este final y gran comienzo.

A mis primas Déborah Hernández y Jackeline Hernández por tantos momentos maravillosos, su complicidad y apoyo frente a los retos de esta gran etapa.

A mis primos Israel Gómez y Vicente Gómez por alentarme siempre a cumplir los objetivos y no quedarme a la mitad del camino.

A mis primos Dulce María Ruvalcaba y José Luis Ruvalcaba por demostrarme que la perseverancia siempre conlleva al éxito y que todo se puede lograr mientras no se pierda el objetivo.

A mis abuelos José Luis Ruvalcaba† y Rubén Hernández† porque su recuerdo me motivó a seguir siempre adelante.

A María del Consuelo Rivera por su valiosa amistad, por su incondicional apoyo y cariño durante los cuatro años de carrera, por los momentos en donde nos pusieron a prueba siempre inspirándome a enfrentar nuestros miedos tomándolos como impulso para cumplir nuestros sueños y por tan maravillosa historia que sigue escribiéndose.

A Patricia Sánchez Montejo por su valiosa amistad y apoyo incondicional frente a los momentos más difíciles, por recordarme que nunca se está solo en el camino y que las situaciones más difíciles sacan la fortaleza de cada uno, por esta historia que no ha llegado a su fin, por su gran cariño y por los grandes momentos compartidos.

A Lorena Peñavera por su valiosa amistad, cariño y complicidad durante toda la carrera, por la confianza y los gratos momentos compartidos y su apoyo incondicional en los momentos difíciles.

A Óscar Araujo por su paciencia, confianza y cariño a lo largo de los cuatro años, por su apoyo incondicional y cuidado tanto en la facultad como en las prácticas de campo.

A Juan González y Raúl Sánchez por su amistad, paciencia, cariño y apoyo incondicional en esta etapa y por siempre motivarme a lograr aquello que parecía imposible.

A Tania Salazar, Mariell Pimentel y Sandra Mendoza por su confianza durante tantos años de amistad, por su apoyo incondicional y por los momentos inolvidables que siguen escribiéndose.

A Alan Flandès y Luis Alvizú por su amistad, los gratos momentos vividos y por enseñarme la fortaleza que se debe tener para levantarse frente a las derrotas y seguir adelante.

A Carlos Daniel, Mario, Liz y Geraldin por los años de amistad y las gratas experiencias vividas.

A todos mis compañeros que conocí en la facultad por las experiencias dentro y fuera de la misma, por todos esos momentos únicos en laboratorio y campo donde pusimos a prueba nuestra vocación.

A mi grupo predilecto Rammstein por la inspiración durante la redacción del proyecto, la paciencia en los momentos más críticos y con sus letras recordarme que la vida está para vivirla al máximo en los momentos de gloria y aún más en la derrota, que los límites están únicamente en nosotros y que no importa cuánto dolor se experimente, siempre hay luz en nosotros.

Y a mi país México del que me siento orgullosa, porque gracias al aporte de todos sus ciudadanos ha sido posible continuar con mis estudios superiores a pesar de las limitantes.

Pamela

“Wer wartet mit Besonnenheit, der wird belohnt zur rechten Zeit”

“Quien espera con prudencia, será recompensado en el tiempo adecuado”

-Till Lindemann-

CONTENIDO

Resumen	1
I. Introducción	1
I.1 Peces óseos.....	1
I.2 Esqueleto (estructura y función).....	1
I.3 Caracterización de <i>Pterophyllum scalare</i>	1
I.4 Requerimientos nutricionales.....	2
I.5 Reproducción en cautiverio.....	2
I.6 Alteraciones morfológicas.....	2
I.7 Importancia económica del pez ángel.....	2
I.8 Técnicas de preservación anatómica.....	3
II. Marco teórico	4
II.1 Morfología.....	4
II.2 Técnica de diafanización.....	7
II.3 Morfometría.....	8
II.4 Malformaciones.....	8
III. Antecedentes	10
IV. Justificación	11
V. Objetivos	11
VI. Material y Método	12
VII. Esquema morfométrico de <i>P. scalare</i>	13
VIII. Resultados	14

VII.1 Deformaciones encontradas en las cinco variedades.....	14
VII.2 Cráneo.....	19
VII.3 Columna vertebral.....	41
VII.4 Aletas.....	71
VII.5 Aleta caudal.....	71
VII.6 Aleta dorsal y pterigóforos neurales.....	79
VII.7 Aleta anal y pterigóforos hemales.....	89
VII.8 Aletas pectorales y cleitrum.....	96
VII.9 Aletas pélvicas.....	103
IX. Análisis y discusión.....	112
X. Conclusiones.....	116
XI. Literatura citada.....	118
XII. Anexos.....	122
XII.1 Técnica de Dawson modificada por Gersenowies y Sánchez 2010	

RESUMEN

En el presente trabajo se realizó una descripción detallada de 13 deformaciones óseas que presentaron peces ángel *Pterophyllum scalare*, apoyada en la técnica de diafanización, así como un análisis morfométrico a través del cual se determinó la incidencia de las malformaciones en algunas de las variedades de los peces ángel (plateado, albino, negro, halfblack y perlado). También se elaboró un compendio fotográfico con 1,430 imágenes, con las que aprecia con mayor detalle el análisis realizado en el estudio.

Palabras clave: *Pterophyllum scalare*, diafanización, deformaciones óseas, morfometría

I. INTRODUCCIÓN

Los peces óseos son un extenso grupo de vertebrados que se caracteriza por tener un esqueleto interno osificado, esto quiere decir que está conformado casi o en su totalidad por piezas óseas que le brindan sostén al cuerpo y cuyas funciones principales se relacionan con la locomoción y protección de los órganos internos y músculos del organismo. La dureza del hueso depende de las sales minerales orgánicas cristalizadas que los componen, entre ellas destacan las sales de calcio, carbonatos y fosfatos. La deficiencia de estos minerales en los huesos puede dar lugar a que sean menos resistentes y por ende sean quebradizos, frágiles y maleables, lo que conlleva a la atrofia total o parcial de alguna sección del cuerpo del organismo o a su deformación. En ello destaca la importancia de su conocimiento y análisis a través de las ciencias morfológicas (anatomía, biología del desarrollo, histología, fisiología y antropología), en especial de la anatomía, ya que la relación entre las estructuras que componen a los organismos son necesarias para comprender sus funciones básicas (Hernández et al., 2012).

El pez ángel es un organismo perteneciente a la familia Cichlidae del orden de los Perciformes, se caracteriza por vivir en aguas dulces y blandas tropicales con poco movimiento y mucha vegetación cuya temperatura oscila entre los 25 y 28 °C. Habitan en parte de América central y América del Sur, más específicamente el río Amazonas central con sus afluentes hasta Perú y Ecuador, Colombia, Venezuela, Brasil y las Guyanas (Marks, 1996). Posee tres géneros importantes que son *P. altum*, *P. leopoldi* y *P. scalare*, cuyos híbridos conforman un gran número de variedades con distintas características y colores

(Moyle y Cech, 1988). Son peces omnívoros y su dieta incluye proteínas (obtenidas principalmente del alimento vivo), lípidos, carbohidratos, vitaminas y minerales, siendo las proteínas su principal fuente de energía (Anadu et al., 1990), por lo consiguiente, se considera de suma importancia conocer los niveles óptimos de cada grupo para proveer a la especie de los nutrientes adecuados y evitar desórdenes en su crecimiento y reproducción (De Silva et al., 1989) (Luna-Figueroa, 1999). Generalmente son peces tranquilos, sin embargo se comportan muy territoriales cuando han elegido el lugar donde ocurrirá el desove de la hembra, son peces muy paternos ya que suelen cuidar sus huevos hasta que los peces nacen y mantener a sus alevines juntos, son peces monógamos por lo que solo tienen una sola pareja a lo largo de su vida, sin embargo su preferencia será por las hembras que puedan poner una gran cantidad de huevos y en el caso de los machos, aquellos que mantengan una posición agresiva y defensora en cuanto al lugar elegido para el desove frente al resto de los peces en el acuario (Pérez et al., 1998).

Dadas estas condiciones, es posible llevar a cabo su cultivo en acuarios especializados que puedan asemejar su hábitat natural y satisfacer sus necesidades básicas (Marks, 1995), sin embargo, por causas variadas se pueden presentar problemas en los organismos como son las malformaciones óseas. Estas se pueden originar por carencias nutricionales, por falta de cuidados o por mezclas endogámicas (Georgakopoulou et al., 2007). Se manifiestan como alteraciones en la morfología del organismo tanto a simple vista como a un nivel más interno, esto trae como consecuencia diversas afectaciones en sus ciclos vitales (alimentación, desarrollo y reproducción) y por ende dado que se les considera un satisfactor secundario dentro de la acuicultura por su interés ornamental, la comercialización de estos peces disminuye y el beneficio económico se ve afectado para los productores, cuyo sustento económico depende de este tipo de actividad (Afonso et al., 2000).

Se han desarrollado diferentes técnicas para el estudio de la anatomía, principalmente enfocadas a los vertebrados. Esto nos permite ampliar el conocimiento y la comprensión de una gran variedad de organismos, sus estructuras y las funciones que desempeñan. Entre estas técnicas destaca la de diafanización de Dawson (1926) modificada por Gersenowies y Sánchez (2010), ya que independientemente del tipo de procedimiento que se realice, posee el mismo fundamento, el cual de manera general incluye la fijación del organismo con el fin de

evitar degradaciones celulares post mortem, la inclusión de sustancias corrosivas como el hidróxido de potasio (KOH), que mediante reacciones de óxido reducción despigmentan los tejidos para igualar los índices de refracción de la luz del interior del organismo con el medio que lo contiene y la tinción del tejido óseo, lo cual permite corroborar la secuencia anatómica del proceso de osificación de estos ejemplares, esto nos brinda información importante en cuanto al desarrollo, malformaciones y la relación y comparación ósea evolutiva entre especies (Concha, 2006). Dicho de otra manera la alternativa de la técnica se ofrece como línea de profundización e investigación de la morfogénesis ósea, anatomía comparada y embriología. Además de la transparentación de los tejidos, la técnica se apoya en el uso de colorantes específicos, comúnmente el rojo de alizarina, dado que existe una alta afinidad entre el colorante y las sales que conforman los huesos permite que este se adhiera a ellos, por lo que resulta en la tinción de todo el sistema óseo dejándolo a la vista para finalmente conservar el organismo tratado en una solución de glicerina. Esta técnica se aplica a todos los grupos de organismos vertebrados; mamíferos, aves, anfibios, sin embargo destaca su uso en los peces por su gran diversidad, tamaño y fácil obtención, además de que su tamaño lo permite de una manera eficiente y relativamente rápida (Rodríguez, 2012).



Fig. 1 Pez ángel (*Pterophyllum scalare*)

II. MARCO TEÓRICO

Morfología del pez ángel *Pterophyllum scalare*

La descripción anatómica de las deformaciones óseas que se realizó, se dividió en las siguientes porciones descritas a continuación:

1.- Esqueleto axial

- Cráneo: Dividido en Neurocráneo y Branquiocráneo
- Columna vertebral: Dividida en región torácica o precaudal y región caudal

2.- Esqueleto apendicular

- Aletas: Dorsal, Pectorales, Pélvicas, Anal y Caudal

Esqueleto axial

Está formado por el cráneo, la columna vertebral, que se subdivide a su vez en región torácica (conjunto de vértebras que presentan costillas y carecen de arco hemal) y región caudal (conjunto de vértebras que carecen de costillas y presentan arco hemal). Las vértebras están osificadas y presentan un canal central muy pequeño por el que discurre la notocorda, presente también en los cojinetes situados entre las vértebras. Cada una es cóncava por delante y convexa por detrás, y poseen encima un arco neural (por el que pasa el cordón nervioso) y por debajo un arco hemal (por el que pasa un vaso sanguíneo y presente solo en el esqueleto axial caudal).

Cráneo

El cráneo proporciona soporte y protección al cerebro y órganos del olfato, vista y oído, además une a la parte anterior del sistema digestivo y del respiratorio, se compone de un neurocráneo y un branquiocráneo.

- **Neurocráneo:** Consta de 2 partes, los huesos interiores o endosteales que rodean las cápsulas olfatorias, ópticas y óticas y los huesos dérmicos (dermatocráneo) o externos que forman el techo de la caja cerebral y le dan forma al rostro.

- **Branquiocráneo (esplacnocráneo):** Se divide en tres regiones 1) mandibular; 2) hioidea (huesos de la serie opercular) y 3) branquial (arcos branquiales) (Olivares, 2013).

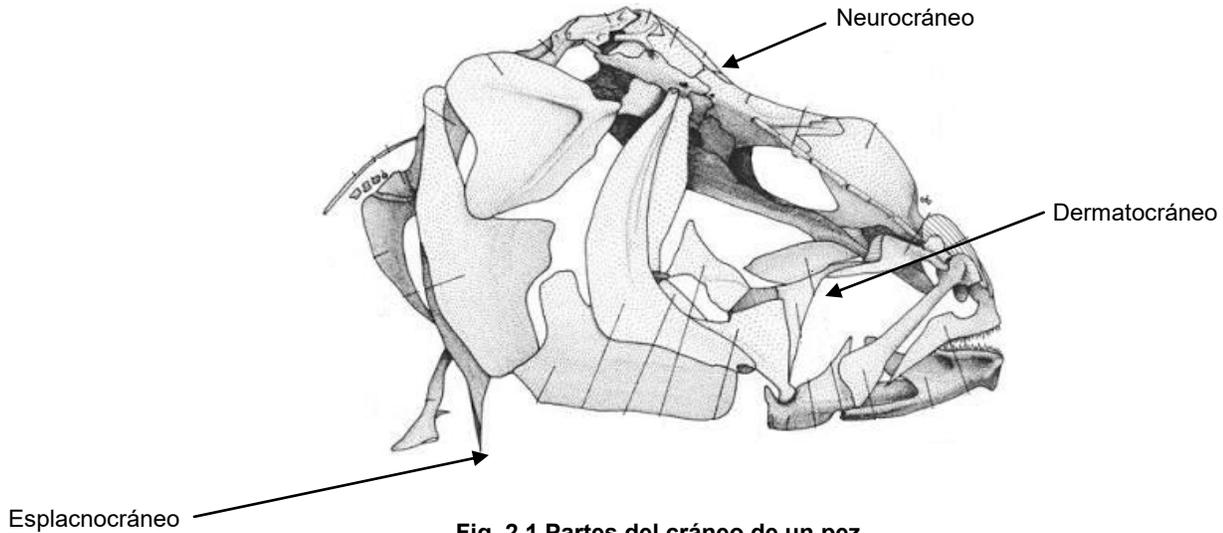


Fig. 2.1 Partes del cráneo de un pez

Columna vertebral

La importancia de la columna vertebral radica en el rol que tiene al proteger la médula espinal, la aorta dorsal y vena caudal, impide el acortamiento del cuerpo y brinda soporte a los músculos del cuerpo encargados de la locomoción. Consiste en una serie repetida de elementos osificados separados denominados vértebras. Los segmentos vertebrales que componen la columna axial tienden a estar diferenciados regionalmente, es así como, en la mayoría de los peces la columna vertebral se diferencia en una región torácica y otra caudal. El complejo uróforo constituye el término de la región caudal.

Esqueleto apendicular

El esqueleto apendicular comprende la cintura pectoral, encargada de sostener la aleta pectoral y la cintura pélvica que sostiene la aleta pelviana o miembro posterior (Olivares, 2013).

Aletas

Una aleta es una estructura que presentan los peces o los animales pisciformes acuáticos para la locomoción, guía durante la natación y mantener el balance del cuerpo. La piel que forma las membranas de las aletas está sostenida generalmente por radios cartilagosos u óseos, que pueden ser blandos (radios blandos) o duros (espinas de las aletas). Se dividen en:

- **Pares:** Son aquellas aletas que se encuentran una en cada uno de los lados. Ejemplo: pélvicas o ventrales y pectorales.
- **Impares:** Son las que se ubican en el plano de simetría bilateral. El número de ellas no es necesariamente impar. Ejemplo: Dorsal, anal y caudal (puede haber, por ejemplo, dos aletas dorsales).

Aleta caudal

Es una aleta impar situada al final del cuerpo del pez, es el principal órgano para generar el empuje. En esta variedad de peces esta aleta es dificerca, dicho de otra manera, significa que está formada por dos lóbulos iguales que se inician con la modificación de la última vertebra de la columna vertebral formando el urostilo, que se prolonga en línea recta hasta la extremidad de la cola.

Aleta dorsal

Es una aleta localizada en la espalda del pez, cuyo propósito principal es estabilizar al animal y asistirlo en los giros.

Las aletas impares como la dorsal y la anal se caracterizan por tener un soporte de pequeños huesos incrustados en los septos intermusculares conocidos como pterigóforos, que son series de tres huesos cada uno: el proximal, el medio y el distal, en esta última se ubican unidos los radios de la aleta. Estos radios pueden ser de dos tipos: blandos y espinosos.

Aleta anal

En la mayoría de los peces está ubicada posterior al ano y también participa en la estabilidad del pez durante el nado.

Aletas pectorales y cleitrum

La cintura pectoral se inicia con la estructura conocida como cleitrum, que está articulada en su parte apical (llamada supracleitrum) con el hueso posttemporal. Descendiendo se encuentran el postcleitrum superior y el inferior, la escápula que se articula con los radiales de las aletas y en seguida el coracoides. Las aletas pectorales se conforman de entre 10 y 14 radios articulados con los radiales de cada aleta que en peces sin deformaciones son 4, de afuera hacia adentro el primero es el de mayor tamaño y en orden descendente continúan los demás.

Aletas pélvicas

Su función principal es estabilizadora en el nado de los peces, esto permite que tengan un equilibrio natural y su posición respecto al cuerpo de agua sea y se mantenga vertical (Olivares, 2013).

Técnica de diafanización

Es de gran importancia en las investigaciones teratológicas, ya que es considerada una herramienta de apoyo que permite observar el probable nivel de deformación presente durante el desarrollo de los huesos y cartílagos. Su fundamento se basa en hacer una muestra diáfana o transparente, igualando los índices de refracción de la luz del interior del órgano con el medio que lo contiene para que se puedan apreciar las estructuras óseas teñidas. El método fue desarrollado originalmente por Schultze (1897) y ha sido subsecuentemente modificado por varios investigadores entre los que se incluyen Mall (1906), Dawson (1926), Hollister (1934), Lipman (1935), Cumley, Crow, and Griffen (1939), Gamble (1945), True (1947) y (Gersenowies y Sánchez, 2010). Se desarrolla en tres etapas: fijación con formaldehído, tinción con rojo de alizarina, corrosión y conservación. Los reactivos comúnmente utilizados corresponden al rojo de alizarina, hidróxido de potasio sólido, glicerina y alcohol etílico. El porcentaje y la utilización de los mismos es donde se encuentran las principales modificaciones realizadas en esta técnica por los distintos autores dependiendo del tipo de organismo al que se le esté aplicando el tratamiento (Green, 1952).

Morfometría

Se refiere al análisis cuantitativo que involucra a la forma y el tamaño. Los análisis morfométricos son muy comunes dentro del estudio de la anatomía y la ictiología, ya que proyectan medidas en escalas continuas que matemáticamente revelan aspectos de la forma de los organismos, esto contribuye a resolver problemas taxonómicos al evaluar estas variaciones morfológicas entre poblaciones y separar a las especies. Por ello se realizan de manera frecuente y son útiles sobre todo para observar cambios durante los procesos de desarrollo, el impacto de algunas mutaciones sobre la forma y la manera en que esta se modifica a modo de compensación, deducir algo sobre la ontogenia, función o relaciones evolutivas entre los organismos. Se complementa de manera directa con la estadística e incluye medidas de longitud, profundidad y amplitud. Uno de sus objetivos principales es probar las hipótesis sobre los factores que afectan la forma y constituir una base más sólida dentro de los estudios descriptivos (Pineda et al., 2004).

Malformaciones

Pueden tener inicio desde los primeros estadios en el desarrollo y estar asociadas a una degeneración de las estructuras óseas con la edad (Boglione et al., 2001). A continuación se presentan las definiciones de las 13 principales deformaciones encontradas en el presente estudio:

1. **Lordosis:** Curvatura anormal neural exageradamente pronunciada, usualmente se encuentra en las primeras vertebras (torácicas) de la columna.
2. **Xifosis:** Curvatura anormal hemal exageradamente pronunciada, usualmente se encuentra en las últimas vertebras (caudales) de la columna.
3. **Escoliosis:** Es una curvatura anormal en la columna que se define como un desfase hacia cualquiera de los lados (izquierdo o derecho) del organismo y por lo consiguiente tiene una apariencia aplanada de un lado y del otro con una especie de protuberancia.
4. **Lordosis- Xifosis:** Es la combinación de curvaturas tanto neural como hemal, formando una "S" en la columna, viéndose afectadas las vértebras torácicas y caudales.

5. **Deformación y/o ausencia de aleta dorsal:** Aletas muy poco desarrolladas, quebradizas, incompletas, recorridas hacia atrás o delante de su posición original o ausentes.
6. **Deformación y/ o ausencia de aleta anal:** Aletas muy poco desarrolladas, quebradizas, incompletas, recorridas hacia atrás o delante de su posición original o ausentes.
7. **Deformación y/o ausencia de aleta caudal:** Aletas muy poco desarrolladas, quebradizas, incompletas, recorridas hacia atrás o delante de su posición original o ausentes.
8. **Ausencia de pterigóforos neurales:** No se presenta la estructura de soporte de la aleta dorsal y cuando se presenta está incompleta.
9. **Ausencia de pterigóforos hemales:** No se presenta la estructura de soporte de la aleta anal y cuando se presenta está incompleta.
10. **Alargamiento y adelgazamiento de costillas y espinas:** La forma que presentan las costillas es escalonada o serpenteante, en su mayoría son muy delgadas y alargadas y llegan hasta la zona visceral.
11. **Separación anormal entre vértebras:** Esta deformación muestra una aparente división en la columna vertebral, al no realizarse la técnica de doble tinción, no se puede confirmar en su totalidad que se trate de una estructura cartilaginosa a modo de compensación en dicho espacio, sin embargo es muy viable que así sea, ya que si la columna se encontrase realmente trozada el organismo no podría sobrevivir.
12. **Fusión de estructuras:** Se observa que las espinas y los pterigóforos hemales se encuentran completamente unidos entre sí por un engrosamiento anormal en las paredes, además de alterar su posición al recorrerse hacia adelante o hacia atrás.
13. **Engrosamiento de pared hemal:** Esta malformación se aprecia usualmente en las primeras espinas hemales, en donde la pared normal que poseen es más osificada y gruesa, esto causa que las espinas se fusionen entre sí

III. ANTECEDENTES

Norton (1994) Elaboró un compendio fotográfico con peces ángel vivos que presentaban deformaciones, realizó una breve descripción de las mismas, únicamente observacionales, indicando que los niveles dorso ventrales son los más afectados, así mismo concluyó que dichas malformaciones no son ocasionadas únicamente por enfermedad o lesión, sino que también pueden ser heredables.

Astorga et al. (1999) Estudiaron la caracterización de las malformaciones esqueléticas de dorada criadas en condiciones de cultivo intensivo, 1166 presentaron lordosis como la principal deformidad poniendo en manifiesto que las incidencias de esta deformación en las granjas y empresas de engorde, no parecen ser de origen genético sino alimenticio.

Astorga et al. (1999) Establecieron una relación entre la deformación de la columna (lordosis) y la consanguinidad de reproductores de dorada (*Sparus aurata*) cruzando peces con lordosis, peces con y sin deformidades de columna y peces normales de medios hermanos y hermanos carnales, observando que el fenotipo de deformidad en los reproductores y el grado de consanguinidad afecta a la calidad de la larva, incrementando el porcentaje de larvas deformes.

Gisbert et al. (2008) Estudiaron las deformaciones esqueléticas en larvas de distintos peces marinos a través la técnica de diafanización, encontrando que las principales deformaciones esqueléticas que afectan a estos organismos se encuentran en la cabeza, la columna vertebral y la cola y que muchas de ellas están asociadas al tipo de nutrición que se suministra.

Negrín-Báez et al. (2015) Realizaron un análisis de 11.503 crías de *Sparus aurata* a 159 días post-eclosión observando una relación significativa entre la prevalencia de 4 deformaciones principales: falta de opérculo, lordosis, fusión de vértebras y LSK (haciendo referencia a la consecutiva repetición de lordosis-xifosis-escoliosis) y el apareamiento de los padres que sufren de la misma deformidad, sugiriendo que todas estas tienen un origen genético e incrementan la incidencia de deformaciones en peces producidos en granjas de cultivo.

IV. JUSTIFICACIÓN

La reproducción en cautiverio de peces ángel es una práctica cada vez más frecuente entre los acuicultores, por lo que también se ha incrementado el número de malformaciones presentes en estos organismos debido a que no existe un control entre las mezclas que se realizan, estas impactan a la especie de forma negativa y no permiten su óptimo desarrollo, afectando su ciclo reproductivo, haciéndoles presas fáciles y en muchas ocasiones causándoles la muerte debido a que no se pueden alimentar de manera correcta. Esto trae también como consecuencia afectaciones en la cantidad y calidad de sus descendientes y a nivel comercial representan pérdidas para los productores, resultando en malas inversiones generadas por estas mezclas. Actualmente no existe una caracterización detallada de cada una de estas deformaciones, por lo que el presente estudio se considera una importante contribución a nivel anatómico como alternativa para facilitar su identificación y como apoyo para futuras investigaciones relacionadas.

V. OBJETIVOS

General:

Analizar las deformaciones óseas que presentan las distintas variedades de pez ángel *Pterophyllum scalare* (plateado, albino, negro, halfblack y perlado).

Particulares:

1. Resaltar las estructuras óseas a través de la técnica de diafanización.
2. Describir las deformaciones óseas presentes en el pez ángel.
3. Establecer las diferencias en la relación entre mediciones morfométricas en peces deformes de la especie *P. scalare* entre sus distintas variedades.
4. Determinar las malformaciones en las 5 variedades de pez ángel.
5. Comparar la incidencia de las malformaciones entre las 5 variedades de pez ángel y determinar la más afectada.
6. Elaborar un compendio fotográfico de los organismos estudiados.

VI. MATERIAL Y MÉTODO

Se obtuvieron 37 peces con deformaciones de la especie *Pterophyllum scalare* de 5 variedades distintas (plateado, albino, negro, halfblack y perlado) fijados en formol al 4% de una granja de cultivo a nivel comercial.

Se comenzó el tratamiento de diafanización con la técnica de Dawson modificada por Gersenowies y Sánchez 2010 (Anexo 1) y debido a que la mayoría de los ejemplares tenían un alto contenido de grasa entre los músculos, se hicieron modificaciones en el manejo de los reactivos. Tal es el caso del hidróxido de potasio (KOH) junto con el rojo de alizarina, que se cambió de 2 a 3 veces debido a la saponificación que presentó durante el proceso, asimismo el hidróxido de potasio sin colorante tuvo la misma reacción y prorrogó el tiempo establecido para completar el proceso.

Al término de la técnica se tomaron 20 medidas morfométricas de cada uno de los ejemplares con base en el Manual de ciencias pesqueras de la FAO (Holden, 1975) y Strauss y Bookstein (1982) mencionadas en la Tabla. 1 e ilustradas en la Fig. 2.

Se realizaron las observaciones y descripciones morfológicas de los peces deformes con ayuda de un microscopio estereoscópico Nikon.

Se inició la elaboración del compendio fotográfico utilizando el microscopio estereoscópico para las estructuras pequeñas y una cámara Lumix Panasonic.

VII. ESQUEMA MORFOMÉTRICO DEL PEZ ÁNGEL (*P. scalare*)

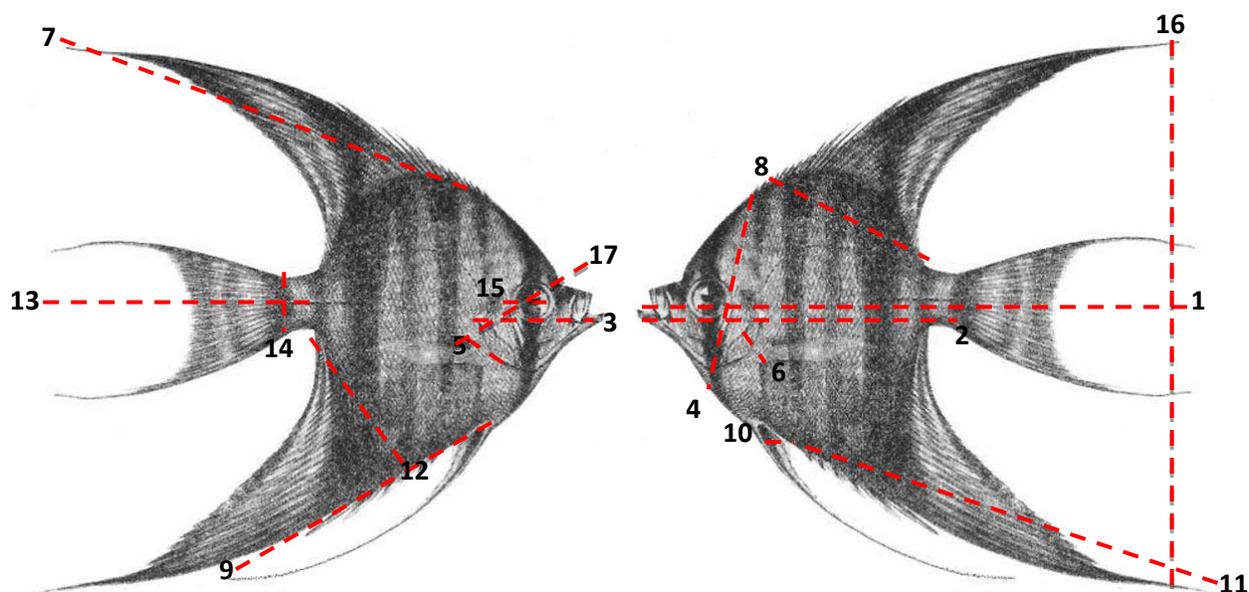


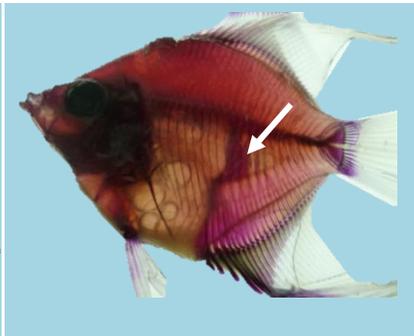
Fig. 2 Esquema de las medidas morfométricas tomadas en el pez ángel (*P. scalare*)

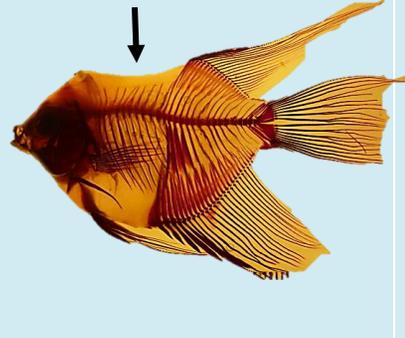
Núm.	Abreviatura	Medidas morfométricas	Núm.	Abreviatura	Medidas morfométricas
1	LT	Longitud total	11	AaL	Longitud aleta anal
2	LP	Longitud patrón	12	AaA	Ancho aleta anal
3	LC	Longitud cráneo	13	AcaL	Longitud aleta caudal
4	AC	Ancho Cráneo	14	AcaA	Ancho aleta caudal
5	Apecl	Longitud aleta pectoral	15	LO	Longitud orbital
6	Apeca	Ancho aleta pectoral	16	ALTURA	Altura total
7	AdL	Longitud aleta dorsal	17	ANCHURA	Ancho del pez
8	AdA	Ancho aleta dorsal	18	LCV	Longitud columna vertebral
9	ApeLL	Longitud aleta pélvica	19	LptN	Longitud pterigóforos neurales
10	ApeLA	Ancho aleta pélvica	20	LptH	Longitud pterigóforos hemales

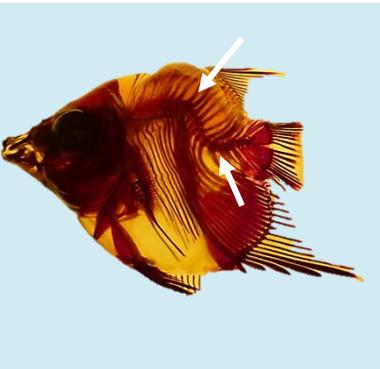
Tabla 1. Medidas morfométricas realizadas

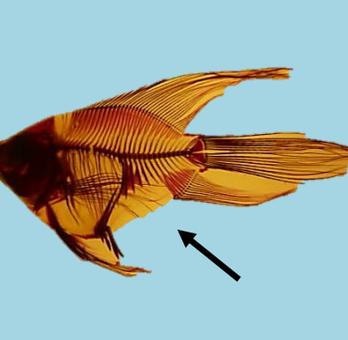
VIII. RESULTADOS

Al término del tratamiento se obtuvieron como resultado de las observaciones realizadas y las medidas morfométricas tomadas, trece deformaciones importantes que se muestran a continuación:

VARIEDAD	PEZ SIN DEFORMACIONES	PEZ DEFORME	PEZ DIAFANIZADO	DEFORMACIONES PRESENTES
Plateado				Engrosamiento de pared hemal
Albino				Separación anormal entre vértebras

<p>Negro</p>				<p>Ausencia/ deformación de aleta caudal</p>
<p>Halfblack</p>				<p>Ausencia de pterigóforos neurales</p>
<p>Perlado</p>				<p>Ausencia/ deformación de aleta anal</p>

Halfblack				Lordosis
Negro				Xifosis
Negro				Lordosis- Xifosis

Albino				Eskoliosis
Albino				Deformación/ ausencia de aleta dorsal
Halfblack				Ausencia de pterigóforos hemales

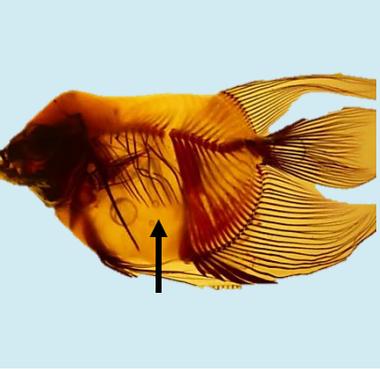
Negro				Alargamiento, adelgazamiento y deformación de costillas y espinas
Negro				Fusión de estructuras (espinas hemales, pterigóforos hemales, aleta anal y caudal)

Tabla 2. Deformaciones encontradas en las distintas variedades de *P. scalare*

Cabe mencionar que no se trabajó con organismos sanos, las imágenes se obtuvieron de la página <https://www.google.com.mx/search?q=pez+%C3%A1ngel+agua+dulce&biw=1280&bih=673&tbm=isch&tbo=u&source=univ&sa=X&ved=0ahUKEwi5xKdp-MvNAhUq4oMKHQhnCMYQsAQIGQ> y se utilizaron únicamente como referencia para resaltar las malformaciones que presentaron los ejemplares trabajados.

Al término del proceso de diafanización se tomaron en los 37 ejemplares las 20 medidas morfométricas establecidas (Anexo 2), en donde se apreciaron diferencias entre las 5 variedades estudiadas a pesar de pertenecer a la misma especie, por lo que para resaltar cada una de ellas, se realizaron las siguientes descripciones:

PEZ VARIEDAD PLATEADO

Neurocráneo

El neurocráneo de *Pterophyllum scalare* es más alto que largo, tiene la cresta supraoccipital (1), no tan alta en esta variedad como en otras, formando un triángulo, las crestas parietales (2) se encuentran difuminadas y las pteróticas (3) se encuentran discontinuas, mientras que la región olfatoria muestra el hueso nasal (4) que alberga los procesos ascendentes marcadamente cortos de los premaxilares (5), y está delimitada por una porción incompleta de los prefrontales (6), los etmoides laterales y paraetmoides (7) Los nasales son muy reducidos, curvados y con las puntas orientadas hacia abajo. La serie suborbital está formada por el hueso orbitoesfenoides (8) y la serie de 6 huesos llamados serie circumorbitarios que incluye al lacrimal (9) que es muy reducido y no se encuentra bien formado, al yugal (10) apenas visible y a los suborbitarios (11) que se aprecian muy difusos, estos los dos primeros son poligonales y su posición se encuentra alterada ya que se ubican mucho más abajo que otras variedades, se observa la repisa subocular (11^a) muy curvada hacia abajo. En la región ótica se forma la fosa posttemporal, que está delimitada por el pterótico (12) y el epiótico (13) recibe la rama superior del posttemporal (13). El hueso frontal (14) se aprecia difuso, el supraescapular (15) se puede distinguir de manera poco clara cercano a la cresta supraoccipital, el hueso parietal (16) muestra una coloración tenue posiblemente debido a que se encuentra incompleto y no tan osificado y se vuelve complejo de observar a través de la musculatura al igual que sucede con el hueso escapular (17) del extremo posterior del pterótico se continúan en orden descendente los huesos supracleitrum (18), cleitrum (19), mientras que el postcleitrum (20) no se observa completo en esta imagen.

Branquicráneo

Está conectado directamente con el neurocráneo mediante los huesos palatino (21) que se aprecia de manera clara, es pequeño y el hiomandibular (22). La región hiomandibular se

encuentra formada por el arco mandibular y la serie hiopalatina. El arco mandibular está constituido por los huesos premaxilares (5), maxilar (23) que en esta variedad se recorrió y aparece en posición muy adelantada, es muy delgado, corto y plano, originalmente es lateralmente de apariencia escalonada y forma un proceso interno, que conecta con el correspondiente del otro lado, conformando una sínfisis maxilar aunado a esto se ubica muy cercano a los premaxilares que se observan pequeños y difuminados, el dentario (24) también muy difuso y movido en posición casi vertical, el articular (25) y el angular (26). La gran retractilidad de la mandíbula superior implica una gran longitud de los procesos ascendentes de los premaxilares junto con el músculo. Se aprecia poco osificado el ángulo que da origen al ceratohial (27), es de apariencia translúcida y conecta con el articular. El preopercular (28) se encuentra ligeramente reducido y difuminado, el subopercular (29) sobresale por debajo del opercular, tiene un gran tamaño y mayor longitud que este último, el interopercular (30) está bien formado y en una posición superpuesta con respecto al opercular, la división se aprecia en la tonalidad más oscura de este último. El opercular (31) es reducido y ajustado en cuanto a su posición con el arco del preopercular. El metapterigoides (32) se observa bien delimitado y translúcido. El cuadrado (33) se observa levemente reducido en tamaño y difuso a causa del músculo que lo recubre aunque se distingue claramente. No se aprecia el mesopterigoides.

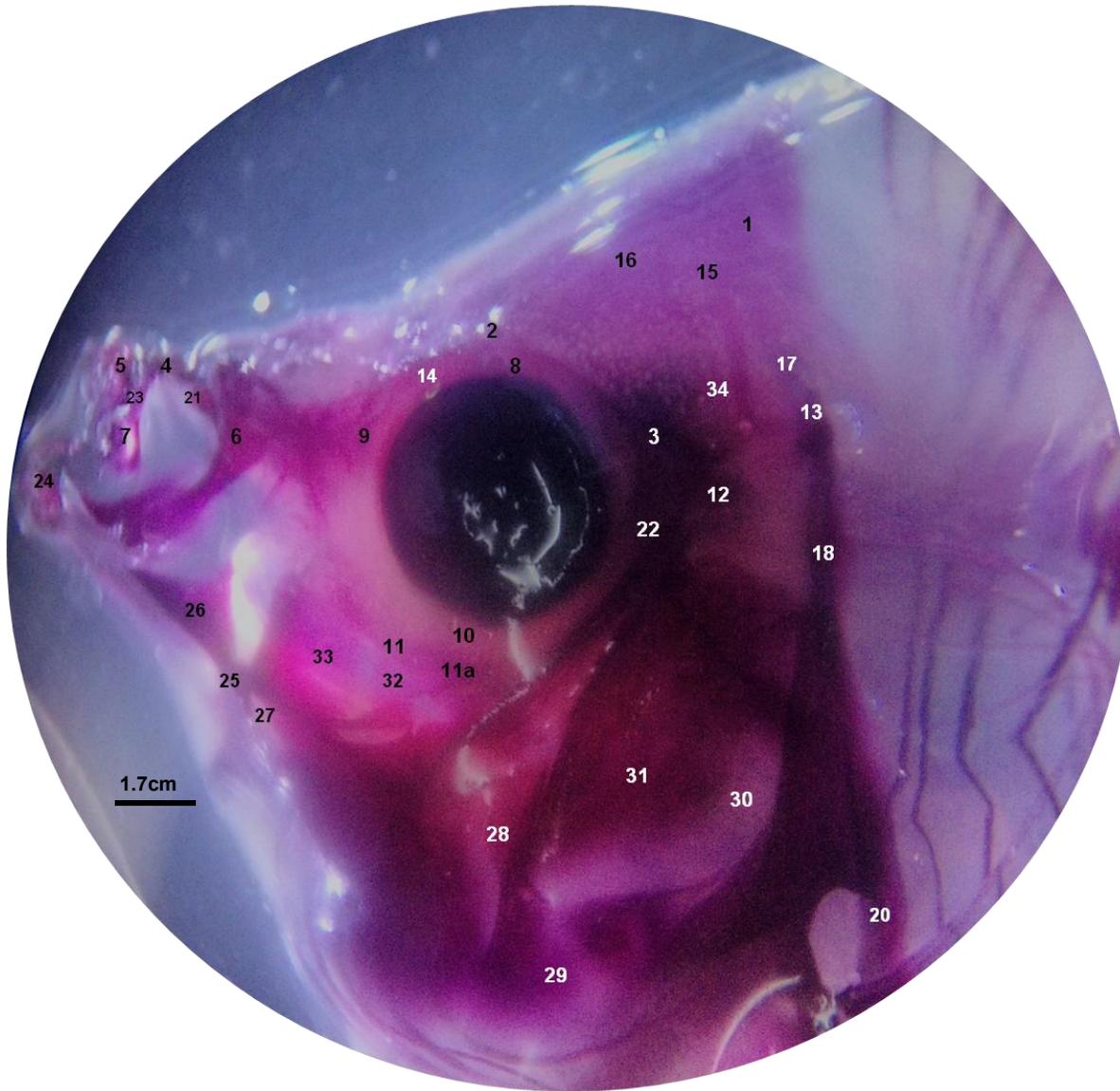


Fig. 3. Cráneo variedad plateado

- 1.- Cresta supraoccipital
- 2.-Cresta parietal
- 3.-Cresta pterótica
- 4.-Hueso nasal
- 5.-Premaxilar
- 6.- Prefrontal
- 7.- Paraetmoides
- 8.- Orbitoesfenoides
- 9.-Lacrimal
- 10.- Yugal
- 11.-Suborbitarios
- 11^a.- Repisa subocular
- 12.-Pterótico
- 13.-Posttemporal
- 14.-Frontal
- 15.-Supraescapular
- 16.-Parietal
- 17.-Escapular
- 18.-Supracleitrum
- 19.-Cleitrum
- 20.-Postcleitrum
- 21.-Palatino
- 22.-Hiomandibular
- 23.-Maxilar
- 24.-Dentario
- 25.-Articular
- 26.-Angular
- 27.-Ceratohial
- 28.-Preopercular
- 29.-Subopercular
- 30.-Interopercular
- 31.-Opercular
- 32.-Metapterigoides

PEZ VARIEDAD ALBINO

Neurocráneo

El neurocráneo de esta variedad de *Pterophyllum scalare* es más alto que largo, tiene una cresta supraoccipital (1), la cual no es tan alta en esta variedad como en otras y tiene forma triangular, las crestas parietales (2) están ligeramente difuminadas y las pteróticas (3) se encuentran definidas. El perfil ventral muestra que el paraesfenoides está ausente, mientras que la región olfatoria muestra el hueso nasal (4) de tamaño reducido y de complexión ancha que alberga los procesos ascendentes de los premaxilares (5) notablemente osificados, y está delimitada por los prefrontales (6) bien definidos aunque parcialmente descalcificados en algunas zonas, los etmoides laterales y paraetmoides (7). La serie suborbital está formada por el hueso orbitoesfenoides (8) que se observa muy angosto y ligeramente astillado y por la serie de 6 huesos llamados serie circumorbitarios que incluye al lacrimal (9), que es claramente visible en esta variedad y muy grande, sin embargo se distinguen regiones del mismo con una calcificación menor, denotando la presencia de hoyuelos, al yugal (10) también muy difuso, apenas visible y a los suborbitarios de los cuales los dos primeros son poligonales (11) y se observa una repisa subocular curvada ligeramente hacia abajo (11a). En la región ótica se forma la fosa posttemporal, que está delimitada por el epiótico que no se aprecia en esta variedad, la cresta pterótica (3) y el pterótico (12). Es muy poco notable la faceta articular del epiótico, que recibe la rama superior del posttemporal (13); el hueso frontal (14) se aprecia pequeño y ligeramente achatado en uno de sus ángulos, el supraescapular (15) se puede distinguir de manera clara cercano a la cresta supraoccipital, el hueso parietal (16) muestra una coloración tenue posiblemente debido a que se encuentra incompleto y no tan osificado y se vuelve complejo de observar a través de la musculatura al igual que sucede con el hueso escapular (17) del extremo posterior del pterótico se continúan en orden descendente los huesos supracleitrum (18), cleitrum (19) y postcleitrum (20).

Branquiocráneo

El branquiocráneo o esqueleto visceral de *Pterophyllum scalare* está conectado directamente con el neurocráneo mediante los huesos palatino (21) y hiomandibular (22). La región

hiomandibular se encuentra formada por el arco mandibular y la serie hiopalatina. El arco mandibular está constituido por los huesos premaxilares (5), maxilar (23) que en esta variedad se recorrió y aparece en posición adelantada, es plano, originalmente es lateralmente de apariencia escalonada y forma un proceso interno, que conecta con el correspondiente del otro lado, conformando una sínfisis maxilar, aunado a esto se ubica muy cercano a los premaxilares que son reducidos en este grupo y por ende no se permite una observación tan clara del mismo, el dentario (24) también reducido y grueso, articular (25) y el angular (26) de apariencia translúcida debido a la descalcificación que se presenta muy notoriamente en la pieza. La gran retractilidad de la mandíbula superior implica una gran longitud de los procesos ascendentes de los premaxilares junto con el músculo. Se aprecia bien osificado el ángulo que da origen al ceratohial (27) y que conecta con el articular. El mesopterigoides (28) se observa difuso en una posición inmediata superior al área de los circumorbitarios.

El cuadrado (29) (Fig. 4.1) se observa levemente difuso a causa del músculo que lo recubre al igual que el metapterigoides (30). El opercular (31) se aprecia claramente, es de tamaño grande y recubre las branquias, el interopercular (32) se aprecia corto y en una posición superior a la original por lo que se encuentra a la misma altura que el opercular y se distingue únicamente por una pequeña división entre los mismos. El subopercular (33) sobresale por debajo del opercular, tiene una mayor longitud que este último y a pesar de que se aprecia teñido, se observa ligeramente difuso, en cambio el preopercular (34) se encuentra casi totalmente bien osificado, con solo unas pequeñas porciones más claras y bien definido hasta el ángulo que forma como un "L" y que conecta con el ceratohial.

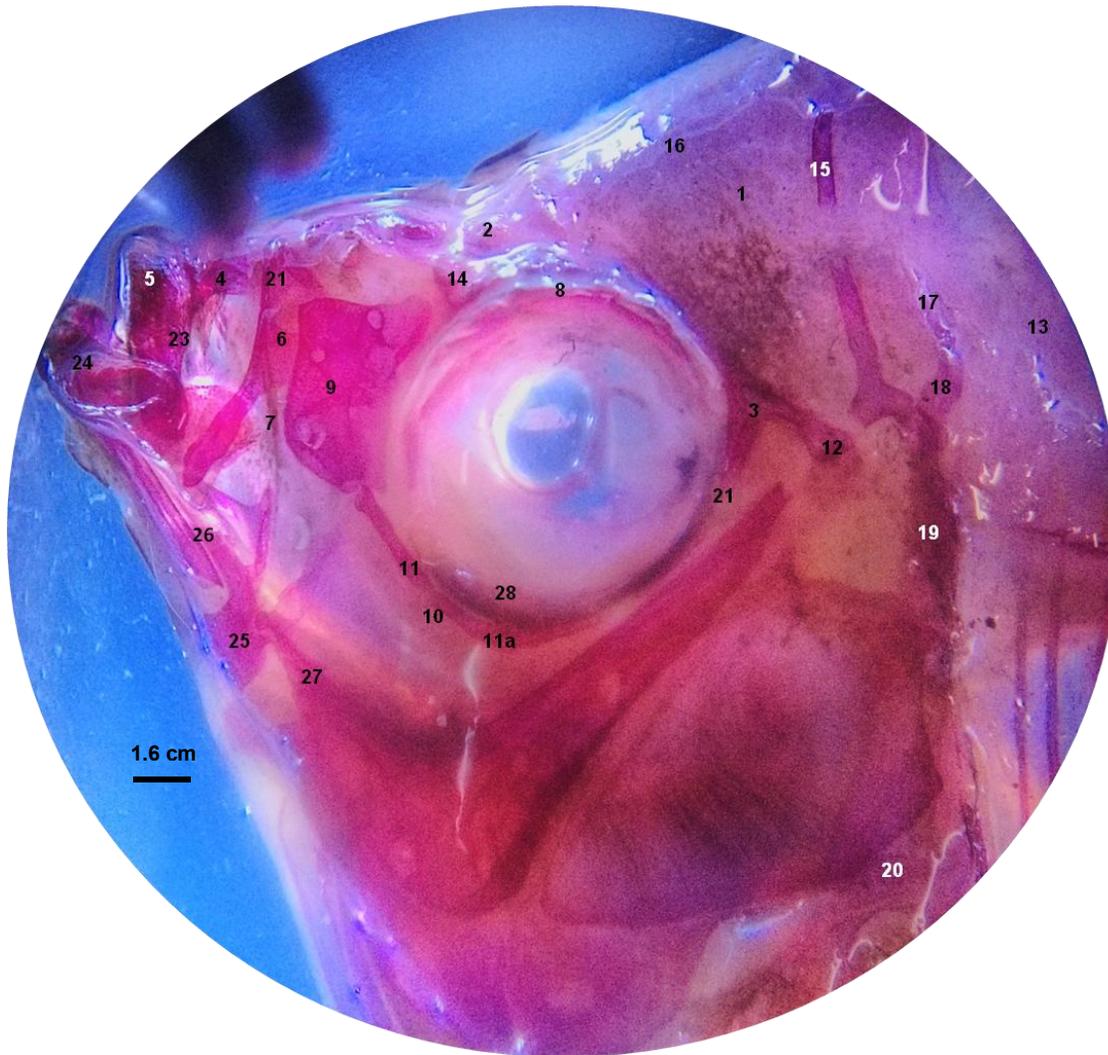
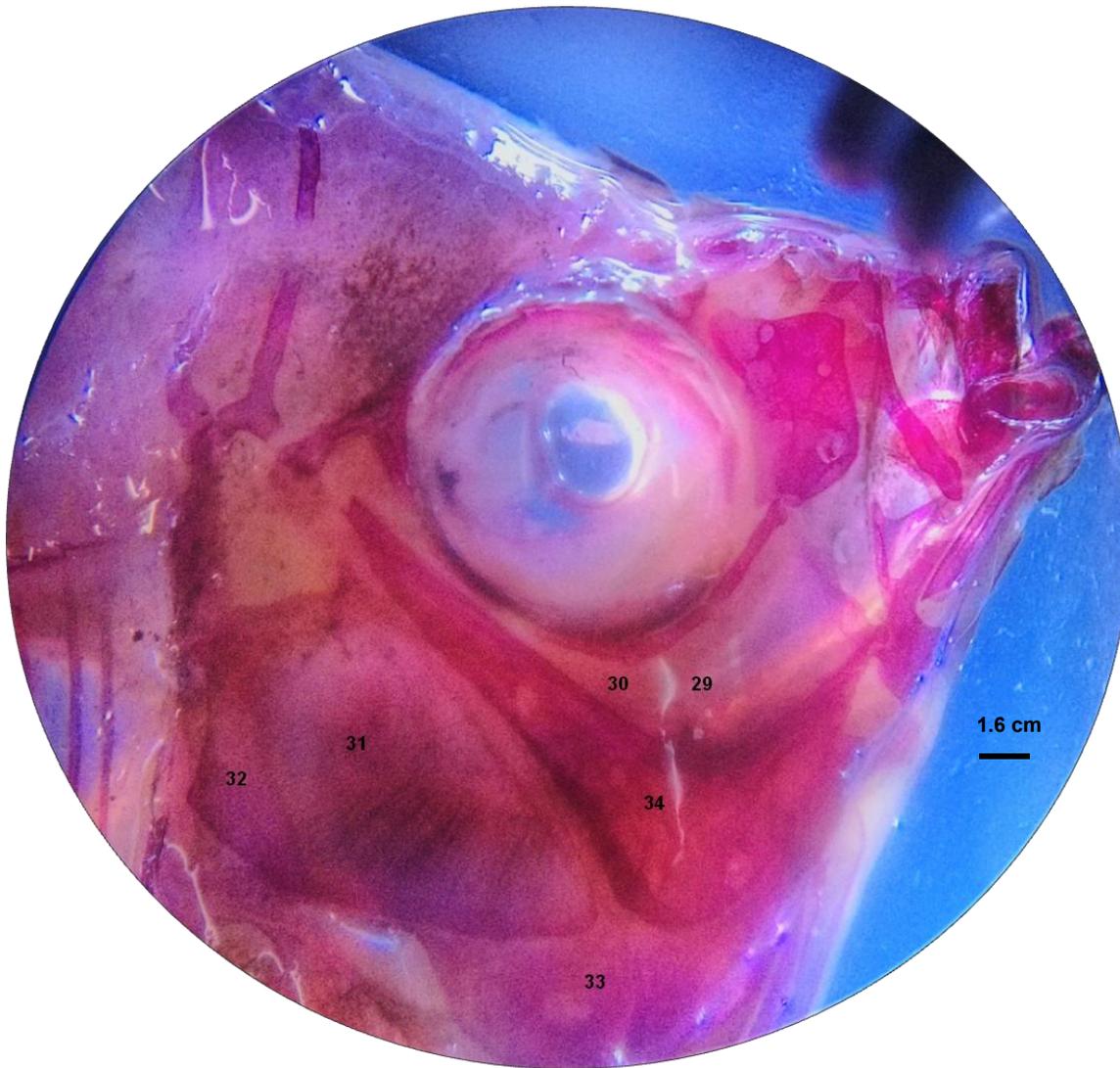


Fig. 4. Cráneo variedad albino (a)

- 1.- Cresta supraoccipital
- 2.-Cresta parietal
- 3.-Cresta pterótica
- 4.-Hueso nasal
- 5.-Premaxilar
- 6.- Prefrontal
- 7.- Paraetmoides
- 8.- Orbitoesfenoides
- 9.-Lacrimal
- 10.- Yugal
- 11.-Suborbitarios
- 11^a.- Repisa subocular
- 12.-Pterótico
- 13.-Posttemporal
- 14.-Frontal
- 15.-Supraescapular
- 16.-Parietal
- 17.-Escapular
- 18.-Supracleitrum
- 19.-Cleitrum
- 20.-Postcleitrum
- 21.-Palatino
- 22.-Hiomandibular
- 23.-Maxilar
- 24.-Dentario
- 25.-Articular
- 26.-Angular
- 27.-Ceratohial
- 28.-Mesopterigoides



- 29.-Cuadrado
- 30.-Metapterigoides
- 31.-Opercular
- 32.-Interopercular
- 33.-Subopercular
- 34.-Preopercular

Fig. 4.1 Cráneo variedad albino (b)

PEZ VARIEDAD NEGRO

Neurocráneo

El neurocráneo de esta variedad de *Pterophyllum scalare* es más largo que alto, tiene una cresta supraoccipital (1), la cual no es tan alta y tiene forma triangular, las crestas parietales (2) son visibles pero difusas y las pteróticas (3) son angostas y no están completas. El perfil ventral muestra al paraesfenoides (4), sin embargo se observa otra estructura (5) con crestas que denota una falta de fusión y que se encuentra fracturada en su parte superior, mientras que la región olfatoria muestra el hueso nasal completo (6) que alberga los procesos ascendentes de los premaxilares (7) muy angostos y está delimitada por los prefrontales bien definidos (8), los etmoides laterales y paraetmoides no se observan en esta imagen. La serie suborbital está formada por el hueso orbitoesfenoides (9) que se observa incompleto con aproximadamente solo el 50% del hueso y un poco más engrosado en su parte media, se observa también el pteroesfenoides (9^a) y por la serie de 6 huesos llamados serie circumorbitaria que incluye al lacrimal (10), que es claramente visible en esta variedad y muy grande, sin embargo en su parte basal se observa una calcificación menor al resto de la pieza, denotando la presencia de hoyuelos, al yugal (11) también muy difuso, apenas visible y a los suborbitarios de los cuales los dos primeros son poligonales (11) y se observa una repisa subocular bien definida (11^a). En la región ótica se forma la fosa posttemporal, que está delimitada por el epiótico (12) visible y curvado, orientado hacia el lado izquierdo, la cresta pterótica (3) y el pterótico. Es notable la faceta articular del epiótico, que recibe la rama superior del posttemporal (13); del extremo posterior donde debería encontrarse el pterótico se continúan descendentemente los huesos supracleitrum (14), cleitrum (15) y postcleitrum (16).

Branquiocráneo

El branquiocráneo o esqueleto visceral de *Pterophyllum scalare* está conectado directamente con el neurocráneo mediante los huesos palatino (17) y hiomandibular (18). La región hiomandibular se encuentra formada por el arco mandibular y la serie hiopalatina. El arco mandibular está constituido por los huesos premaxilares (6), maxilar (19) que es plano, angosto y forma un proceso interno, que conecta con el correspondiente del otro lado, ambos

se denotan cortos pero conforman la sínfisis maxilar, el dentario (20) también reducido y apenas se denota la presencia de pequeñas piezas dentales, el articular (21) y el angular (22) ligeramente astillado en su parte media. La gran retractilidad de la mandíbula superior implica una gran longitud de los procesos ascendentes de los premaxilares junto con el músculo. Se aprecia el ángulo que da origen al ceratohial (27), sin embargo aparece en una posición más recta de lo normal y superpuesto con la zona opercular que se encuentra adelantada y conecta con el hueso articular. El mesopterigoides (28) se observa en una posición inmediata superior al área de los circumorbitarios.

El cuadrado (29) se observa difuso y muy comprimido ya que el cráneo es más alargado que alto y el hueso se adaptó a esta forma, el metapterigoides (30) casi no se percibe ya que si de por sí es un hueso de tamaño pequeño con esta forma craneal perdió gran parte de su forma y solo se aprecia como un triángulo situado al lado del cuadrado. El opercular (31) se aprecia claramente en una posición adelantada con una porción superpuesta con el hueso preopercular, así como notablemente orientado más hacia el borde superior, es de tamaño grande y recubre las branquias, aunque presenta zonas con descalcificación por las que se puede ver la luz, el interopercular no se aprecia, el subopercular (32) sobresale por debajo del opercular, tiene una mayor longitud que este último y a pesar de que se aprecia teñido, se observa ligeramente difuso en su lado derecho, en cambio el preopercular (33) se encuentra en posición adelantada y sin el ángulo correspondiente en cuanto a la posición original, en su borde inferior se observa muy osificado y superpuesto con otras estructuras mientras que en su parte superior tiene una tonalidad ligeramente más clara y que apenas se distingue del ceratohial. En la base del cráneo se puede observar una protuberancia (34) que aunque ya no abarca al mismo se encuentra en la zona y no corresponde a un espécimen sano, debido a que es el origen de la aleta pélvica que está en posición muy adelantada respecto a la original.



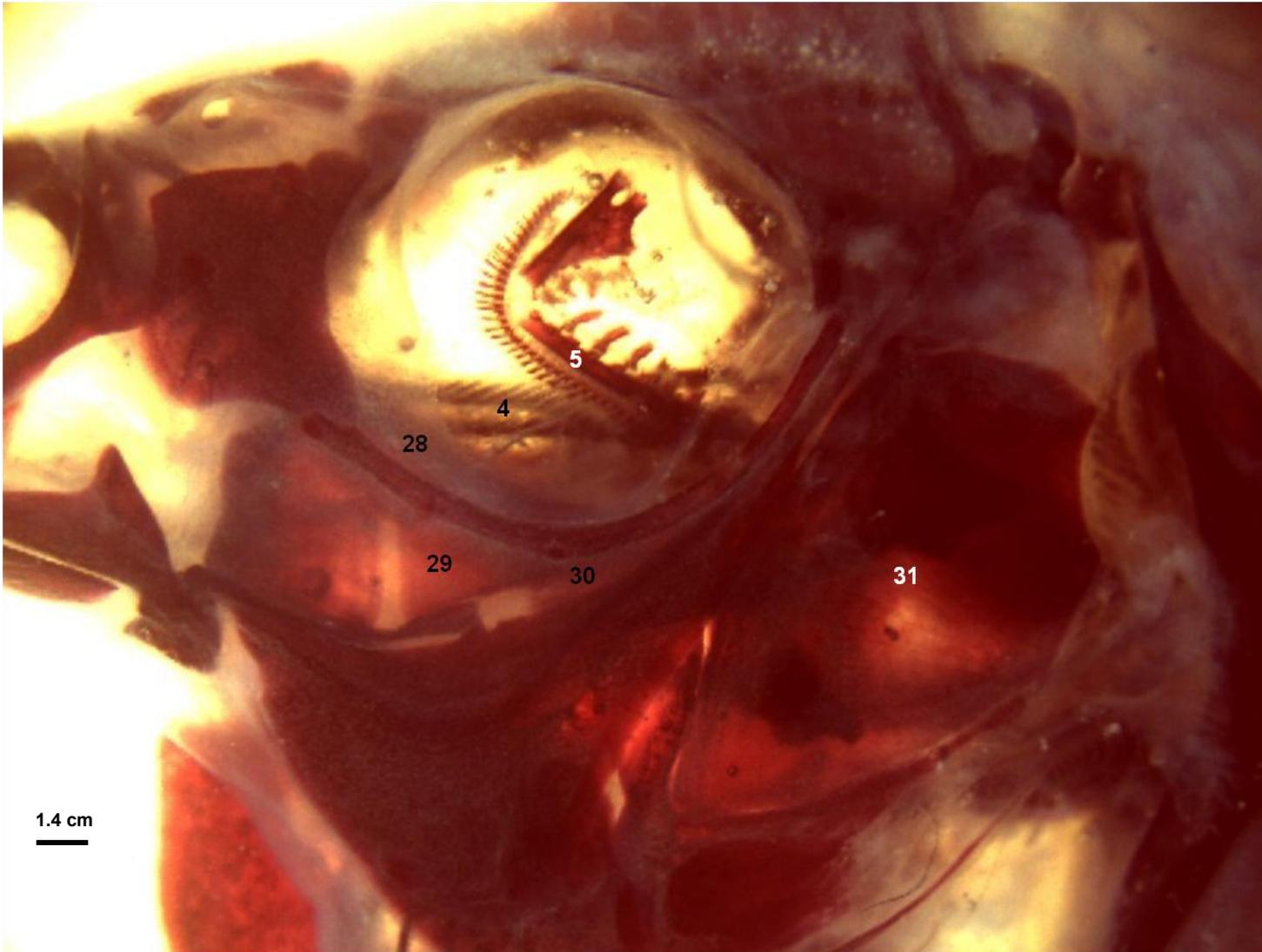
- 6.- Hueso nasal
- 7.- Premaxilar
- 8.- Prefrontal
- 9.-Orbitoesfenoides
- 9^a.- Pteroesfenoides
- 10.- Lacrimal
- 10^a.- Yugal
- 11.-Suborbitarios
- 11^a.- Repisa subocular
- 17.-Palatino
- 19.-Maxilar
- 20.-Dentario
- 21.- Articular
- 22.-Angular

Fig. 5. Cráneo variedad negro



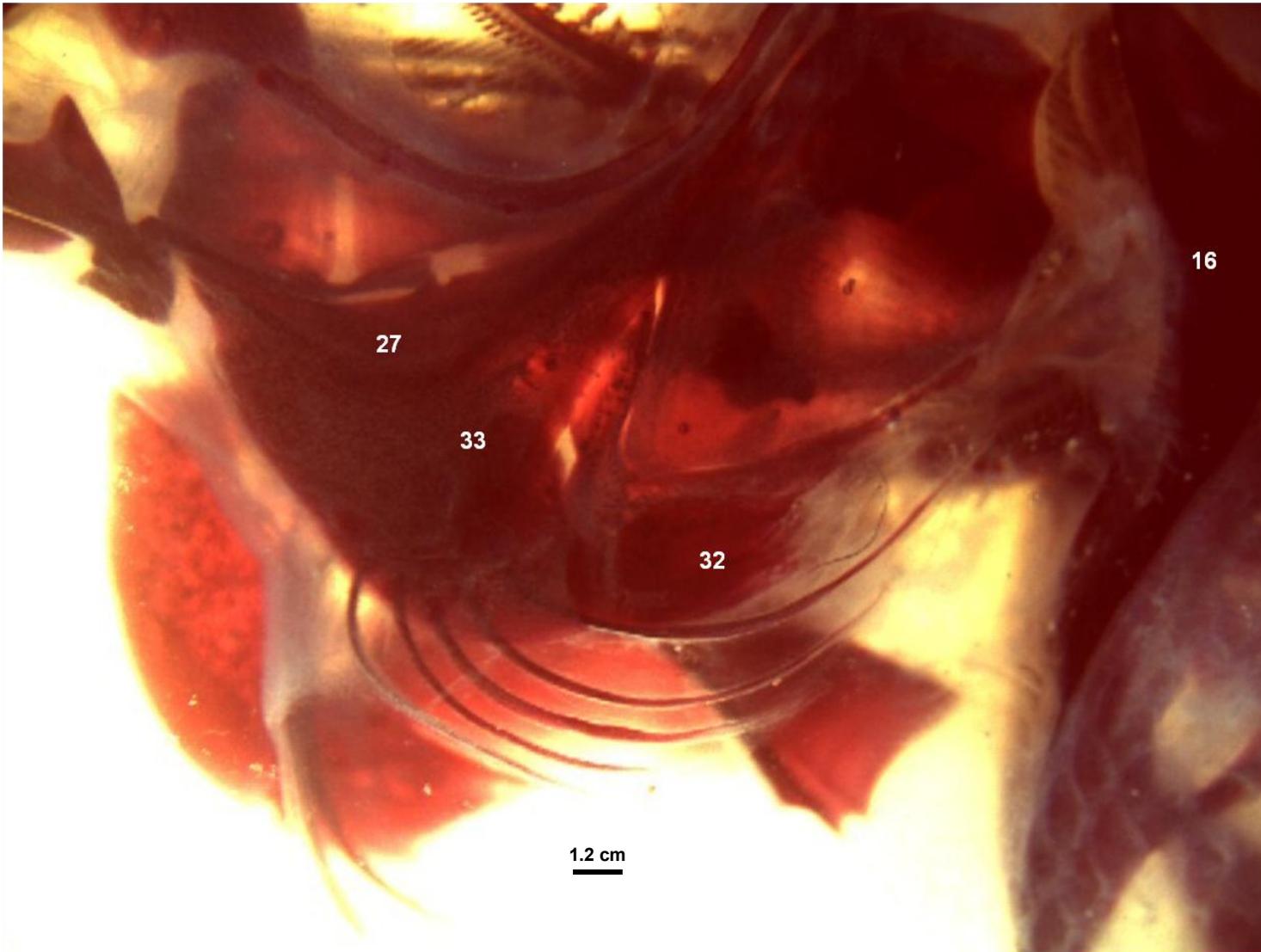
- 1.- Cresta supraoccipital
- 2.- Cresta parietal
- 3.- Cresta pterótica
- 12.- Epiótico
- 13.- Posttemporal
- 15.- Cleitrum

Fig. 5.1 Neurocráneo variedad negro



- 4.-Paraesfenoides
- 5.-Estructura extra
- 18.-Hiomandibular
- 28.-Mesoptergoides
- 29.-Cuadrado
- 30.-Metaptergoides
- 31.-Opercular

Fig. 5.2 Dermatocráneo variedad negro



- 16.- Postcleitrum
- 27.- Ceratohial
- 32.- Subopercular
- 33.- Preopercular

Fig. 5.3 Esplanocráneo variedad negro

PEZ VARIEDAD HALFBBLACK

Neurocráneo

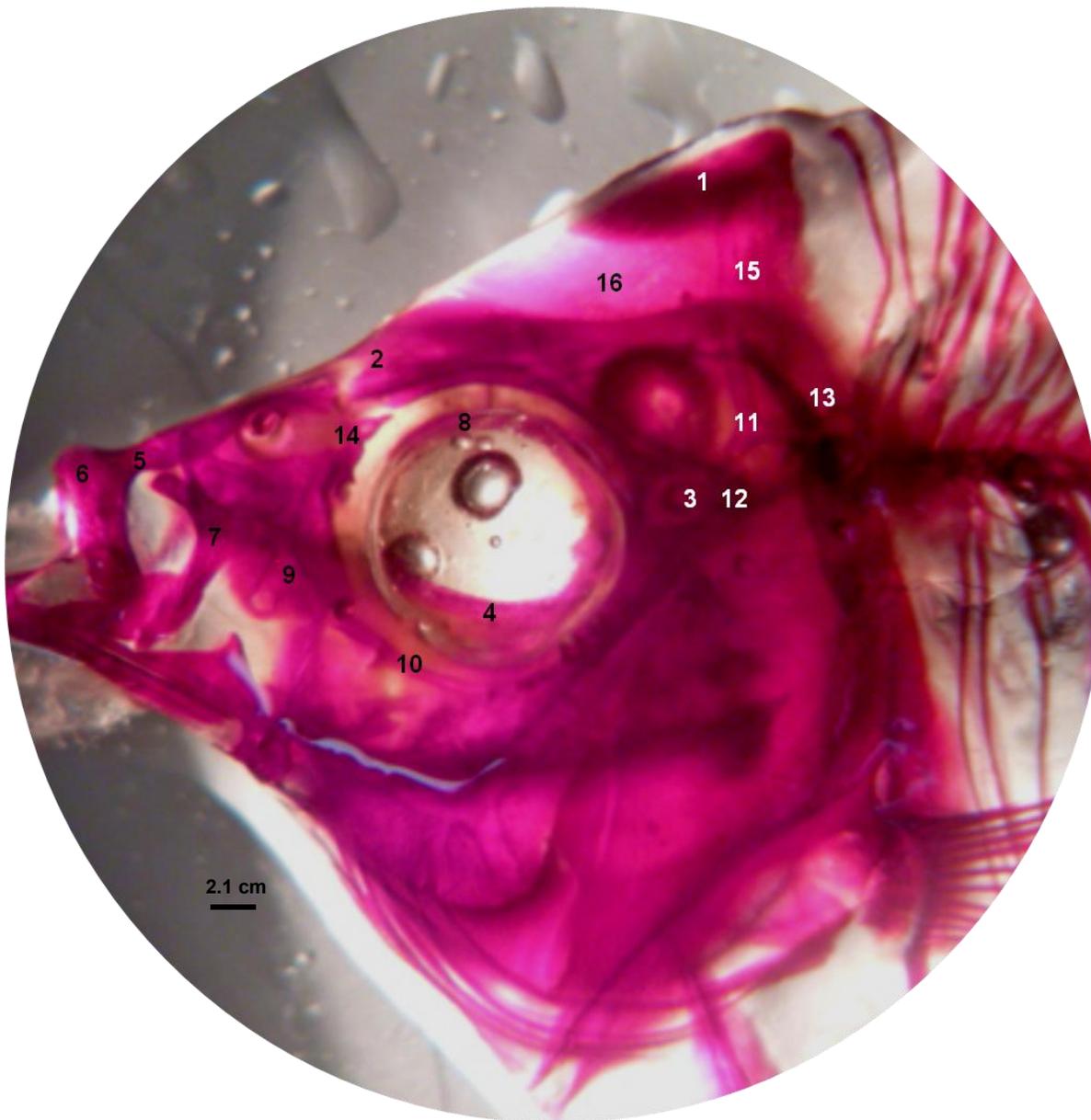
El neurocráneo de esta variedad de *Pterophyllum scalare* es ligeramente más largo que alto, tiene una cresta supraoccipital (1), la cual no es tan alta en esta variedad como en otras y tiene forma triangular, las crestas parietales (2) se pueden observar, sin embargo se encuentran un poco comprimidas y discontinuas y las pteróticas (3) se encuentran amplias y muy abiertas. El perfil ventral muestra que el paraesfenoides (4) se encuentra ubicado más debajo de su posición original y curvado hacia los circumorbitarios en vez de observarse recto, mientras que la región olfatoria muestra el hueso nasal (5) alargado y curvado hacia su parte ventral y ancho que alberga los procesos ascendentes de los premaxilares (6) notablemente bien osificados y está delimitada por los prefrontales (7) bien definidos aunque ligeramente rotados hacia abajo en la zona del palatino. La serie suborbital está formada por el hueso orbitoesfenoides (8) que se observa muy angosto e incompleto en los extremos del lado izquierdo y por la serie de 6 huesos llamados serie circumorbitarios que incluye al lacrimal (9), que es visible pero se encuentra superpuesto con el prefrontal, al yugal que no se observa de manera clara en la imagen y a los suborbitarios de los cuales los dos primeros son poligonales (10) la repisa subocular está curvada ligeramente hacia abajo y es muy angosta apreciándose más difusa en su parte terminal (10). En la región ótica se forma la fosa posttemporal, que está delimitada por el epiótico (11) cuya región se aprecia muy difuminada, la cresta pterótica (3) y el pterótico (12). Es muy poco notable la faceta articular del epiótico, que recibe la rama superior del posttemporal (13); el hueso frontal (14) se aprecia pequeño y difuso, el supraescapular (15) se puede distinguir cercano a la cresta supraoccipital, el hueso parietal (16) muestra una coloración muy tenue posiblemente debido a que se encuentra incompleto y muy poco osificado, el hueso escapular (17 Imagen 2) del extremo posterior del pterótico se continúan en orden descendente los huesos supracleitrum (18), cleitrum (19) y postcleitrum (20).

Branquiocráneo

El branquiocráneo o esqueleto visceral de *Pterophyllum scalare* está conectado directamente con el neurocráneo mediante los huesos palatino (21) y hiomandibular (22). La región hiomandibular se encuentra formada por el arco mandibular y la serie hiopalatina. El arco

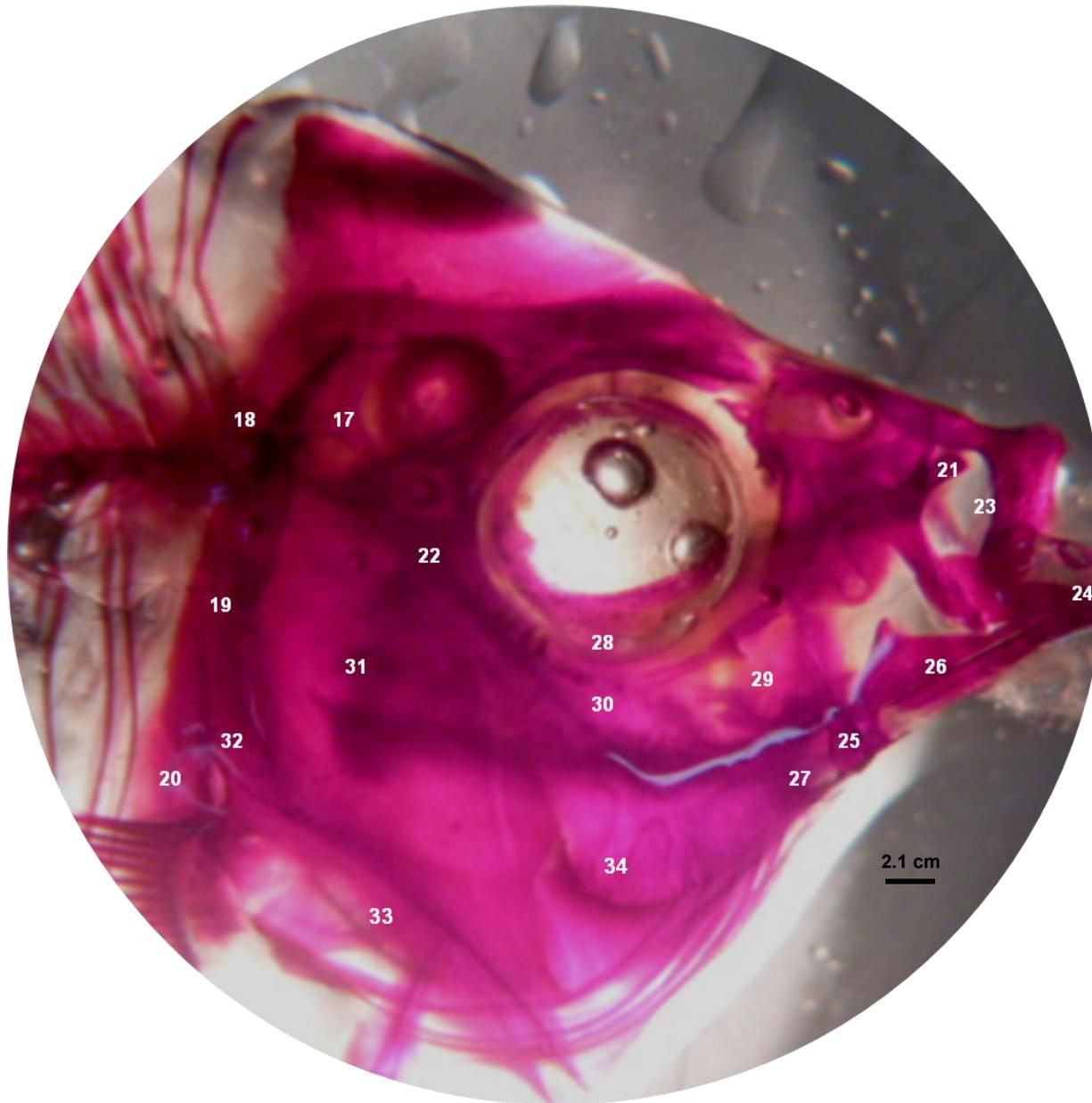
mandibular está constituido por los huesos premaxilares (6), maxilar (23) que en esta variedad se observan muy pegados a los premaxilares y no se aprecian de manera clara, sin embargo forma un proceso interno, que conecta con el correspondiente del otro lado, conformando una sínfisis maxilar, el dentario (24) no se observa completo por los límites de la foto, sin embargo se aprecian reducidos naturalmente en esta especie, el articular (25) y el angular (26) bien osificados. La gran retractilidad de la mandíbula superior implica una gran longitud de los procesos ascendentes de los premaxilares junto con el músculo. Se aprecia trunco el ángulo que da origen al ceratohial (27) ya que se superpuso con el articular, que es con el que conecta. El mesopterigoides (28) se observa en una posición inmediata superior al área de los circumorbitarios.

El cuadrado (29) se observa muy difuso al igual que el metapterigoides (30) por lo que es muy difícil distinguir a ambos a simple vista en la imagen. El opercular (31) se aprecia de tamaño grande y recubre las branquias, el interopercular (32) se aprecia corto y se distingue únicamente por una pequeña división entre este hueso y el opercular. El subopercular (33) sobresale por debajo del opercular, tiene una mayor longitud que este último y a pesar de que se aprecia teñido, se observa ligeramente difuso, además se encuentran en posición adelantada al igual que el preopercular (34) por lo que no define bien el ángulo del ceratohial.



- 1.-Cresta surpaoccipital
- 2.-Cresta parietal
- 3.-Cresta pterótica
- 4.-Paraesfenoides
- 5.-Hueso nasal
- 6.-Premaxilar
- 7.-Prefrontal
- 8.-Orbitoesfenoides
- 9.-Lacrimal
- 10.-Suborbitarios
- 11.-Epiótico
- 12.-Pterótico
- 13.-Postemporal
- 14.-Frontal
- 15.- Supraescapular
- 16.-Parietal

Fig. 6. Cráneo variedad halfblack (a)



- 17.-Escapular
- 18.-Supracleitrum
- 19.- Cleitrum
- 20.-Postcleitrum
- 21.-Palatino
- 22.-Hiomandibular
- 23.-Maxilar
- 24.-Dentario
- 25.-Articular
- 26.-Angular
- 27.-Ceratohial
- 28.-Mesoptergoides
- 29.-Cuadrado
- 30.-Metaptergoides
- 31.-Opercular
- 32.-Interopercular
- 33.-Subopercular
- 34.-Preopercular

Fig. 6.1 Cráneo variedad halfblack (b)

PEZ VARIEDAD PERLADO

Neurocráneo

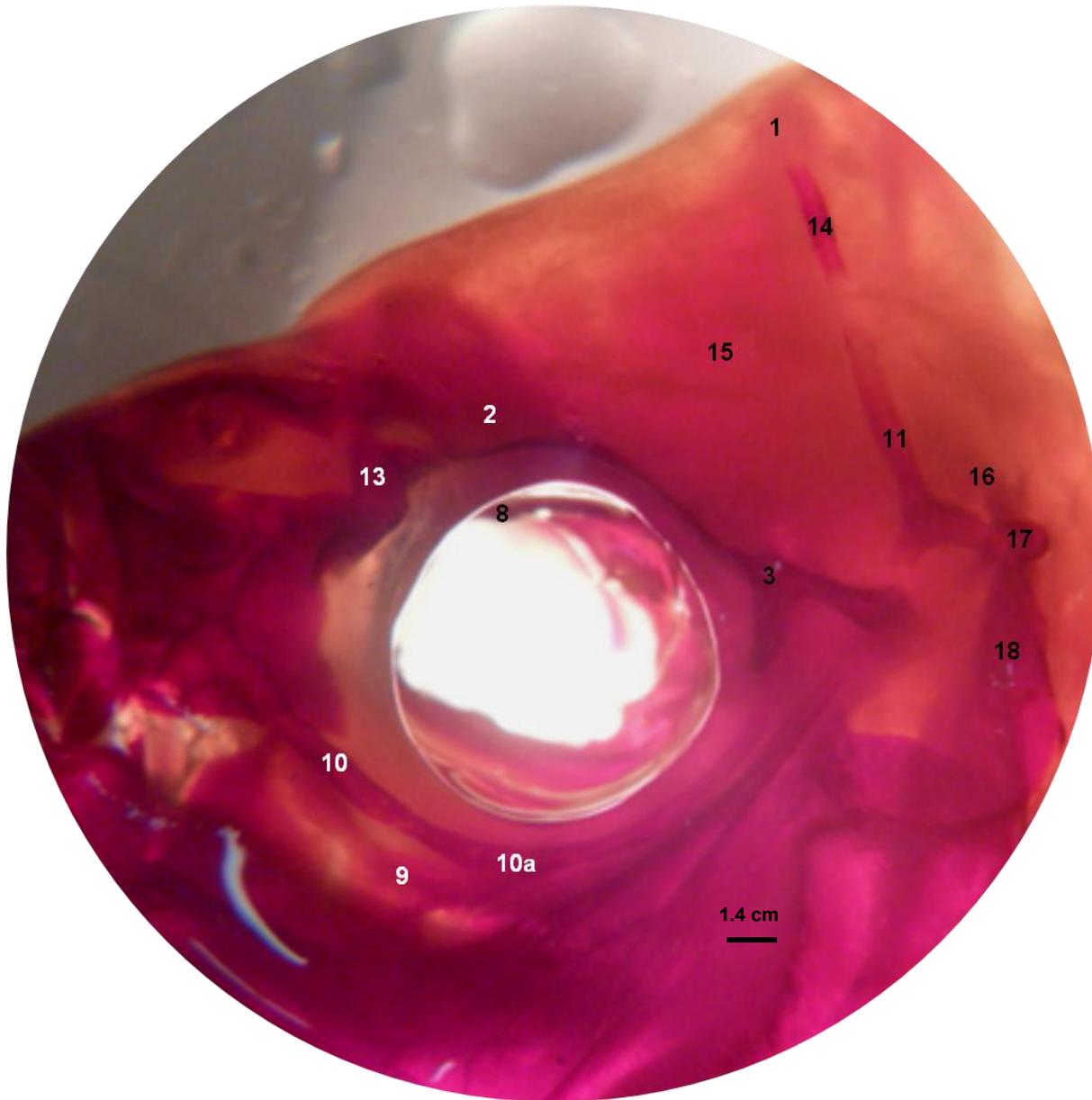
El neurocráneo de esta variedad de *Pterophyllum scalare* es más alto que largo, tiene una cresta supraoccipital (1), la cual no es tan alta y con forma triangular, las crestas parietales (2) no se observan bien y las pteróticas (3) se encuentran definidas pero incompletas del lado orientado hacia los circumorbitarios. El perfil ventral muestra que el paraesfenoides está ausente, mientras que la región olfatoria muestra el hueso nasal curvado anormalmente hacia el interior siendo aún más notorio en su extremo izquierdo (4) que alberga los procesos de los premaxilares (5) notablemente osificados, y está delimitada por los prefrontales (6) que se aprecian en su parte basal bien definidos, sin embargo casi toda la estructura se ve difusa y en exceso osificada debido a que se superpone con los lacrimales (7) que se observan de la misma manera y ligeramente desplazados hacia los maxilares en vez de cerca del ojo. La serie suborbital está formada por el hueso orbitoesfenoides (8) que se observa difuso y muy estrecho además de por la serie de 6 huesos llamados serie circumorbitarios que incluye al lacrimal, al yugal (9) también muy difuso, apenas visible y a los suborbitarios de los cuales los dos primeros son poligonales (10) y se observa una repisa subocular curvada ligeramente hacia abajo (10). En la región ótica se forma la fosa posttemporal, que está delimitada por el epiótico (11) que se encuentra incompleto, la cresta pterótica y el pterótico (12). No es notable la faceta articular del epiótico, que recibe la rama superior del posttemporal; el hueso frontal (13) se aprecia bien, el supraescapular (14) se puede distinguir de manera clara cercano a la cresta supraoccipital, el hueso parietal (15) muestra una coloración muy tenue posiblemente debido a que se encuentra incompleto y no tan osificado y se vuelve complejo de observar a través de la musculatura al igual que sucede con el hueso escapular (16) que se encuentra muy difuso. Del extremo posterior del pterótico se continúan en orden descendente los huesos supraclitrum (17), clitrum (18) y postclitrum (19).

Branquiocráneo

El branquiocráneo o esqueleto visceral de *Pterophyllum scalare* está conectado directamente con el neurocráneo mediante los huesos palatino (20) y hiomandibular (21). La región

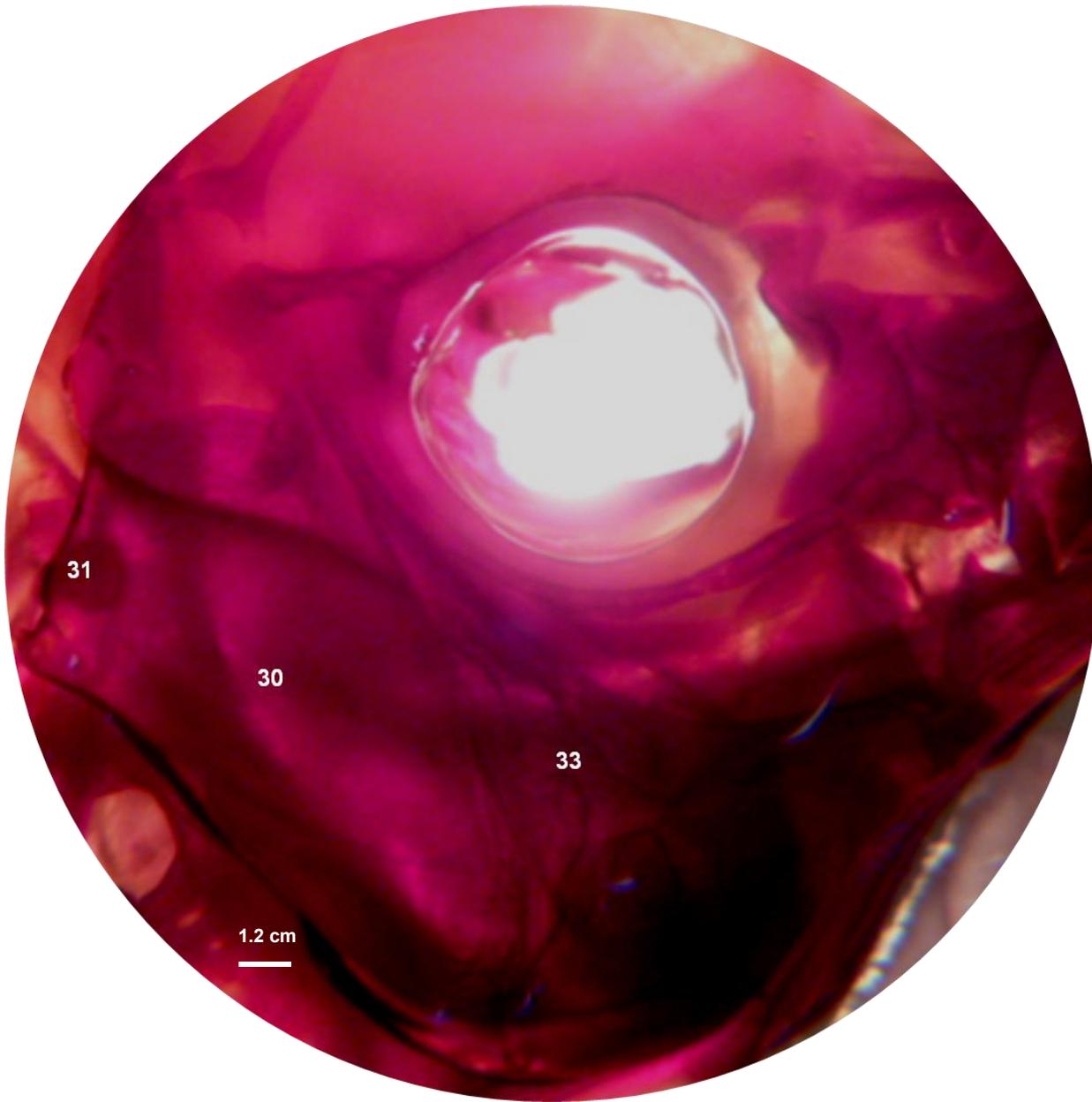
hiomandibular se encuentra formada por el arco mandibular y la serie hiopalatina. El arco mandibular está constituido por los huesos premaxilares (5), maxilar (22) que en esta variedad se recorrió y aparece en posición adelantada, es plano, originalmente es lateralmente de apariencia escalonada y forma un proceso interno, que conecta con el correspondiente del otro lado, conformando una sínfisis maxilar, aunado a esto se ubica muy cercano a los premaxilares y por ende no se permite una observación tan clara del mismo, el dentario (23) también es reducido y grueso, el articular (24) y el angular (25) gruesos y el angular es más ancho que en las demás variedades y pierde parcialmente su forma debido a que se nota un achatamiento a causa de la superposición de muchos huesos en la zona del maxilar. La gran retractilidad de la mandíbula superior implica una gran longitud de los procesos ascendentes de los premaxilares junto con el músculo. Se aprecia difuso el ángulo que da origen al ceratohial (26) y no conecta con el articular. El mesopterigoides (27) se observa muy estrecho en una posición inmediata superior al área de los circumorbitarios.

El cuadrado (28) se observa levemente difuso a causa del músculo que lo recubre al igual que el metapterigoides (29) este último además de forma comprimida por las modificaciones del cráneo al ocurrir toda la superposición. El opercular (30) se aprecia claramente, es de tamaño grande y recubre las branquias, el interopercular (31) se aprecia corto y se distingue únicamente por una pequeña división entre los mismos. El subopercular (32) sobresale apenas por debajo del opercular, el preopercular (33) se encuentra difuso y la zona se observa más oscura por los huesos encimados unos con otros, forma un ángulo como "L" que conecta con el ceratohial que tampoco se aprecia con claridad en este ejemplar.



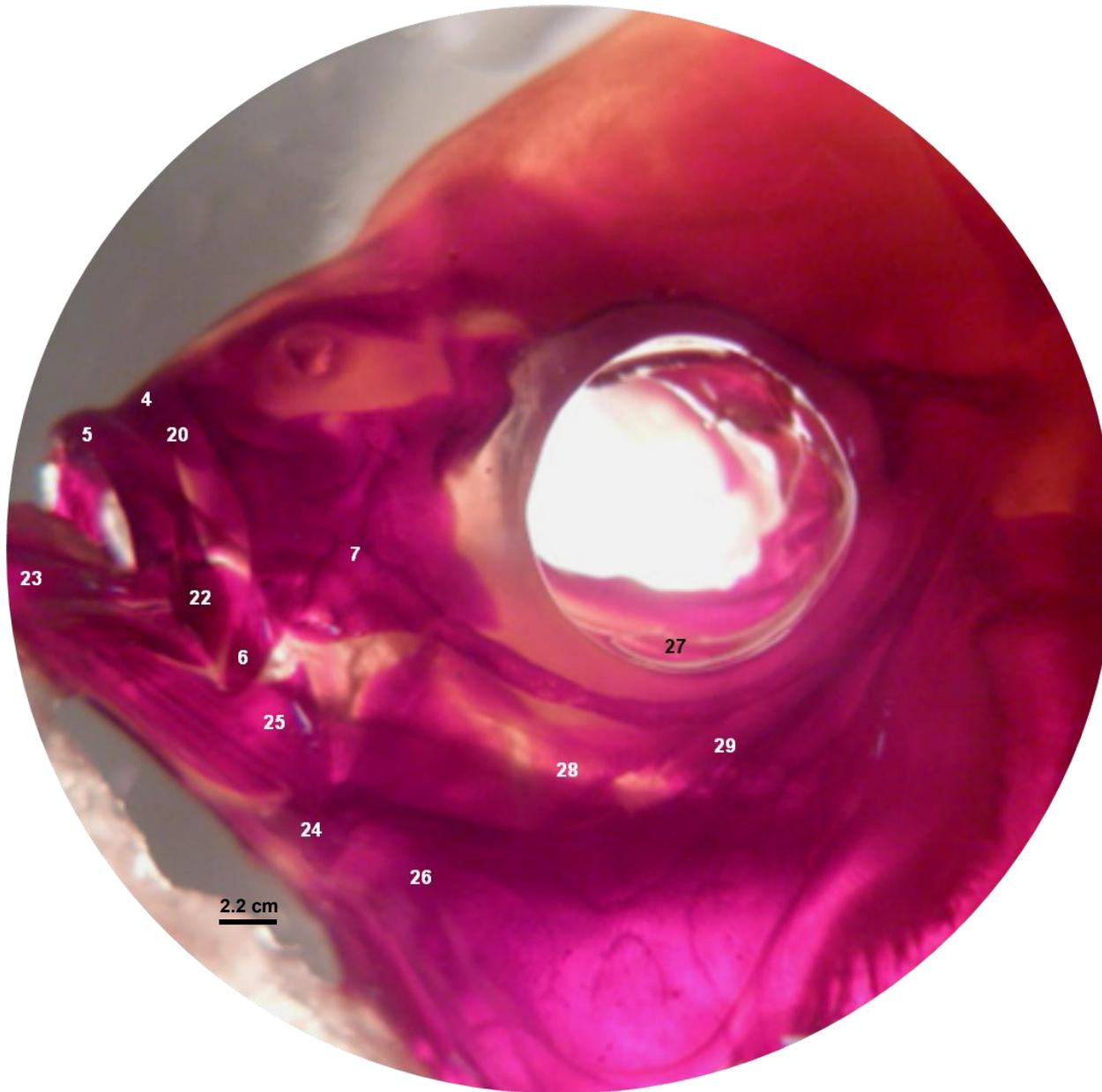
- 1.-Cresta supraoccipital
- 2.-Cresta parietal
- 3.-Cresta pterótica
- 8.-Orbitoesfenoides
- 9.-Yugal
- 10.-Suborbitarios
- 10ª.-Repisa subocular
- 11.-Epiótico
- 13.-Frontal
- 14.-Supraescapular
- 15.-Parietal
- 16.-Escapular
- 17.-Supracleitrum
- 18.-Cleitrum

Fig. 7 Neurocráneo variedad perlado



30.-Opercular
31.-Interopercular
33.-Preopercular

Fig. 7.1 Esplacnocráneo variedad perlado



- 4.-Nasal
- 5.-Premaxilar
- 6.-Prefrontal
- 7.-Lacrimal
- 20.-Palatino
- 22.-Maxilar
- 23.-Dentario
- 24.-Articular
- 25.-Angular
- 27.-Mesopterigoides
- 28.-Cuadrado
- 29.- Metapterigoides

Fig. 7.2 Dermatocráneo y esplacocráneo variedad perlado

COLUMNA VERTEBRAL

A continuación se describe a detalle las estructuras que conforman la columna vertebral de las 5 variedades de pez ángel (*P. scalare*)

PEZ VARIEDAD PLATEADO



Fig. 8. Ejemplar completo diafanizado

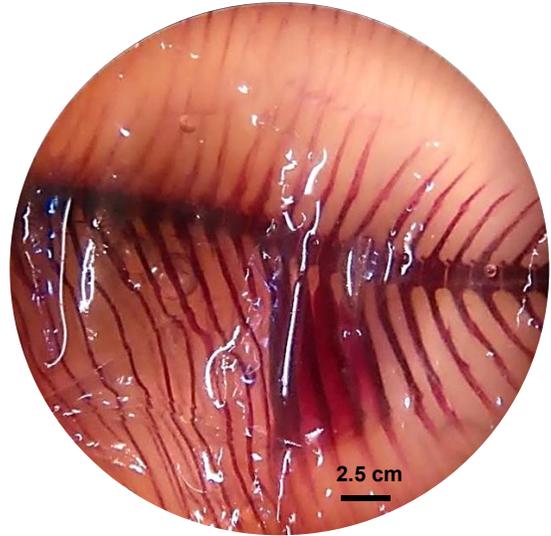
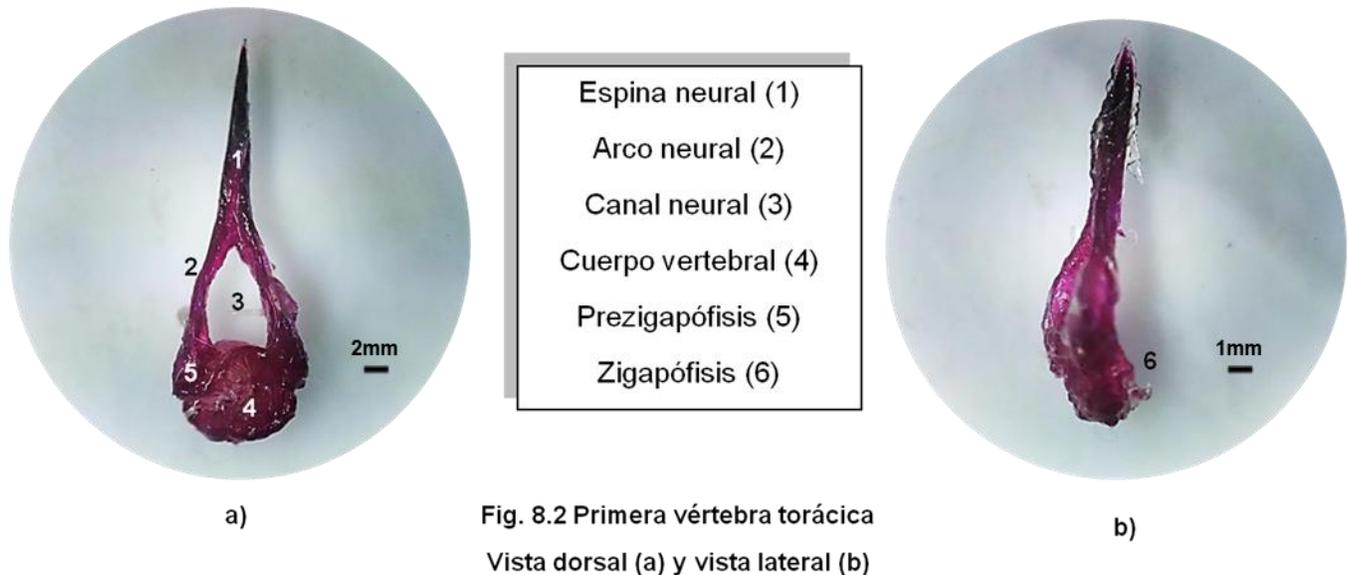


Fig. 8.1 Costillas serpenteantes y alargadas, espinas hemales con pared engrosada

La columna vertebral en esta variedad se conforma entre 24 y 28 vértebras lo que lo hace uno de las variedades más completas (Fig. 8).

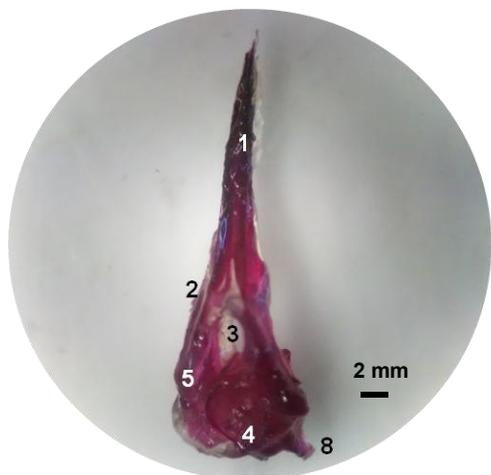
La primera vértebra torácica es recta, ligeramente acortada y muy osificada en su parte apical (espina neural), el arco neural es muy marcado, se aprecia ligeramente más engrosado en la curva derecha que en la izquierda como se puede apreciar en la imagen, el canal neural se encuentra notablemente más abierto a causa del adelgazamiento de las estructuras del arco que lo delimitan. Las prezigapófisis, que son las regiones más ensanchadas en la parte basal del arco neural se observan achatadas en los bordes, en su vista frontal apenas son perceptibles (Fig. 8.2 a) y en vista lateral (Fig. 8.2 b) se aprecia con mayor facilidad la estructura. El centrum o cuerpo vertebral es grande y de forma redonda, abarca hasta las prezigapófisis, ya que el arco al estar tan abierto requiere de mayor soporte en su parte basal

y por ello presenta una osificación mayor. La zigapófisis no se aprecia de manera clara lateralmente (Fig. 8.2 b) es muy acortada y achatada.



Las primeras espinas torácicas (5-13) poseen costillas de las cuales 9 son largas y se extienden casi hasta la zona visceral y la décima está muy acortada (atrofiada), en algunos ejemplares de esta variedad son serpenteantes o en forma de rayo (Fig. 8.1).

La cuarta vértebra torácica es alargada y muy osificada en su parte apical (espina neural), el arco neural se encuentra muy cerrado, se encuentra comprimido hacia los lados de las estructuras óseas que lo forman, el canal neural es muy estrecho y alargado verticalmente acentuándose más en la curva derecha que en la izquierda. La curva izquierda es más larga que la derecha lo que causa que la vértebra se vea desalineada y por lo tanto desequilibrada respecto a su posición original. Las prezigapófisis también se observan disparejas y únicamente la derecha se aprecia adecuadamente, está bien osificada, su terminación se dirige hacia abajo y es redondeada (Fig. 8.3 a). El centrum o cuerpo vertebral es reducido y de forma redonda, en su parte basal posee una estructura denominada soporte hemal que lo diferencia de las primeras 3 vértebras con la misma forma, pero que en este ejemplar se orienta inclinado hacia el lado derecho cuando debería estar centrado (Fig. 8.3 a). La zigapófisis no se aprecia de manera clara lateralmente (Fig. 8.3 b) ya que es muy corta.



a)

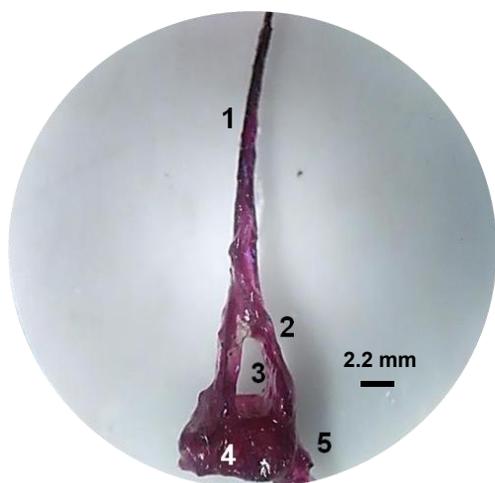
- Espina neural (1)
- Arco neural (2)
- Canal neural (3)
- Cuerpo vertebral (4)
- Prezigapófisis (5)
- Arco transversal (6)
- Zigapófisis (7)
- Soporte hemal (8)



b)

Fig. 8.3 Cuarta vértebra torácica
Vista dorsal (a) y vista lateral (b)

La sexta vértebra tiene la espina neural alargada y delgada, el arco neural es normal, los procesos que forman los límites del arco también se observan normales, el canal neural es normal, el cuerpo vertebral o centrum es de forma redondeada y de un tamaño proporcional a las demás partes que conforman la vértebra, de la vértebra 5 a la 13 presentan parapófisis unidas al cuerpo vertebral como superficie articular para las costilla, se observa el arco transversal sin el puente en el cuerpo vertebral, lo cual es normal en la quinta y sexta vértebra (Fig. 8.4 b).



a)

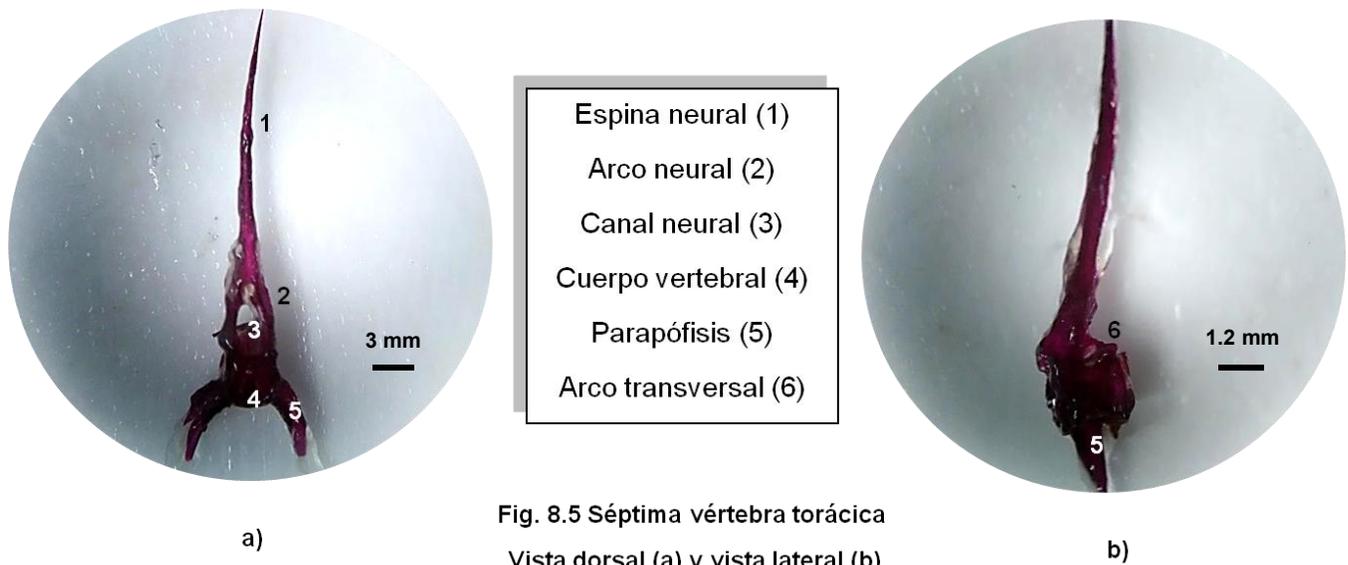
- Espina neural (1)
- Arco neural (2)
- Canal neural (3)
- Cuerpo vertebral (4)
- Parapófisis (5)
- Arco transversal (6)



b)

Fig. 8.4 Sexta vértebra torácica
Vista dorsal (a) y vista lateral (b)

La séptima vértebra tiene la espina neural muy alargada y delgada en general, acentuándose más en su parte apical, el arco neural también es ligeramente reducido, los procesos que forman los límites del arco también se observan de angosta complexión, ligeramente más osificado en su parte basal el del lado izquierdo, el canal neural es normal, el cuerpo vertebral o centrum es de forma redondeada y de un tamaño proporcional a las demás partes que conforman la vértebra, de la vértebra 5 a la 13 presentan parapófisis unidas al cuerpo vertebral como superficie articular para las costillas. Se aprecia de manera clara que en la del lado izquierdo hay una bifurcación y en la imagen lateral (Fig. 8.5 b) se observa el arco transversal arriba del cuerpo vertebral como un pequeño orificio con un puente pequeño y delgado.



De la vértebra 5-9 presentan costillas laterales, las 4 primeras espinas hemales (15-18) con la pared hemal muy gruesa, la 14 está unida a la 15 por dicha estructura observándose gran osificación (Fig. 8.6 a), las espinas neurales son normales. La mayor deformación de esta variedad en esta región es el notable engrosamiento de la pared en las espinas hemales en las primeras vértebras caudales.

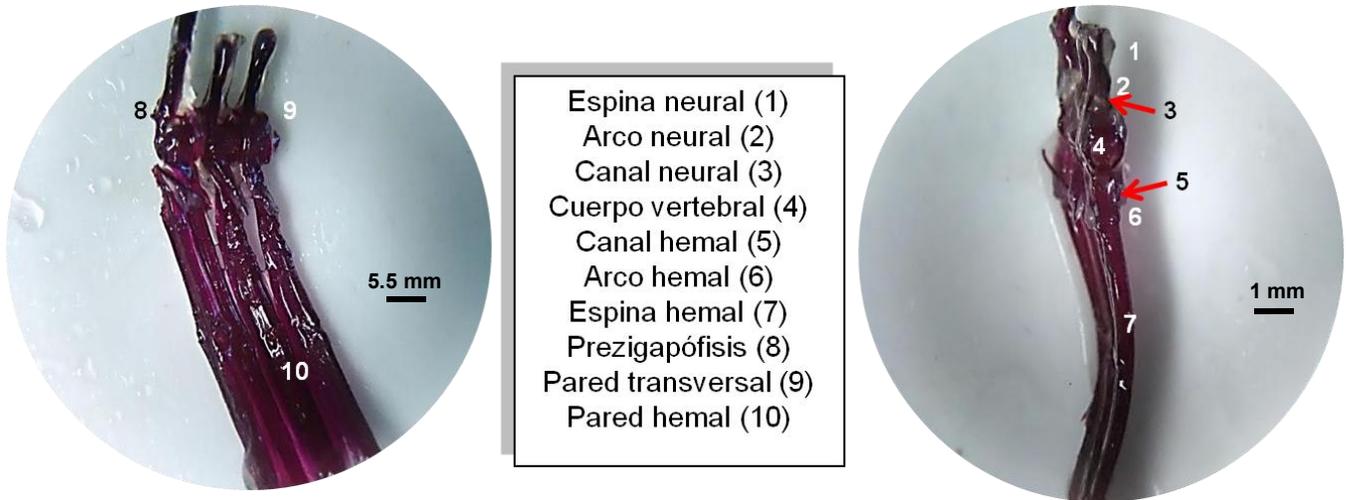


Fig. 8.6 Vértebra caudales con pared hemal en espinas
 a) Vista dorsal (a) y vista lateral (b) b)

La columna se encuentra en posición normal con sus curvaturas normales, las aletas normales y los pterigóforos completos (Fig. 8).

PEZ VARIEDAD ALBINO



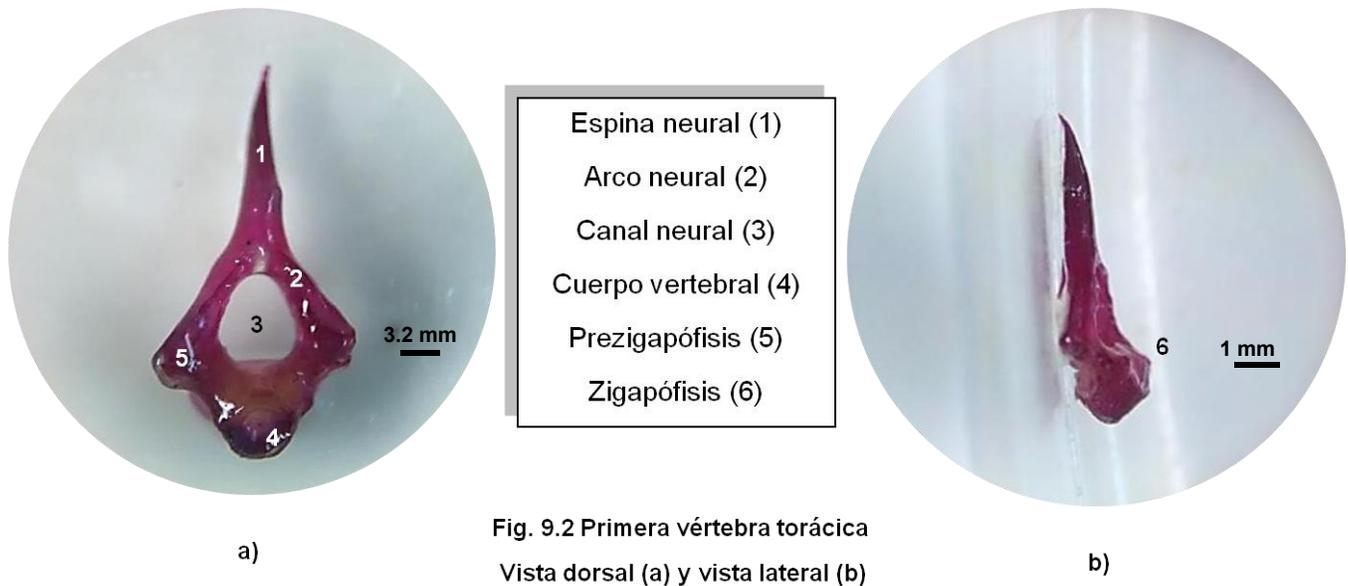
Fig. 9. Ejemplar completo diafanizado variedad albino



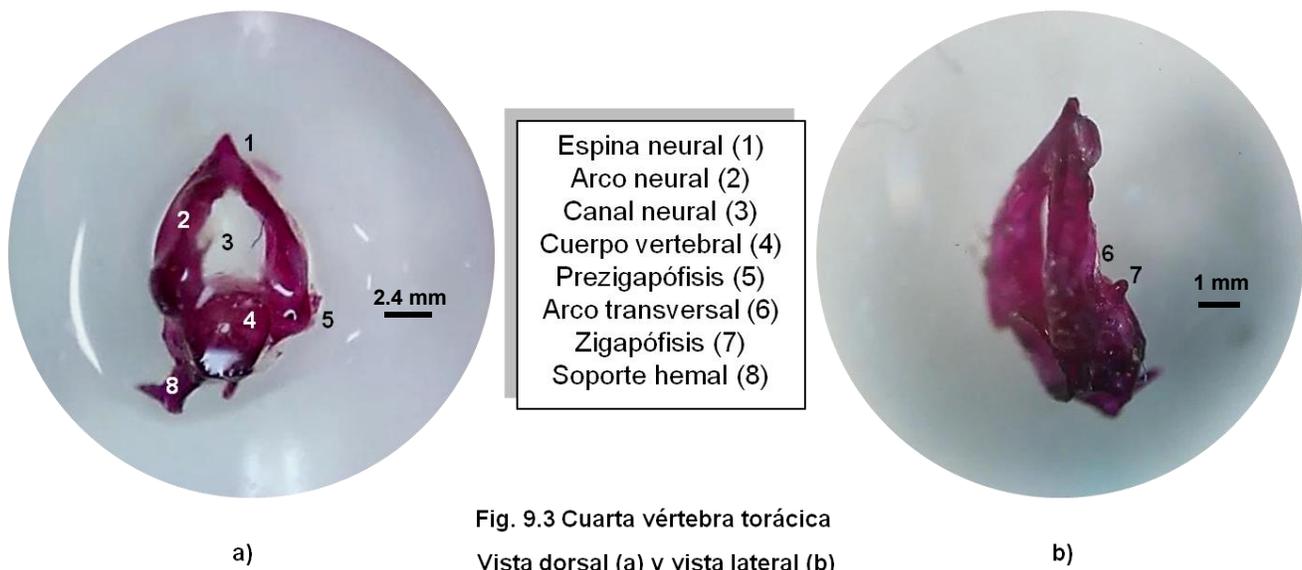
a) Fig. 9.1 Columna vertebral con lordosis (a) y escoliosis (b) b)

En esta variedad se pueden observar 18 a 24 vértebras que componen el cuerpo vertebral, el cual se aprecia totalmente deforme. A partir de la vértebra número 6 hasta la 10 se puede observar la presencia de lordosis, así como de la 11 a la 14 de escoliosis (Fig. 9.1). En la vértebra número 13 se puede observar que la espina está dividida en su parte basal y se bifurca colocando una porción en la 13 y la otra porción en la 14. En esta última está la real, además de que existe gran osificación en la espina neural 14 y en su zona media choca y empuja al número 15, la cual se aprecia muy osificada y ensanchada, dando origen al cuarto hueso neural de la aleta caudal. La espina 14 no tiene radios asociados (Fig. 9.1).

La primera vértebra torácica es recta, ligeramente acortada y muy osificada en su parte apical (espina neural), el arco neural amplio, se aprecia bien osificado, el canal neural se encuentra bien delimitado. Las prezigapófisis se observan redondeadas en los bordes, en su vista frontal son muy perceptibles (Fig. 9.2 a) y en vista lateral se aprecia con mayor facilidad la estructura. El centrum o cuerpo vertebral es de buen tamaño respecto a la vértebra y de forma redonda. La zigapófisis se aprecia de manera clara en vista lateral en ambos lados del cuerpo vertebral (Fig. 9.2 b)



La cuarta vértebra torácica es muy acortada y muy osificada, en su parte apical (espina neural) apenas es notable una protuberancia lo que implica que la espina neural también es muy acortada, el arco neural se encuentra muy abierto y sus elementos óseos están bien osificados, el canal neural es muy amplio. Las prezigapófisis también se observan bien osificadas (Fig. 9.3 a) El centrum o cuerpo vertebral es de forma redonda, en su parte basal posee una estructura denominada soporte hemal que lo diferencia de las primeras 3 vértebras con la misma forma, pero que en este ejemplar se orienta inclinado hacia el lado izquierdo, cuando debería estar centrado (Fig. 9.3 a). La zigapófisis se aprecia de manera clara lateralmente (Fig. 9.3 b)



La sexta vértebra tiene la espina neural sumamente acortada, la parte apical es redondeada, el arco neural está ligeramente inclinado hacia el lado izquierdo, los procesos que forman los límites del arco se observan bien osificados, el canal neural está abierto de manera adecuada, el cuerpo vertebral o centrum es de forma redondeada y de un tamaño homogéneo respecto a las demás partes que conforman la vértebra, de la vértebra 5 a la 13 presentan parapófisis, unidas al cuerpo vertebral como superficie articular para las costillas, que son cortas y engrosada más del lado izquierdo que del derecho en esta variedad. Se observa un arco transversal en el cuerpo vertebral, lo cual debería presentarse a partir de la séptima vértebra (Fig. 9.4 b).

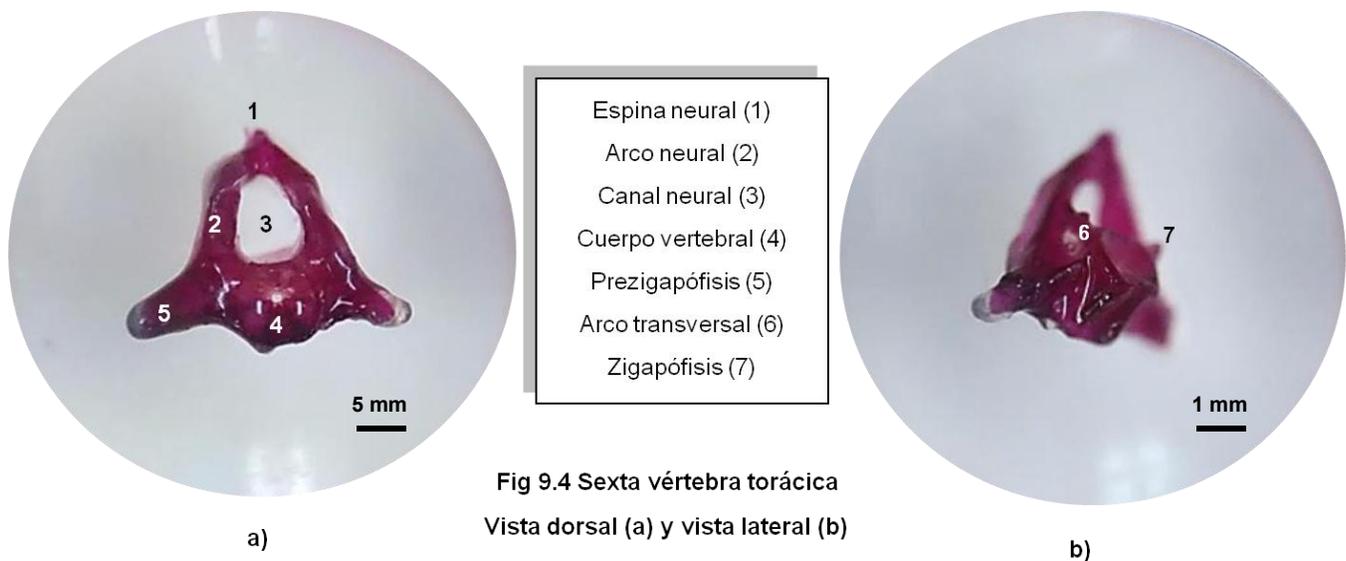
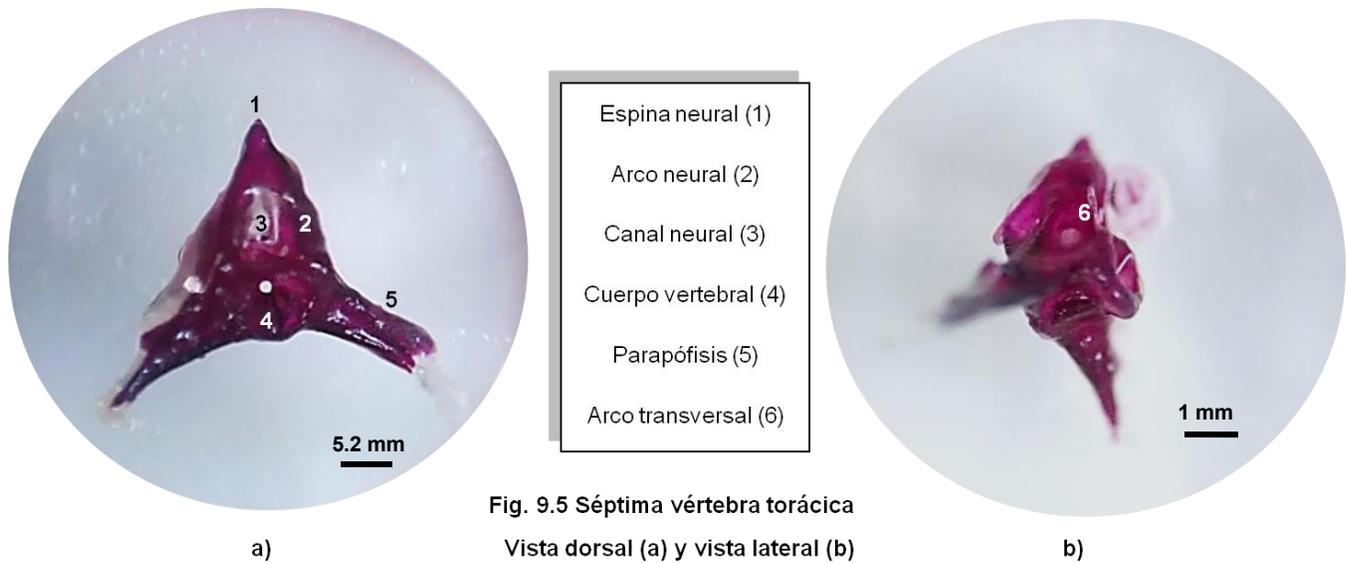
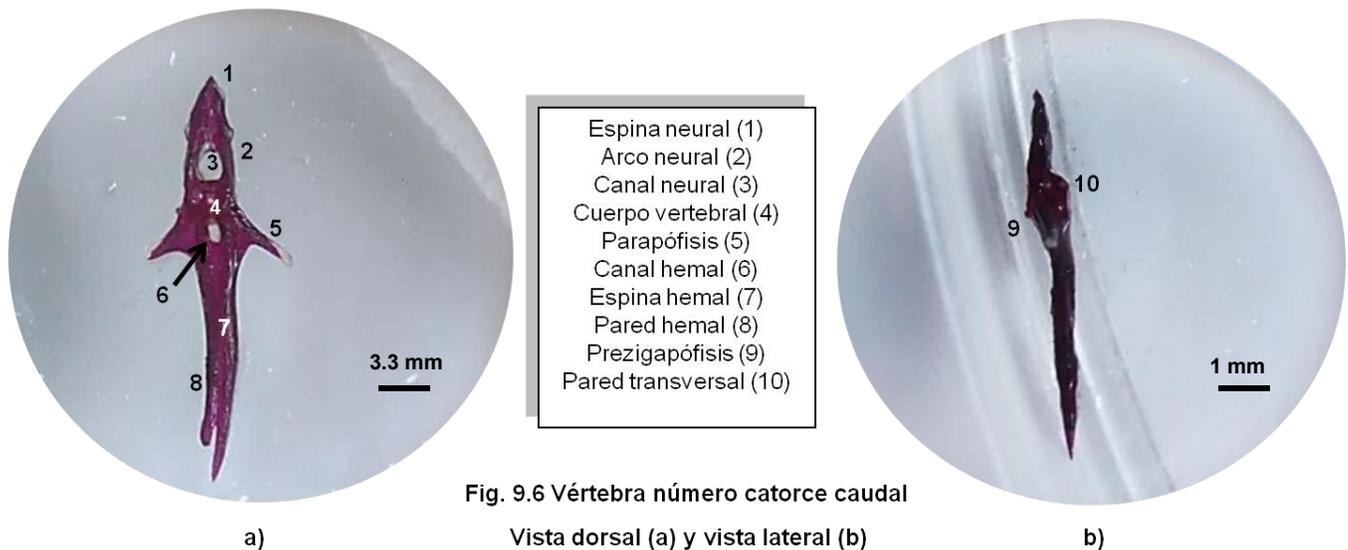


Fig 9.4 Sexta vértebra torácica
Vista dorsal (a) y vista lateral (b)

La séptima vértebra posee una espina neural muy corta y ancha en su parte basal, en terminación en punta en su parte apical, el arco neural es muy cerrado y las estructuras óseas que delimitan el arco son muy gruesas, el canal neural es muy estrecho y no se aprecia claramente, solo se observa una pequeña abertura. El cuerpo vertebral es redondo y de un tamaño homogéneo al resto de la vértebra, las parapófisis son del mismo largo que la parte apical y están muy osificadas, la del lado izquierdo está menos osificada que la derecha, posee un arco transversal justo por encima del cuerpo vertebral el cual se puede observar lateralmente (Fig. 9.5 b)



La vértebra catorce caudal posee su espina neural muy acortada y ensanchada, el arco neural está bien definido, las estructuras óseas permiten una abertura adecuada que define bien el canal neural, el cuerpo vertebral es pequeño y redondo, homogéneo con el resto de la vértebra, las parapófisis se encuentran bien definidas a los costados del cuerpo vertebral y se aprecian en la vista frontal (Fig 9.6 a) el canal hemal también está bien formado y es más reducido que el neural, La espina hemal es gruesa y más larga que la neural por la pared hemal que la conforma, sin embargo no se distingue claramente la división entre ambas. La prezigapófisis se aprecia por encima del cuerpo vertebral y la pared transversal se aprecia de manera clara en la vista lateral (Fig. 9.6 b).



La vértebra número diecisiete tiene una espina neural acortada, el arco neural bien definido por sus estructuras óseas delimitantes, el canal neural es ligeramente alargado y reducido, el cuerpo vertebral es pequeño y redondeado, el canal hemal es igualmente reducido y se aprecia como una pequeña abertura bajo el cuerpo vertebral, la espina hemal es gruesa y posee una pared hemal también muy engrosada, la prezigapófisis no es muy notoria en vista lateral (Fig. 9.7 b) al igual que la pared transversal.

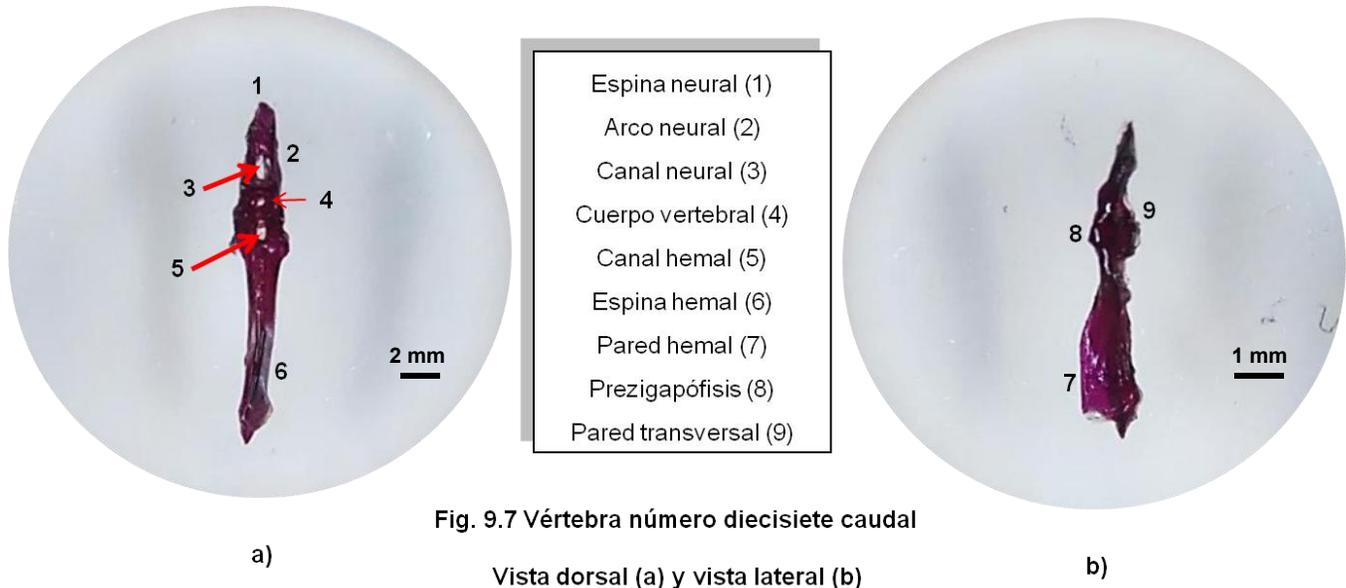


Fig. 9.7 Vértebra número diecisiete caudal

Vista dorsal (a) y vista lateral (b)

La vértebra número veintiuno posee una espina neural más alargada que el resto de las vértebras del cuerpo, el arco neural está bien definido y las estructuras óseas que lo delimitan son muy delgadas, el canal neural es normal, el cuerpo vertebral es pequeño y redondo, el canal hemal también es normal. La espina hemal es larga y delgada, la prezigapófisis está bien definida en vista lateral (Fig. 9.8 b). Ambas espinas tienen la apariencia de estar acanaladas.

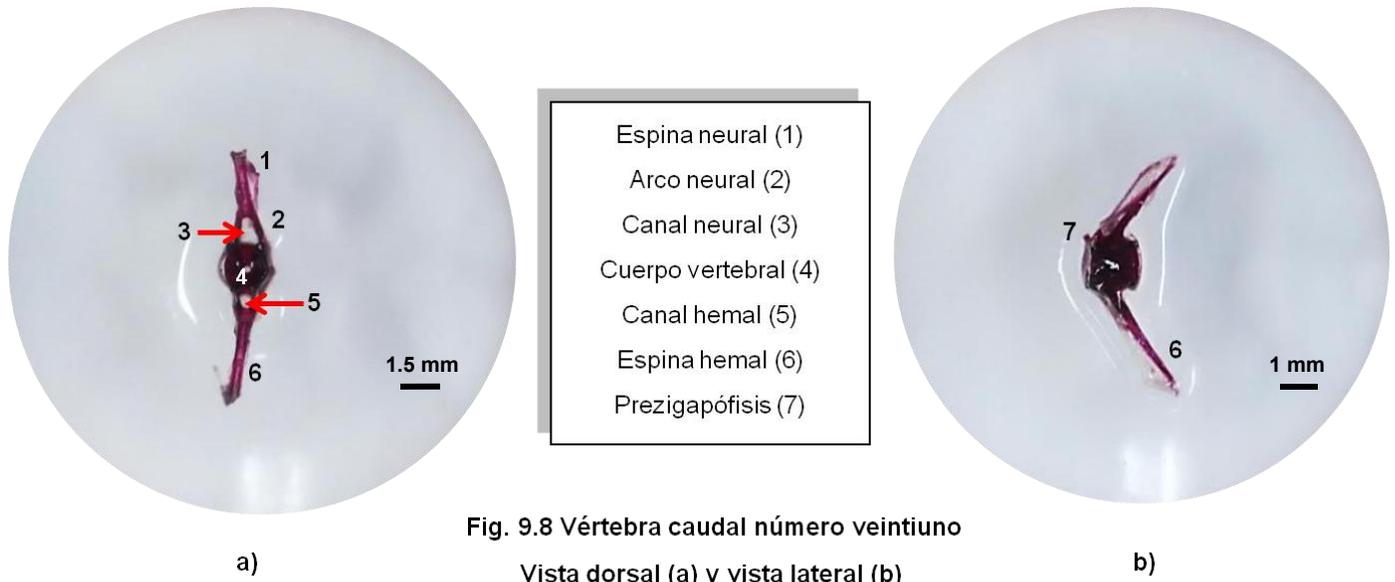


Fig. 9.8 Vértebra caudal número veintiuno
 Vista dorsal (a) y vista lateral (b)

Las vértebras torácicas presentan un marcado arco neural, un cuerpo vertebral circular y 2 apófisis laterales o transversas, tienen presencia de un arco hemal por donde se inserta la musculatura. La tercera vértebra presenta una bifurcación muy marcada en el arco neural y ensanchamiento también muy evidente en el orificio neural. Segunda apertura muy prominente en región hemal que impide el cierre y el paso correcto de los vasos sanguíneos.

La espina hipural 16 es muy corta y muy deformada en comparación con la neural del mismo número, los huesos hemales son más cortos que los neurales. Presenta 10 costillas y 14 pretigóforos que forman la base de la aleta pélvica. De la vértebra 5 a la 9 se presenta una marcada escoliosis, siendo esta la primera vértebra caudal.



- Espina neural (1)
- Arco neural (2)
- Canal neural (3)
- Cuerpo vertebral (4)
- Prezigapófisis (5)

Fig 9.9 Vértebra número tres bifurcada en la espina neural

Vista dorsal

PEZ VARIEDAD NEGRO

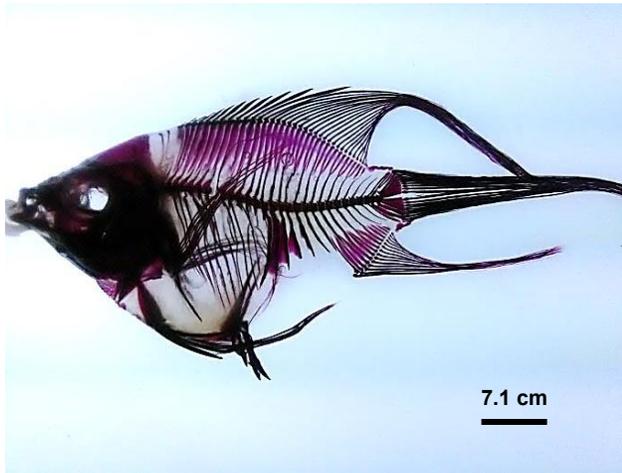


Fig. 10. Ejemplar completo variedad negro

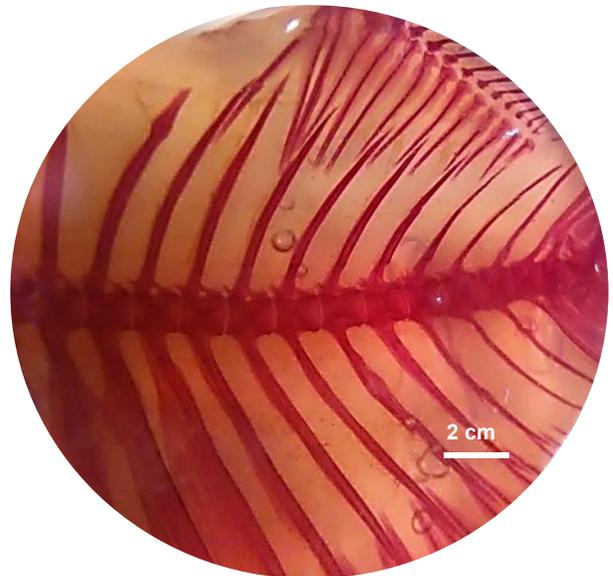
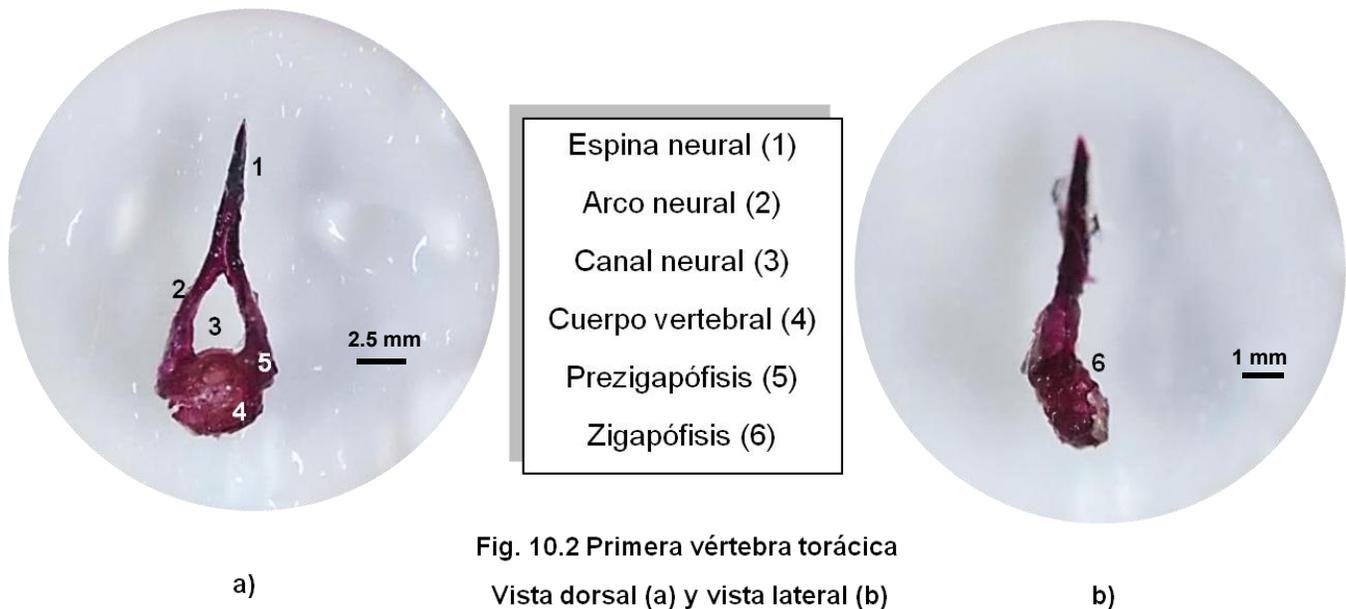


Fig. 10.1 Pterigóforos neurales mal distribuidos, y engrosamiento de pared en espinas hemales

Cuenta con 25 vértebras lo que lo convierte en una de las variedades más grandes de esta especie, no presenta deformación en vértebras anficélicas. La vértebra 20 tiene la espina neural fuera de su lugar. En las espinas de la 11 a la 15 con ausencia de sus pterigóforos neurales, la número 17 tiene asociados 5 pterigóforos neurales, 3 del lado izquierdo y 2 del derecho. En las espinas 12-15 presenta el ensanchamiento (velo) mismo que Halfblack con ausencia de pterigóforos. (Fig. 10.1)

La primera vértebra torácica posee una espina neural larga y de apariencia acanalada, el arco neural amplio se aprecia bien osificado en sus límites, el canal neural se encuentra bien delimitado y amplio. Las prezigapófisis se observan redondeadas en los bordes, en su vista frontal son muy perceptibles, más del lado derecho que del izquierdo (Fig. 10.2 a) y en vista lateral (Fig. 10.2 b) se aprecia con mayor facilidad la estructura. El centrum o cuerpo vertebral es de forma redonda y grande, más que el resto de la vértebra. La zigapófisis no se aprecia en la imagen en vista lateral, se aprecia el borde astillado e incompleto (Fig. 10.2 b).



La cuarta vértebra torácica no es muy alargada en su parte apical (espina neural), el arco neural se encuentra muy cerrado, se encuentra comprimido hacia los lados de las estructuras óseas que lo forman y que también se aprecian muy osificadas, el canal neural es muy estrecho y alargado verticalmente acentuándose más en la parte superior que en la inferior. Las prezigapófisis no son muy visibles, la derecha se aprecia más que la izquierda con su

borde redondeado (Fig. 10.3 a) El centrum o cuerpo vertebral es muy reducida y redondeada, no es proporcional al tamaño de la vértebra. En su parte basal posee una estructura denominada soporte hemal que lo diferencia de las primeras 3 vértebras con la misma forma, pero que en este ejemplar se orienta inclinado hacia el lado derecho cuando debería estar centrado (Fig. 10.3 a). La zigapófisis se aprecia de manera clara lateralmente (Fig. 10.3 b).

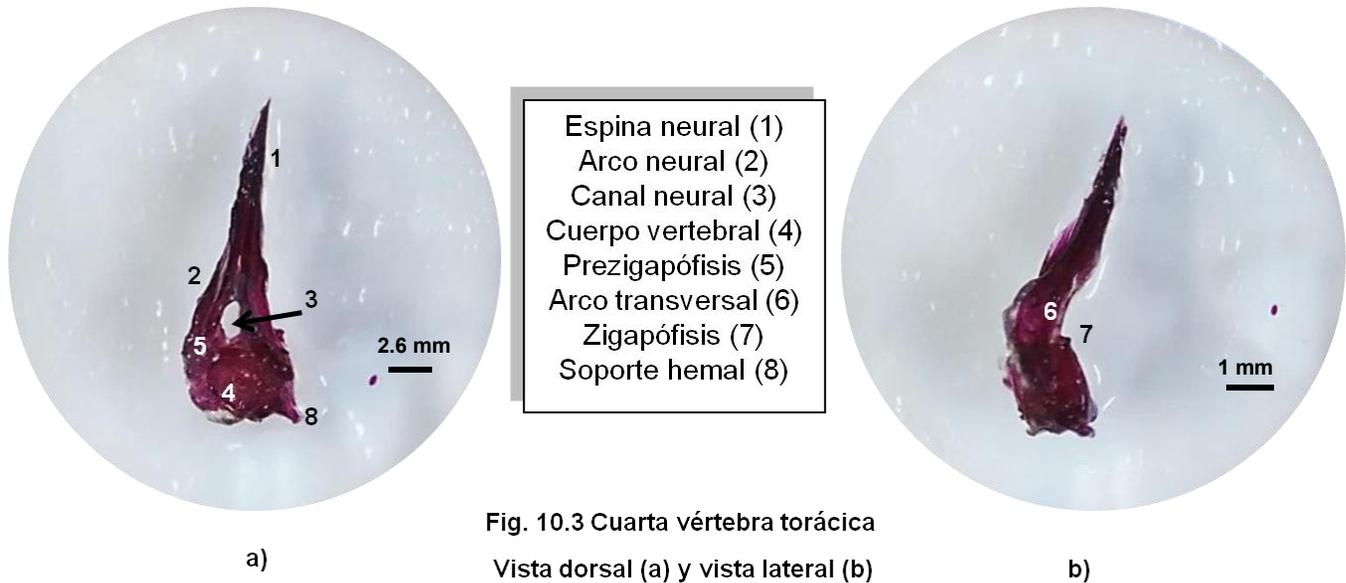
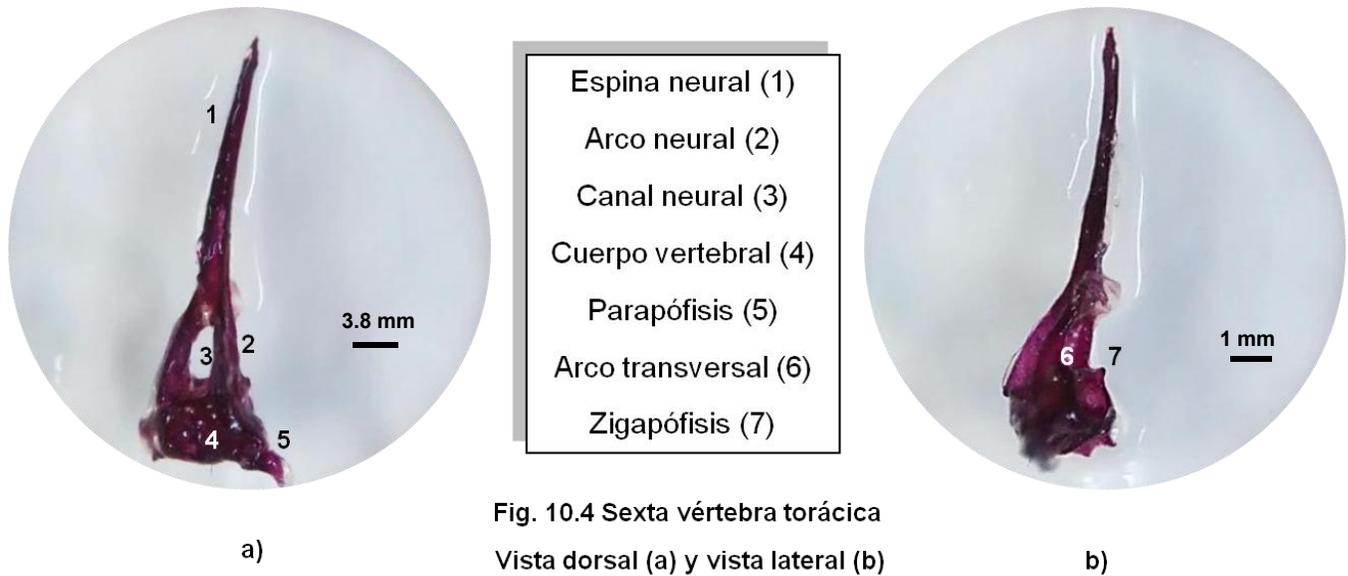
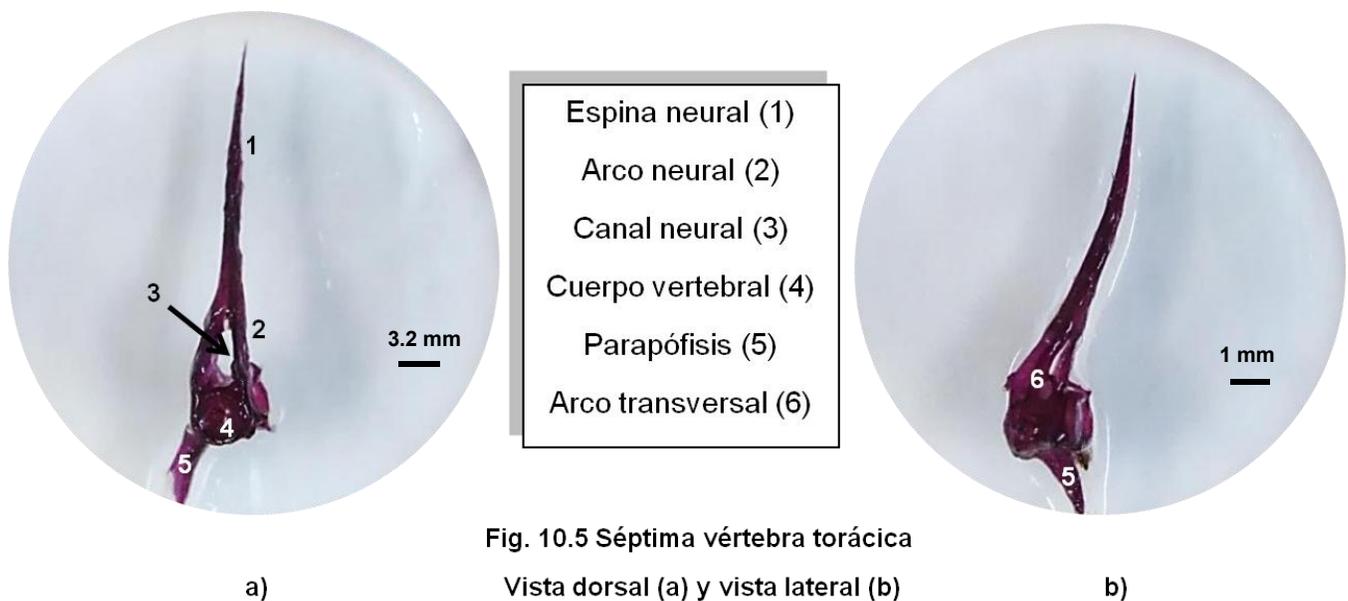


Fig. 10.3 Cuarta vértebra torácica
 Vista dorsal (a) y vista lateral (b)

La sexta vértebra tiene la espina neural muy larga, el arco neural está bien formado, los procesos que forman los límites del arco se observan bien osificados, el canal neural está abierto de manera adecuada, el cuerpo vertebral o centrum es de forma redondeada y de un tamaño homogéneo respecto a las demás partes que conforman la vértebra, de la vértebra 5 a la 13 presentan parapófisis unidas al cuerpo vertebral como superficie articular para las costillas, las cuales se observan normales. Se observa un arco transversal en el cuerpo vertebral (Fig. 10.4 b).



La séptima vértebra posee una espina neural muy alargada y su parte apical es muy afilada, el arco neural es estrecho y las estructuras óseas que delimitan el arco son delgadas, el canal neural es también reducido, se observa una pequeña abertura. El cuerpo vertebral es redondo y de un tamaño ligeramente pequeño respecto al resto de la vértebra, las parapófisis son normales a pesar de que en esta solo se aprecia la del lado izquierdo, posee un arco transversal justo por encima del cuerpo vertebral el cual se puede observar lateralmente (Fig. 10.5 b)



Las espinas que corresponden al número catorce y quince tiene su origen en la misma vértebra, el arco neural bien definido, el canal neural es ligeramente reducido, el cuerpo vertebral es pequeño y redondeado, el canal hemal es igualmente reducido y se aprecia como una pequeña abertura bajo el cuerpo vertebral, las espinas hemales son gruesas y poseen una pared hemal también muy engrosada que las une entre sí, la prezigapófisis es notoria en vista lateral (Fig. 10.6 b) al igual que la pared transversal.

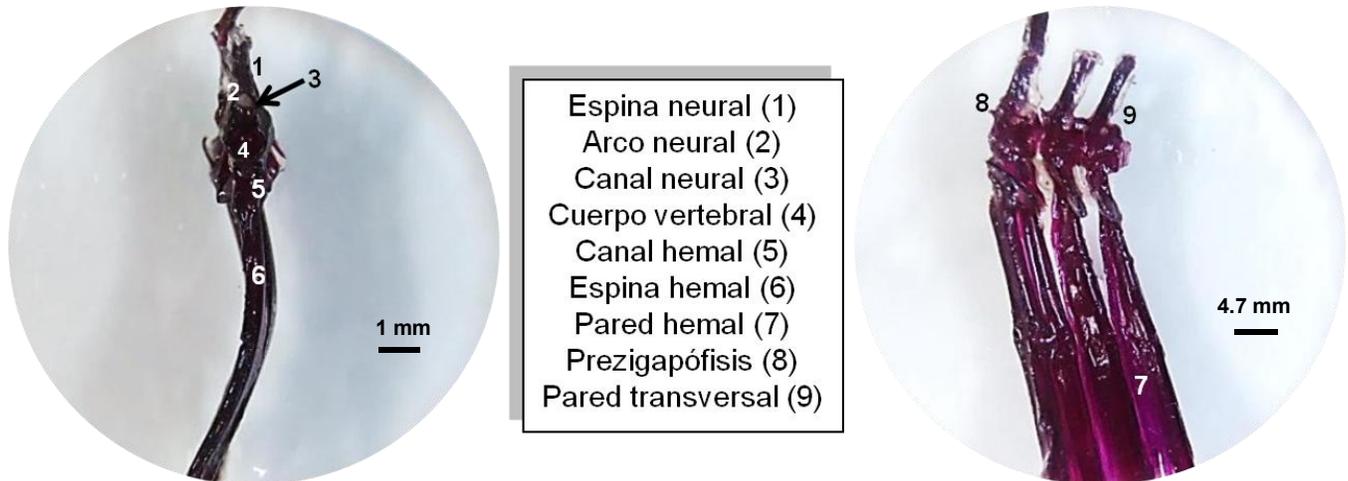


Fig. 10.6 Vértebras caudales 14-17 con pared hemal engrosada

a)

Vista dorsal (a) y vista lateral (b)

b)

La vértebra número veintidós posee una espina delgada y larga con una parte apical muy afilada, el arco neural está bien definido y las estructuras óseas que lo delimitan son muy delgadas, el canal neural es normal, el cuerpo vertebral es pequeño y redondo, el canal hemal también es normal. La espina hemal es larga y más gruesa que la neural. La prezigapófisis está bien definida en vista lateral (Fig. 10.7 b).

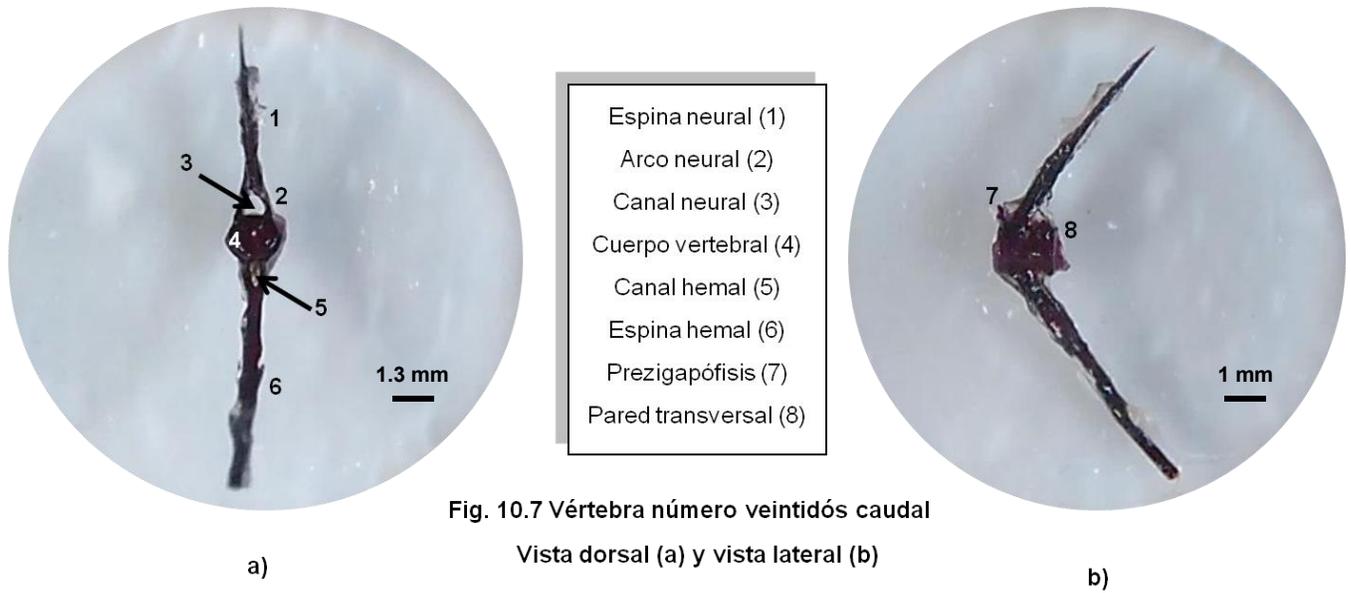


Fig. 10.7 Vértebra número veintidós caudal

Vista dorsal (a) y vista lateral (b)

El cuerpo vertebral es redondeado y los arcos neurales son ligeramente triangulares y alargados, en algunos casos con el orificio más pronunciado que otras vértebras.

PEZ VARIEDAD HALFBLOCK



Fig. 11. Ejemplar completo variedad Halfblack

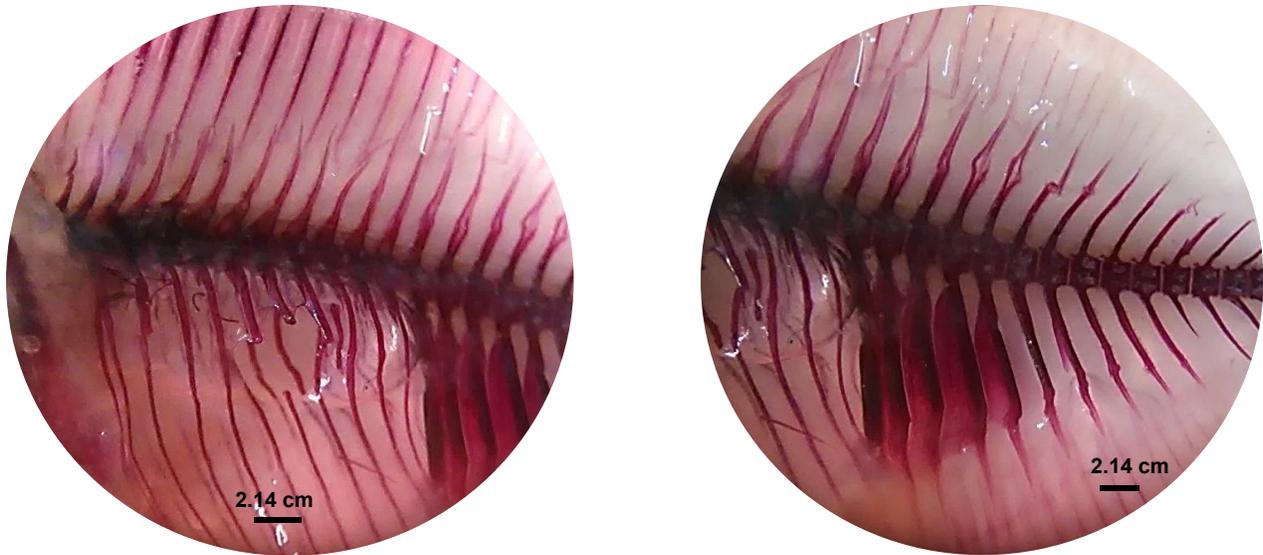


Fig. 11.1 Columna vertebral variedad Halfblack

Poseen entre 19 y 25 vértebras, la columna vertebral está la posición correcta y con sus respectivas curvaturas normales, sin embargo desde la espina neural 7 presentan un ensanchamiento en su parte media muy marcado hasta la 11. La 12 se quiebra completamente en forma de rayo. La espina neural 7 tiene su pterigóforo torcido. La 8 sólo presenta uno en vez del par normal y en forma de “L” invertida, el 9 tiene 2, el 10 tiene uno. Así como en el 9, 10 y 11 los pterigóforos se adelgazan de manera importante en la zona apical aproximadamente en un 60%. 16, 17 y 18 se acortan. (Fig. 11.1)

Las espinas 7,8,9,10 y 11 presentan un ensanchamiento exageradamente marcado, las 5 primeras hemales tienen un velo que es una osificación entre sí, la número 6 ya no lo presenta y las demás se encuentran normales hasta llegar a la número 11 la cual se acorta demasiado y las dos últimas se encuentran normales. Las espinas 2 y 3 se alargan formando el pterigóforo a modo de compensación. Tiene 10 costillas las cuales son muy delgadas y serpentantes, la primera costilla está bifurcada y de igual manera la 4ta, todas son exageradamente largas y se observa que llegan a la zona visceral. La 1, 2, 4,5 y 6 tienen costillas laterales muy pronunciadas. (Fig. 11.1)

La primera vértebra torácica posee una espina neural larga y de apariencia acanalada, el arco neural se aprecia delgado aunque bien osificado en sus límites, el canal neural se encuentra

bien delimitado y es de tamaño normal. Las prezigapófisis casi no son perceptibles, es más notoria la del lado derecho que del izquierdo (Fig. 11.2 a). El centrum o cuerpo vertebral es de forma redonda y homogéneo al resto de la vértebra. La zigapófisis no se aprecia adecuadamente en la imagen en vista lateral, se aprecia ligeramente abultado con lo que se puede deducir que la estructura está presente aunque no esté bien formada (Fig. 11.2 b)

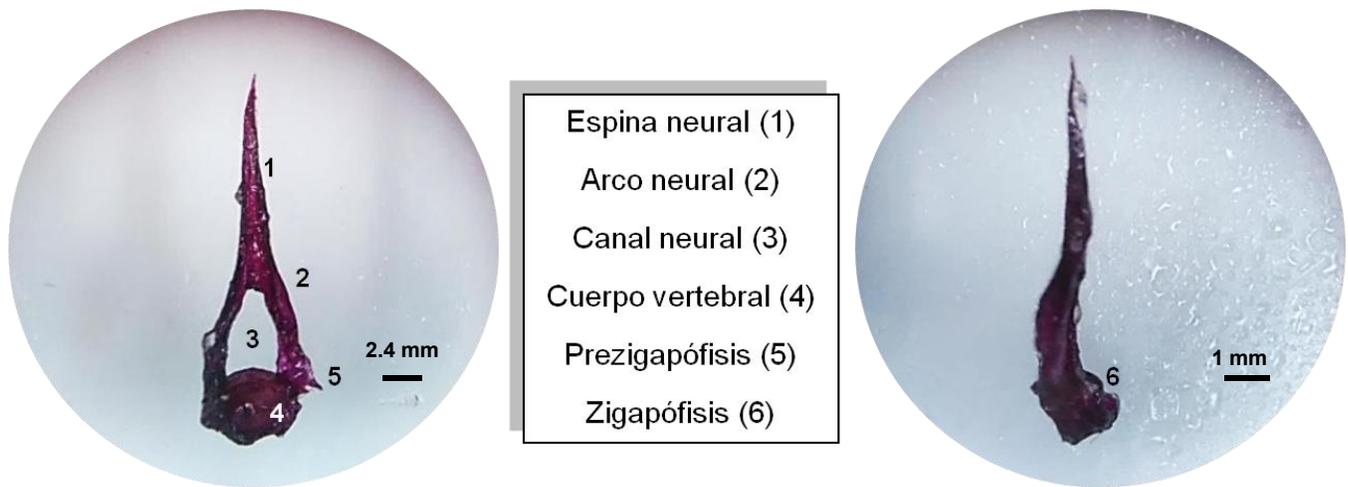


Fig. 11.2 Primera vértebra torácica
 Vista dorsal (a) y vista lateral (b)

La cuarta vértebra torácica es alargada en su parte apical (espina neural), el arco neural se encuentra, delimitado por delgadas estructuras que forman un canal neural normal. Las prezigapófisis no son muy visibles, la derecha se aprecia más que la izquierda con su borde redondeado (Fig. 11.3 a) El centrum o cuerpo vertebral es pequeño y redondeado y homogéneo respecto al resto de la vértebra. En su parte basal posee una estructura denominada soporte hemal que lo diferencia de las primeras 3 vértebras con la misma forma, pero que en este ejemplar se orienta inclinado hacia el lado izquierdo cuando debería estar centrado (Fig. 11.3 a). La zigapófisis se aprecia de manera clara lateralmente (Fig. 11.3 b).

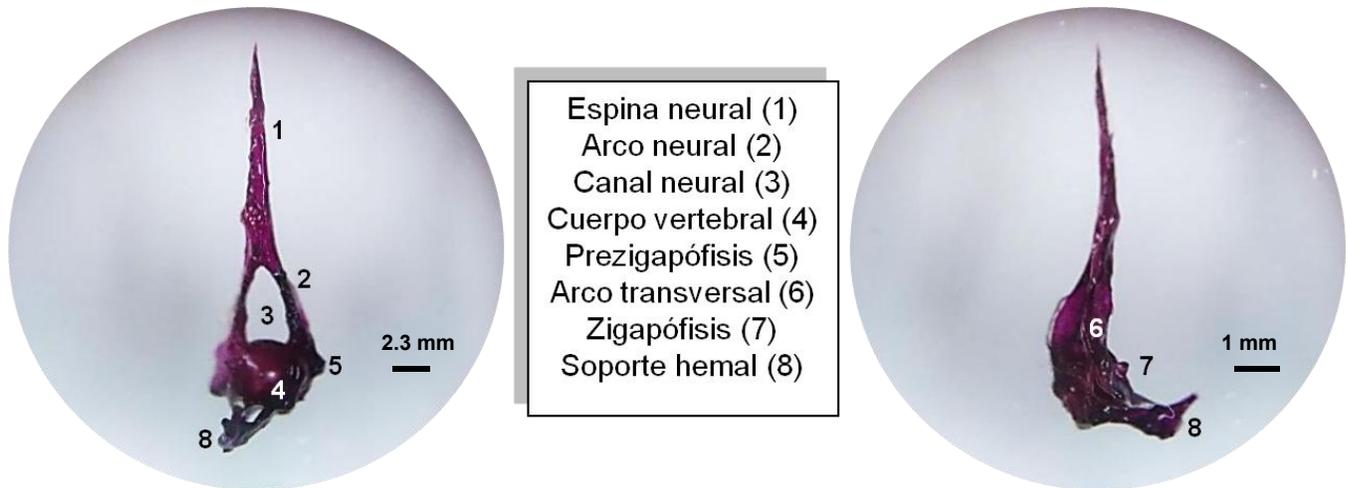


Fig. 11.3 Cuarta vértebra torácica

a)

Vista dorsal (a) y vista lateral (b)

b)

La sexta vértebra tiene la espina neural muy larga, el arco neural está bien formado, los procesos que forman los límites del arco se observan delgados pero bien osificados, el canal neural está abierto de manera adecuada en su parte basal aunque ligeramente corta hacia su parte superior, el cuerpo vertebral o centrum es de forma ovalada y de un tamaño homogéneo respecto a las demás partes que conforman la vértebra, de la vértebra 5 a la 13 presentan parapófisis unidas al cuerpo vertebral como superficie articular para las costillas, las cuales se observan muy cortas. Se observa un arco transversal por encima del cuerpo vertebral (Fig. 11.4 b).

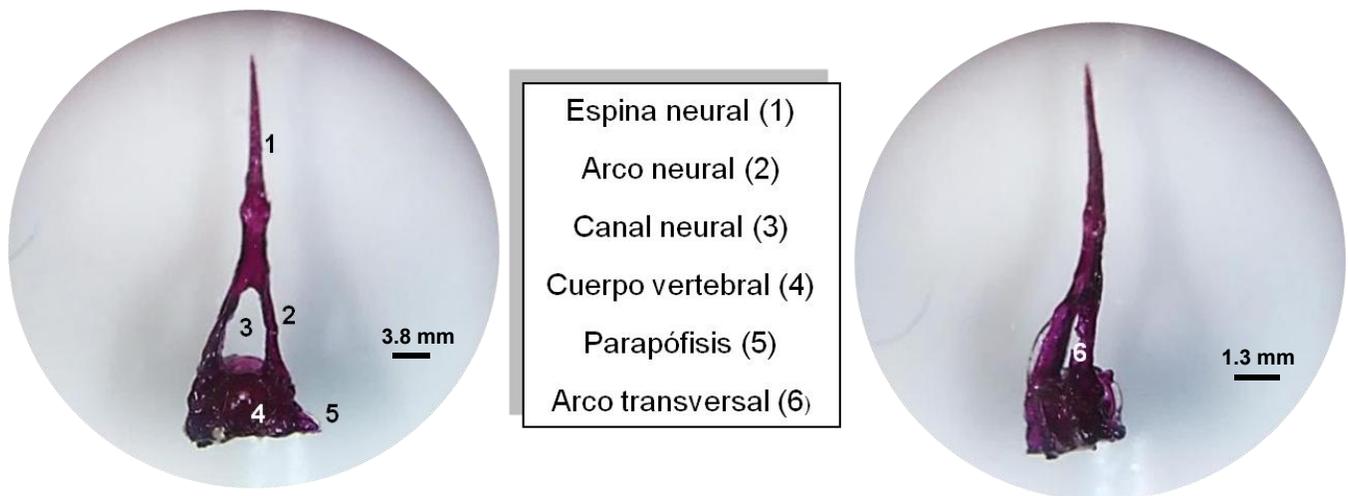


Fig. 11.4 Sexta vértebra torácica

a)

Vista dorsal (a) y vista lateral (b)

b)

La séptima vértebra tiene la espina neural muy alargada y delgada en general, acentuándose más en su parte apical, el arco neural también es ligeramente reducido, los procesos que forman los límites del arco también se observan de angosta complexión, ligeramente más osificado en su parte basal el del lado izquierdo, el canal neural es normal, el cuerpo vertebral o centrum es de forma redondeada y de un tamaño proporcional a las demás partes que conforman la vértebra, de la vértebra 5 a la 13 presentan parapófisis unidas al cuerpo vertebral como superficie articular para las costilla , en la Fig. 11.5 a), se aprecia de manera clara que la del lado izquierdo se observa con una bifurcación y en la imagen lateral (Fig. 11.5 b) se observa el arco transversal arriba del cuerpo vertebral como un pequeño orificio con un puente pequeño y delgado.

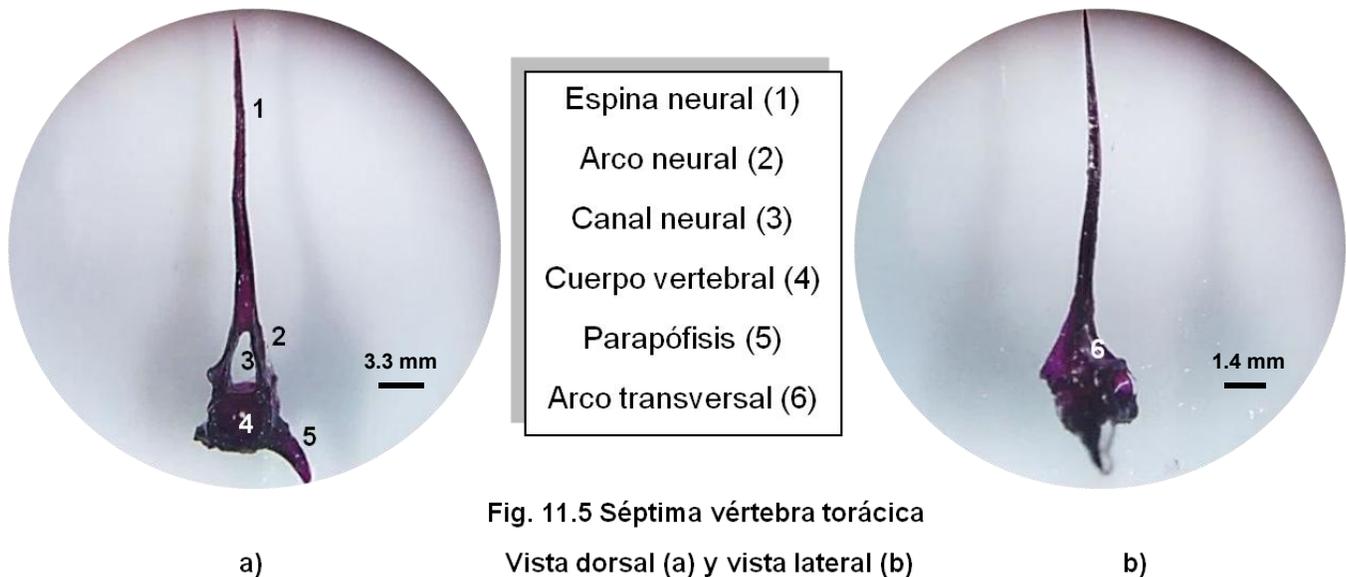


Fig. 11.5 Séptima vértebra torácica
 Vista dorsal (a) y vista lateral (b)

La doceava vértebra posee una espina neural muy alargada y su parte apical es muy afilada, el arco neural es estrecho y las estructuras óseas que delimitan el arco son delgadas, el canal neural es también reducido, se observa una pequeña abertura. El cuerpo vertebral es redondo y de un tamaño ligeramente pequeño respecto al resto de la vértebra, las parapófisis son normales a pesar de que en esta solo se aprecia la del lado izquierdo, posee un arco transversal justo por encima del cuerpo vertebral el cual se puede observar lateralmente (Fig. 11.6 b)

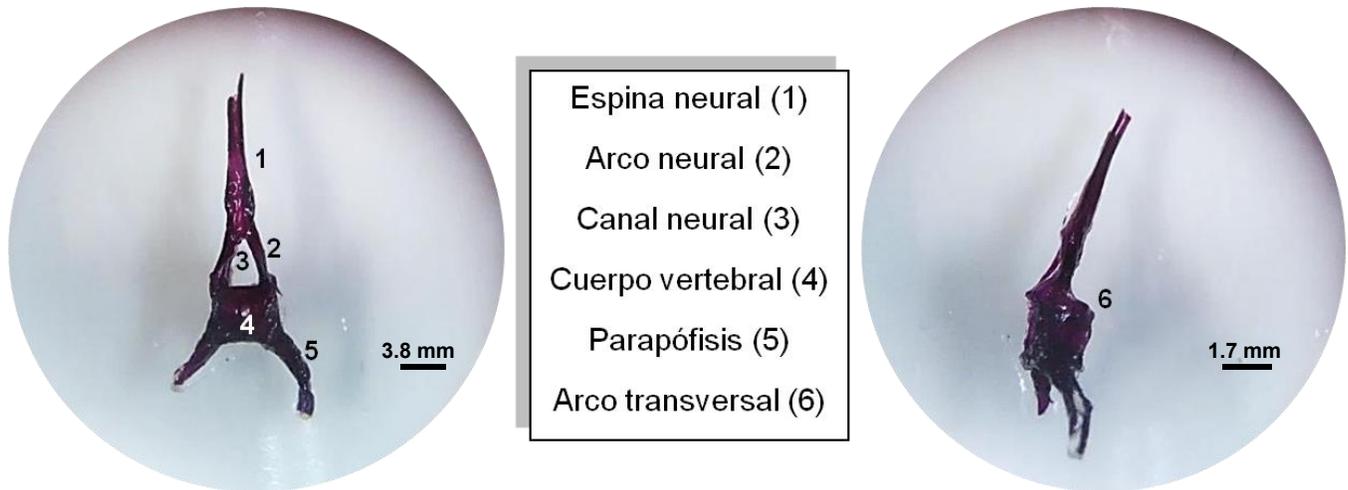


Fig. 11.6 Doceava vértebra torácica

a) Vista dorsal (a) y vista lateral (b) b)

La vértebra número dieciséis posee una espina neural astillada en su parte apical, el arco neural tiene estructuras muy delgadas, sin embargo el canal está bien abierto. El cuerpo vertebral es redondo y pequeño, ligeramente corto para estar homogenizado con el resto de la vértebra. El arco hemal también está bien formado y el canal está ligeramente deformado ya que posee una estructura como una espina que sale de su costado izquierdo, lo que hace que el arco se vea inclinado hacia ese lado. La espina hemal es gruesa y tiene su pared hemal, se orienta muy curvada hacia uno de los lados. La prezigapófisis se aprecia bien en vista lateral (Fig. 11.7 b) así como también la pared transversal.

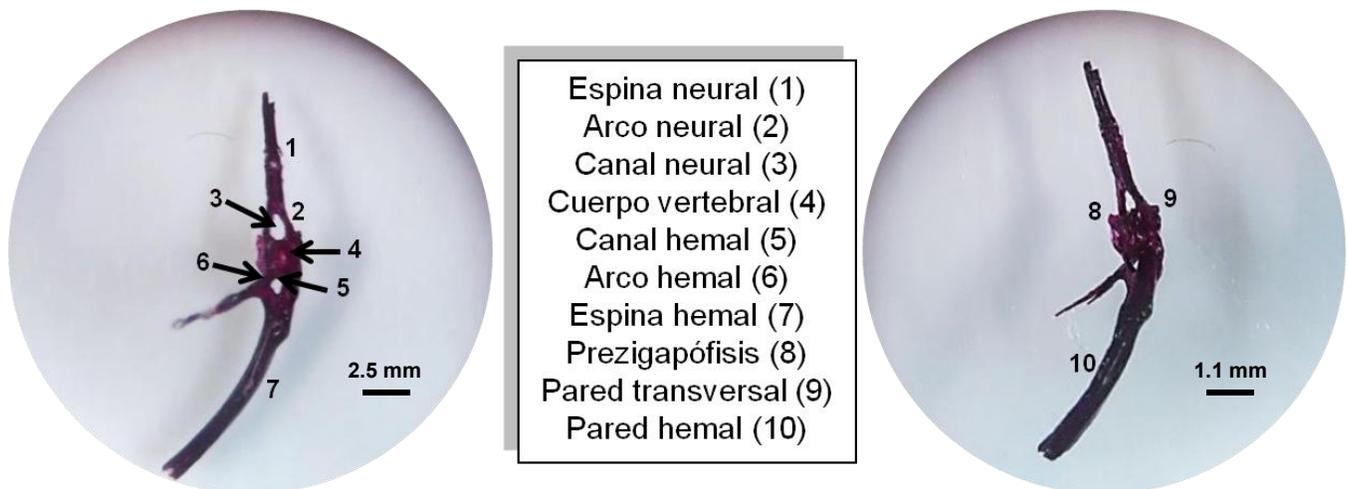
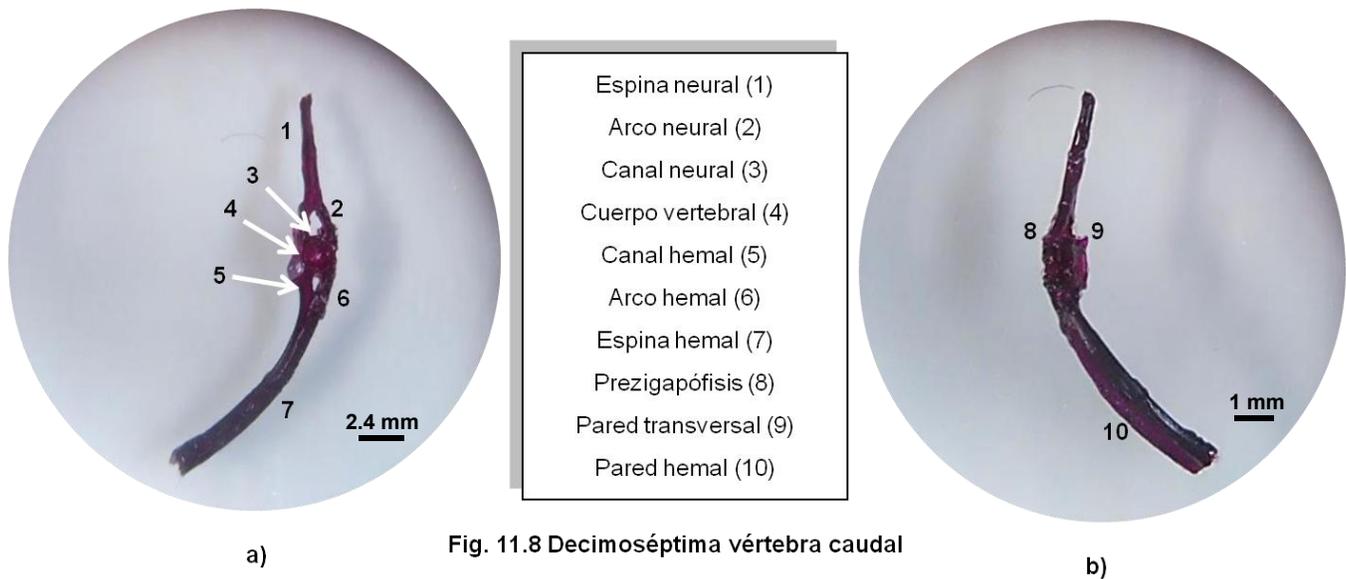


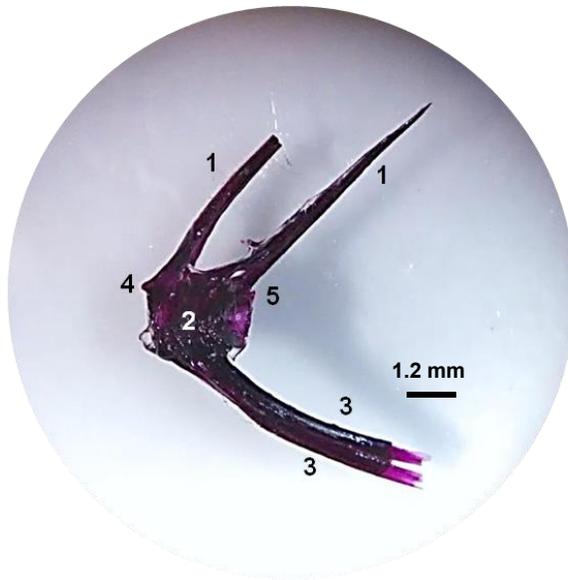
Fig. 11.7 Decimosexta vértebra torácica

a) Vista dorsal (a) y vista lateral (b) b)

La decimoséptima vértebra caudal tiene una espina neural larga que se aprecia bien osificada y gruesa, el arco neural está bien formado por sus estructuras delimitantes del canal neural, ambos son normales. El cuerpo vertebral es muy pequeño respecto al tamaño de la vértebra, lo que la hace ver no homogénea, el arco y canal hemal están bien definidos. La espina hemal es gruesa y tiene una pared hemal muy osificada, la espina es curva también y se orienta hacia uno de los lados. La prezigapófisis está bien definida y es fácil apreciarla en vista lateral (Fig. 11.8 b) y la pared transversal de igual manera es muy notoria sobre el cuerpo vertebral.



La decimonovena vértebra posee una bifurcación en las espinas neurales, posee dos en el mismo cuerpo vertebral, una más larga que otra y con una terminación apical distinta, siendo una más afilada que la otra, ambas se ven bien osificadas y se encuentran en los límites del cuerpo vertebral, también se observa claramente que la espina hemal está bifurcada, sin embargo ambas espinas están juntas, contrariamente a las neurales. Ambas se encuentran en la parte media del cuerpo vertebral. Se aprecia bien la prezigapófisis (Fig. 11.9 b).



- Espina neural (1)
- Cuerpo vertebral (2)
- Espina hemal (3)
- Prezigapófisis (4)
- Pared transversal (5)

Fig. 11.9 Decimonovena vértebra caudal bifurcada en las espinas neural y hemal

PEZ VARIEDAD PERLADO



Fig. 12. Ejemplar completo variedad perlado

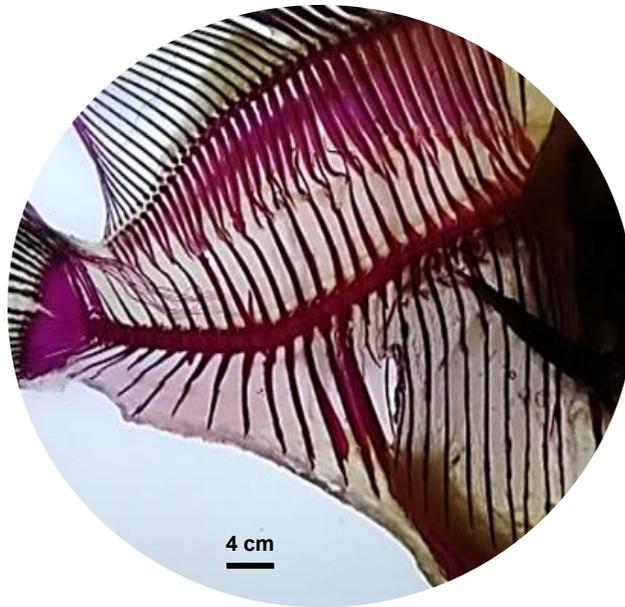
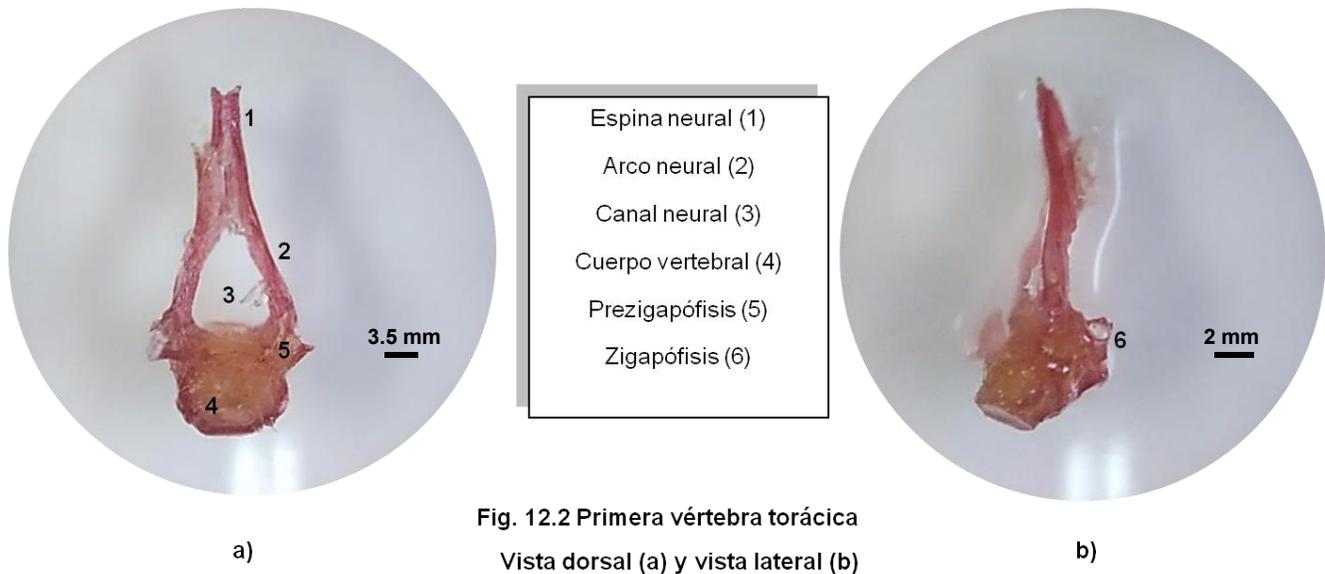


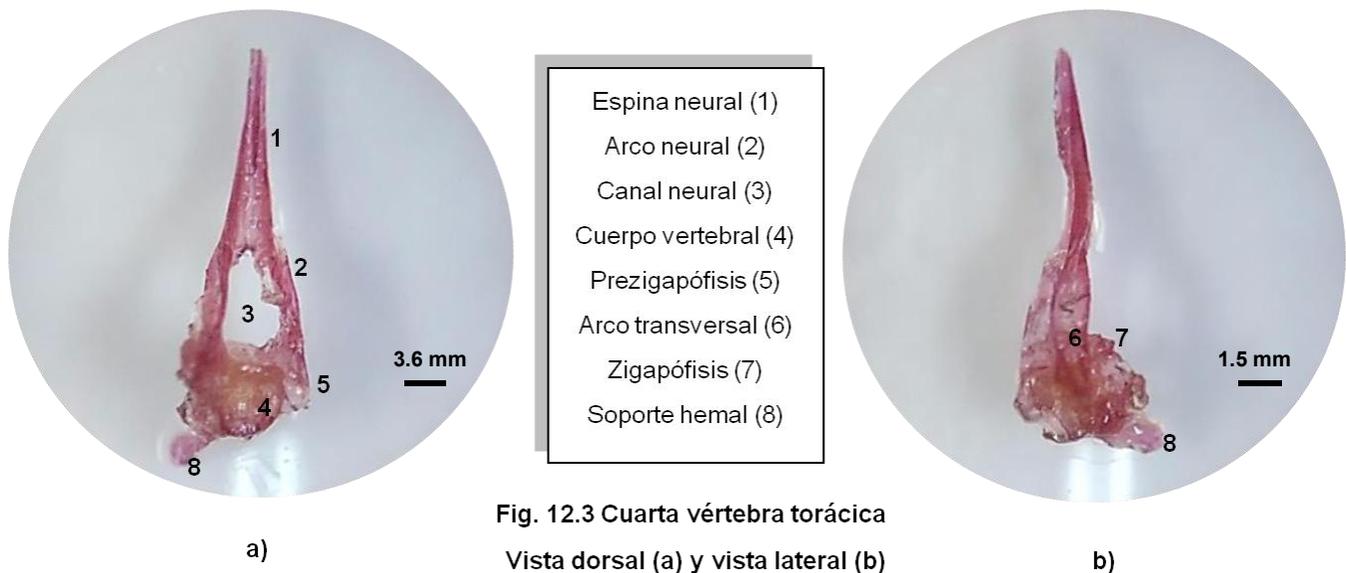
Fig. 12.1 Columna vertebral y costillas variedad perlado deforme

Tiene una columna constituida entre 25 a 28 vértebras, la segunda variedad más grande de las 5 estudiadas, el inicio de la columna (parte del neurocráneo) se encuentra aplanado longitudinalmente y no permite que se observe claramente el orificio neural, no se aprecia cuerpo vertebral. Las vértebras torácicas presentan un notorio adelgazamiento en su parte apical, así como poca osificación lo que las hace muy frágiles y quebradizas. Tiene las costillas muy alargadas y/o quebradizas que llegan hasta la zona visceral. (Fig. 12.1)

La primera vértebra torácica posee una espina neural no tan larga y de apariencia acanalada, su parte apical está astillada, el arco neural se aprecia delgado en sus márgenes, aunque bien osificado en sus límites, el canal neural se encuentra bien delimitado y es amplio. Las prezigapófisis son perceptibles (Fig. 12.2 a). El centrum o cuerpo vertebral es de forma redonda y grande, homogéneo al resto de la vértebra, además su orientación es hacia abajo, lo cual se aprecia en la vista lateral. La zigapófisis no se aprecia tan claramente en la imagen en vista lateral, se aprecia ligeramente abultada con lo que se puede deducir que la estructura está presente aunque parte del músculo todavía la recubre.



La cuarta vértebra torácica es alargada en su parte apical (espina neural) y también de apariencia acanalada, el arco neural se encuentra, delimitado por delgadas estructuras, una de ellas semi fracturada en la parte que conforma el límite del lado derecho, ambas forman un canal neural amplio. Las prezigapófisis son visibles con su borde terminado ligeramente en punta (Fig. 12.3 a) El centrum o cuerpo vertebral es ligeramente reducido, redondeado y homogéneo respecto al resto de la vértebra. En su parte basal posee una estructura denominada soporte hemal que lo diferencia de las primeras 3 vértebras con la misma forma, pero que en este ejemplar se orienta inclinado hacia el lado izquierdo cuando debería estar centrado (Fig. 12.3 a). La zigapófisis se aprecia de manera clara lateralmente (Fig. 12.3 b).



La sexta vértebra tiene la espina neural, su parte apical termina en una punta afilada, los procesos que forman los límites del arco neural se observan muy delgados e incluso se aprecia que son fácilmente deformables, es muy marcado en el lado derecho el cual presenta una curvatura hacia adentro lo que cierra el canal neural en su parte superior, el canal neural está abierto de manera adecuada en su parte basal, el cuerpo vertebral o centrum es de forma circular y de un tamaño reducido respecto a las demás partes que conforman la vértebra, de la vértebra 5 a la 13 presentan parapófisis unidas al cuerpo vertebral como superficie articular para las costillas, las cuales se observan muy largas y gruesas. Se observa un arco transversal por encima del cuerpo vertebral (Fig. 12.4 b).

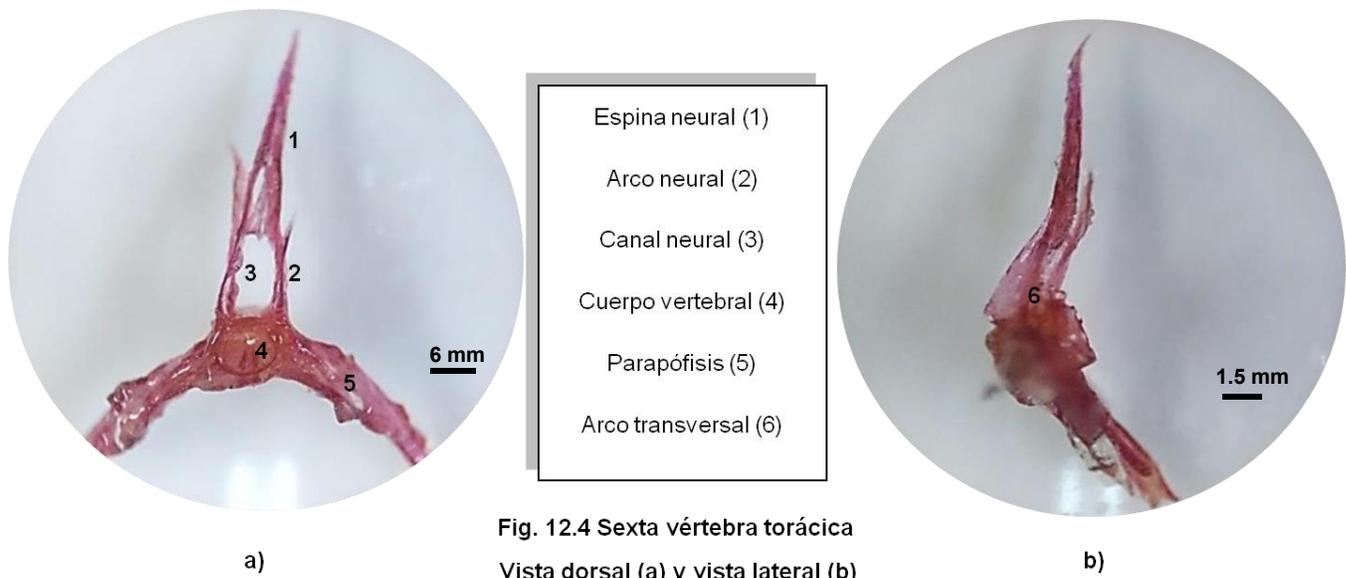


Fig. 12.4 Sexta vértebra torácica
Vista dorsal (a) y vista lateral (b)

La séptima vértebra tiene la espina neural muy alargada y delgada en general, tiene la apariencia de estar acanalada, el arco neural es reducido, los procesos que forman los límites del arco también se observan de complejión angosta, ligeramente, el canal neural es estrecho, el cuerpo vertebral o centrum es de forma redondeada y de un tamaño reducido respecto a las demás partes que conforman la vértebra, de la vértebra 5 a la 13 presentan parapófisis unidas al cuerpo vertebral como superficie articular para las costillas, la del lado derecho más engrosada que la del izquierdo (Fig. 12.5 a). Se observa el arco transversal arriba del cuerpo vertebral.

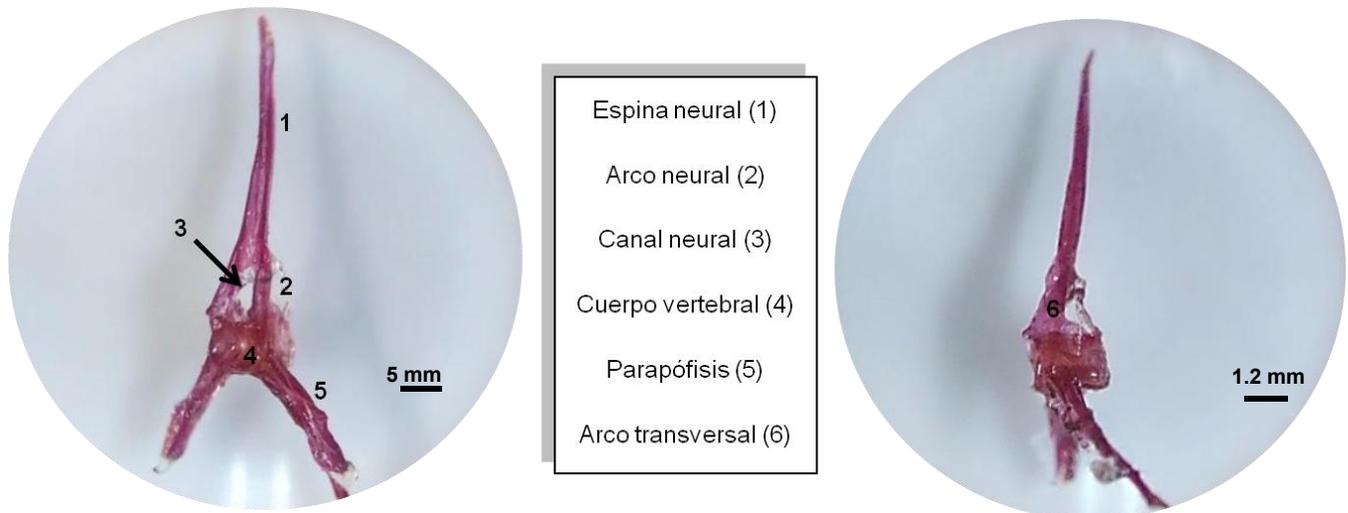


Fig. 12.5 Séptima vértebra torácica
Vista dorsal (a) y vista lateral (b)

La doceava vértebra posee una espina neural muy alargada y su parte apical es muy afilada, el arco neural es estrecho y las estructuras óseas que delimitan el arco son delgadas y muy cerradas entre sí, el canal neural es también reducido, se observa una pequeña abertura. El cuerpo vertebral es redondo y de un tamaño ligeramente reducido respecto al resto de la vértebra, las parapófisis son largas y gruesas, a pesar de que en esta solo se aprecia completa la del lado derecho, posee un arco transversal justo por encima del cuerpo vertebral el cual se puede observar lateralmente (Fig. 12.6 b)

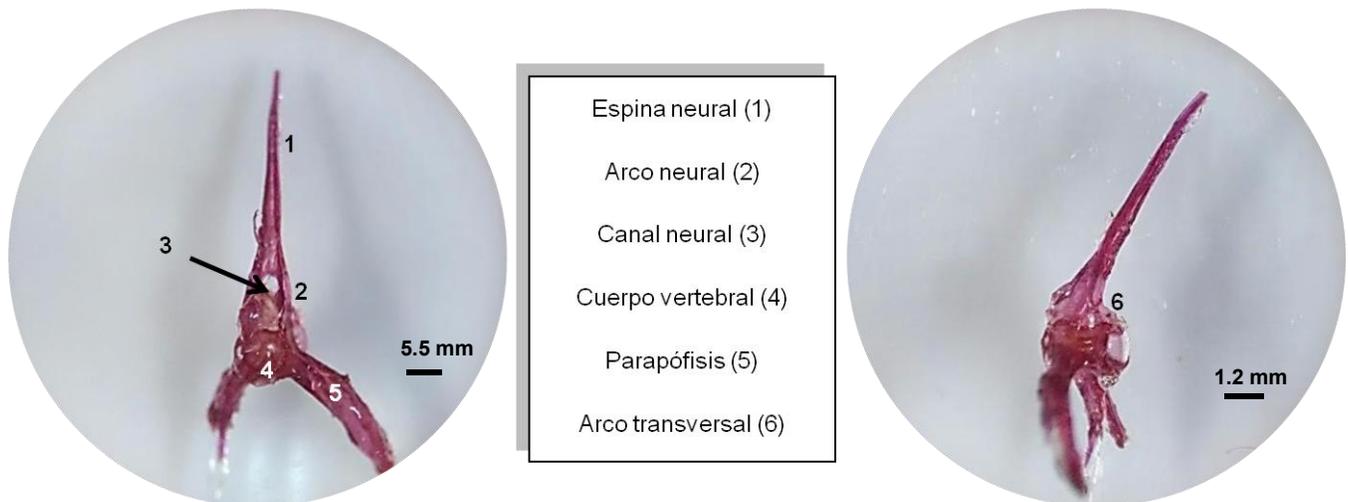


Fig. 12.6 Decimosegunda vértebra torácica
Vista dorsal (a) y vista lateral (b)

Las vértebras catorce a diecisiete poseen una pared hemal muy gruesa en las espinas hemales, todas están unidas entre sí por dicha estructura observándose una gran osificación, sobre todo en las espinas dieciséis y diecisiete (Fig. 12.7 b), las espinas neurales son muy largas. El canal neural y hemal son pequeños, el cuerpo vertebral es pequeño y de forma circular. Los arcos neurales y hemales bien definidos. Las prezigapófisis se pueden observar claramente en vista lateral (Fig. 12.7 b), así como las paredes transversales de las vértebras.

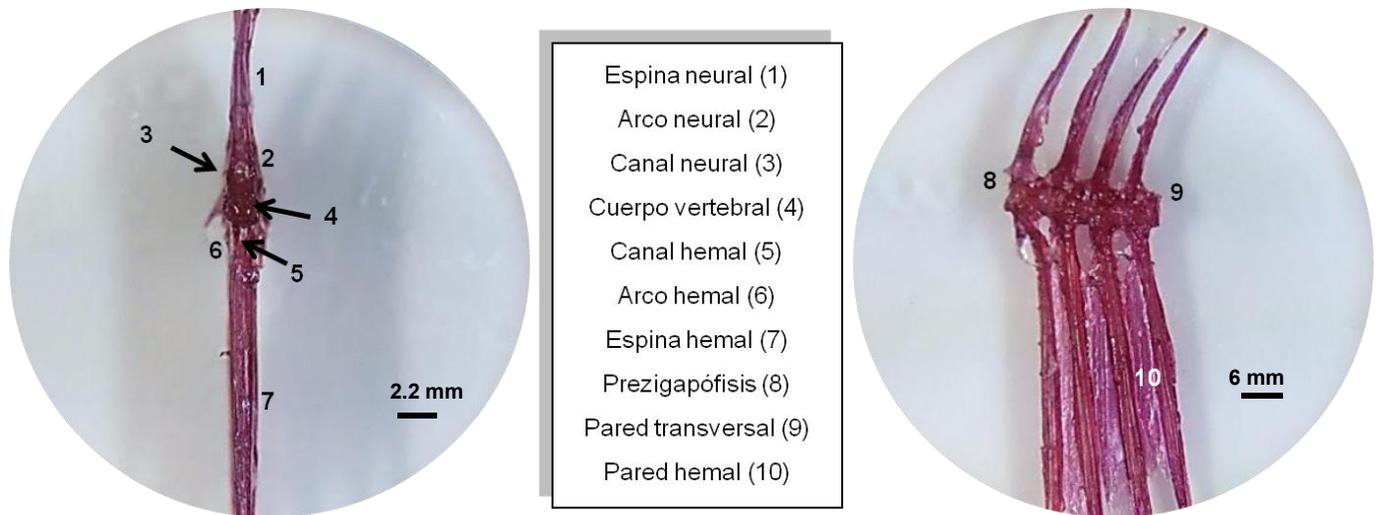
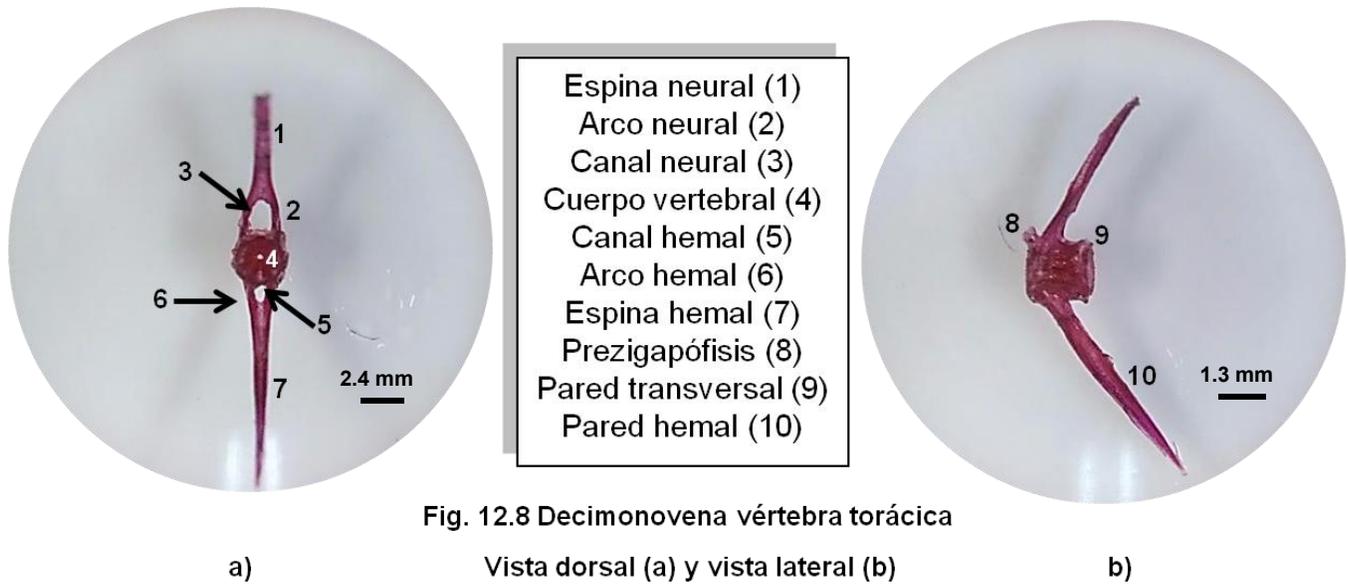
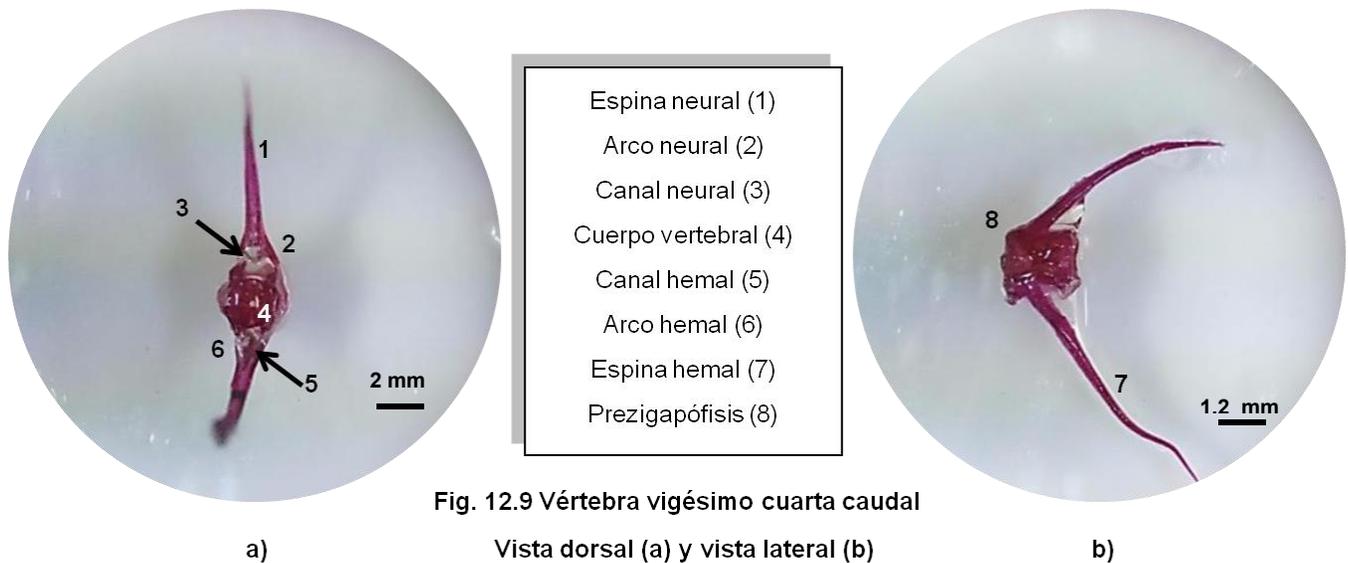


Fig. 12.7 Vértebras caudales catorce a diecisiete
Vista dorsal (a) y vista lateral (b)

La decimonovena vértebra posee una bifurcación en las espinas neurales, posee dos en el mismo cuerpo vertebral, una más larga que otra y con una terminación apical distinta, siendo una más afilada que la otra, ambas se ven bien osificadas y se encuentran en los límites del cuerpo vertebral, también se observa claramente que la espina hemal está bifurcada, sin embargo ambas espinas están juntas, contrariamente a las neurales. Ambas se encuentran en la parte media del cuerpo vertebral. Se aprecia bien la prezigapófisis (Fig. 12.8 b).



La vértebra vigésimo cuarta tiene su espina neural ligeramente orientada hacia abajo, es larga aunque se observa frágil, el arco y el canal neural se aprecian muy pequeños y en la imagen no se distinguen con claridad, el cuerpo vertebral es de forma circular y homogéneo al tamaño del resto de la vértebra, el canal y el arco hemal son aún más pequeños que los neurales y tampoco son visibles claramente en la imagen, la espina hemal está deformada ya que en su parte apical es serpenteante y se observa frágil también. No se observa bien la prezigapófisis en posición lateral, el cuerpo vertebral parece incompleto en la parte donde nace la espina hemal. (Fig. 12.9 b)



ALETA CAUDAL

A continuación se describen las estructuras que conforman las aletas caudales correspondientes a las 5 variedades de *Pterophyllum scalare*.

PEZ VARIEDAD PLATEADO

La espina neural se encuentra bifurcada en su parte basal, una parte es acortada y muy delgada en su parte apical, la otra parte es muy gruesa y alargada y sostiene el último radio que es acortado y se encuentra fuera de su lugar. La espina tiene su origen en la vértebra pleural en la que hay una marcada xifosis y no es posible observarla con claridad, no se aprecia tampoco la prezigapófisis, el urostilo tiene tendencia hacia los huesos hipurales y es muy notorio el engrosamiento y alargamiento de esta estructura. Las espinas hemales son rectas y la primera es más corta y la segunda más larga a causa de la xifosis, el hueso paripural se encuentra superpuesto con el hueso hipural número uno que es muy grueso, el cual debido también a la xifosis se encuentra rotado hacia la parte interior, el hueso hipural dos se encuentra superpuesto con el hipural tres, cerrando por completo la separación normal que debería existir entre los mismos. El hipural cuatro no es homogéneo en tamaño respecto al hipural uno que es simétricamente semejante, es menos ancho y ligeramente más alargado, el uroneural se aprecia separado en su parte basal del hipural cuatro, sin embargo en su parte apical se aprecia únicamente dividido por la línea que delimita a cada uno y es más ancho, enfatizándose en su parte apical aún más que los epurales. El epural uno no se observa en la imagen y el epural dos se ensanchó a modo de compensación. La aleta caudal posee en total catorce radios los cuales están distribuidos de la siguiente manera: cuatro en el hueso hipural uno, uno en el hipural tres, cinco en el hipural cuatro, dos en el uroneural y dos en el epural dos.

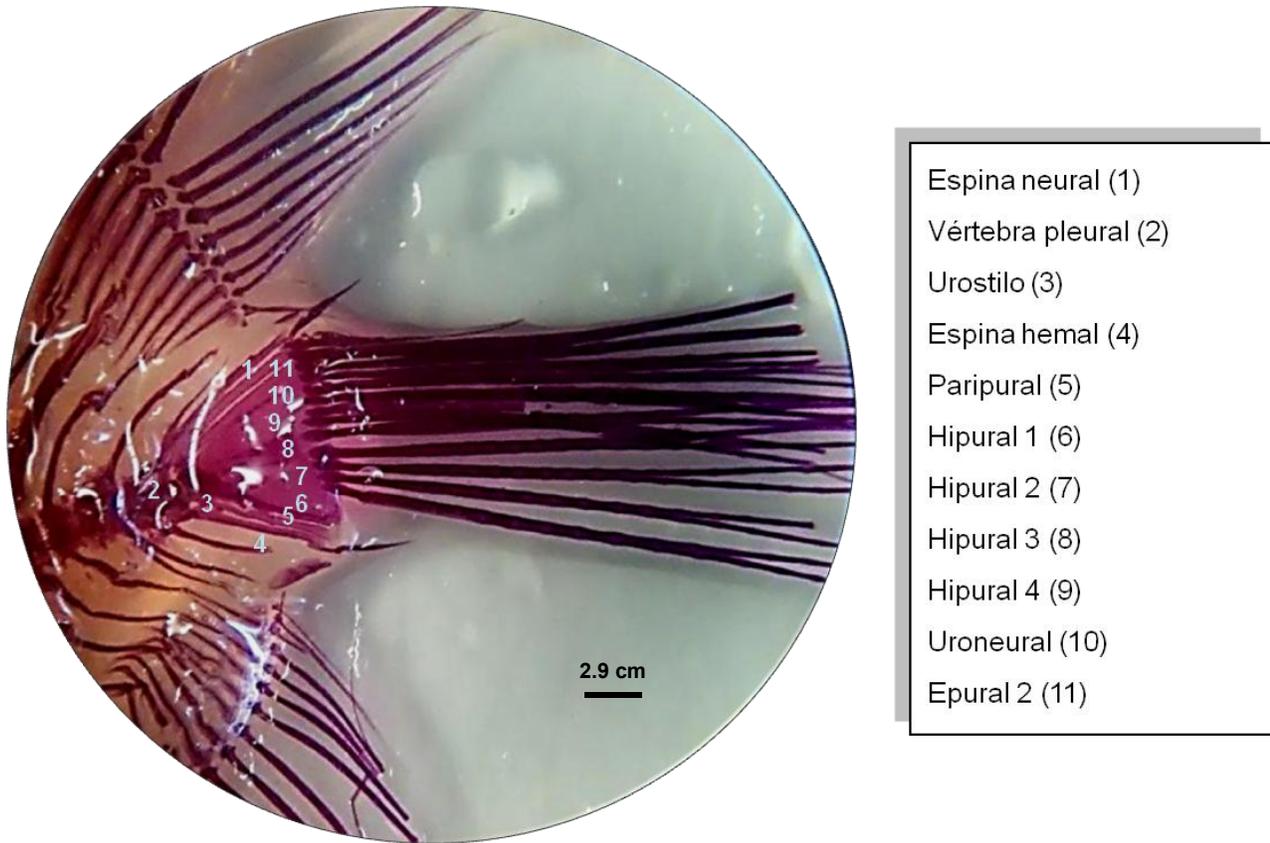


Fig. 13. Aleta caudal variedad plateado

PEZ VARIEDAD ALBINO

La espina neural se encuentra muy engrosada y corta respecto a las hemales, en su parte basal se observa una bifurcación que termina en distintas vértebras. La espina tiene su origen en la vértebra pleural en la que hay una marcada lordosis, se aprecia la prezigapófisis grande y muy osificada, el urostilo tiene tendencia hacia los huesos epurales. Las espinas hemales se encuentran entrecruzadas una con la otra ya que su base se origina de vértebras contrarias a la posición de tienen en su parte superior, la primera es muy gruesa, mientras que la segunda es más delgada, ambas muy largas, en la base se aprecia un engrosamiento y una pared que podría hacerlas parecer fusionadas, sin embargo conforme se observa su parte media y su parte superior se ven claramente separadas, el hueso paripural se observa ligeramente separado en su parte basal de la vértebra, es de compleción gruesa y dada la lordosis en ese segmento de la columna se encuentra separado del hueso hipural número uno, el cual no es

muy grueso, el hueso hipural dos se encuentra junto con el uno y únicamente se observa la línea de sus bordes separándolos. La separación entre el hipural dos y tres se observa claramente y este último es delgado, aunque bien osificado. El hipural cuatro se ve de un tamaño homogéneo respecto a su parte simétrica que es el hipural uno, el uroneural está muy osificado en la parte basal y fuera de su lugar respecto a la vértebra que lo origina, en su parte apical está acortado y es muy delgado con una terminación en punta. El epural uno está curvado opuesto hacia los demás huesos antes mencionados, también es más grueso en su parte apical, esto provoca una abertura en esta región junto con el epural dos que se encuentra en la misma posición y está fisurado en su parte basal, que no corresponde al modelo sin deformaciones. La aleta caudal posee en total veinte radios los cuales están distribuidos de la siguiente manera: tres en el paripural, cuatro en el hueso hipural uno, tres en el hipural dos, tres en el hipural tres, seis en el hipural cuatro y uno en el epural dos.

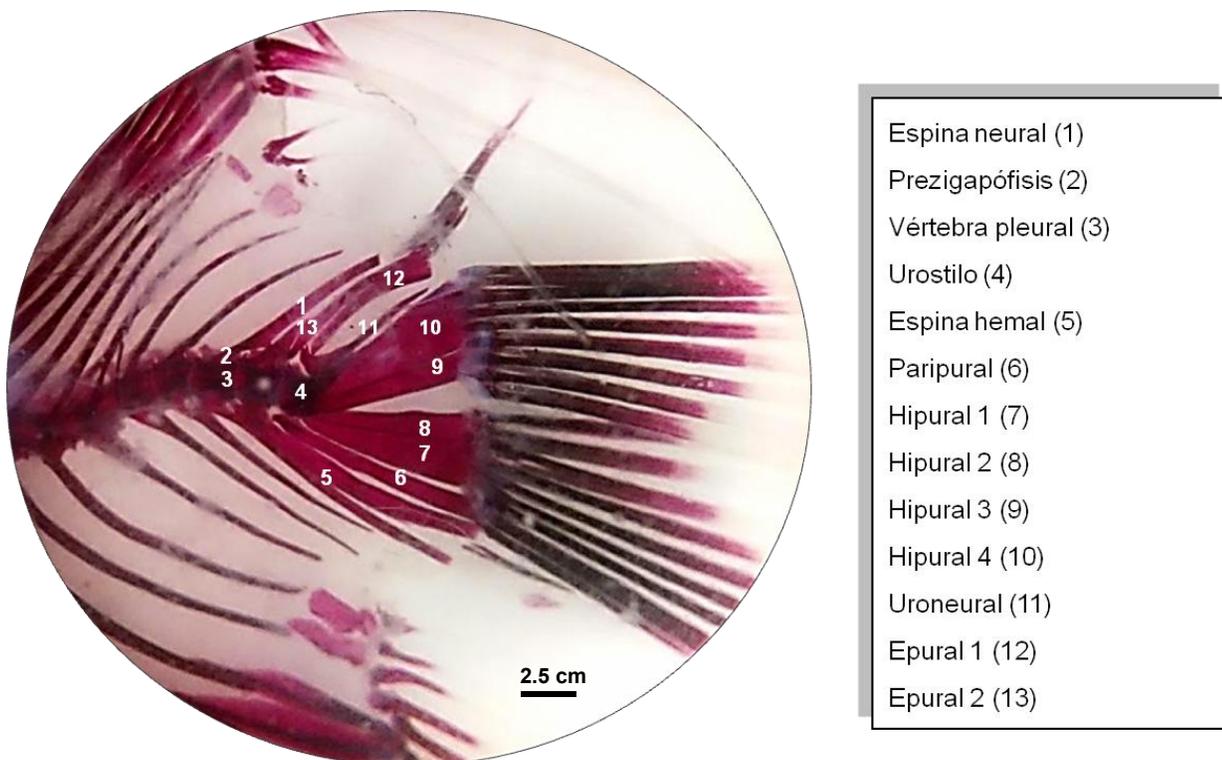


Fig. 13.1 Aleta caudal variedad albino con escoliosis en la parte final de la columna

PEZ VARIEDAD NEGRO

La espina neural es recta y muy larga, saliendo incluso del borde que da origen a los radios, se aprecia bien osificada, tiene su origen en la penúltima vértebra, en su parte basal se observa la prezigapófisis, así como también se observa la correspondiente a la vértebra pleural, se observa ligeramente más pequeña que la precedente. El urostilo tiene tendencia hacia los huesos epurales, se aprecia que está más alargado de lo normal. La primer espina hemal es de complejión delgada y es larga, la segunda espina es más gruesa y presenta una pared en su parte media dirigida a la espina anterior, el hueso paripural se observa ligeramente curvado en su parte basal y se ubica junto al hipural uno, únicamente diferenciados entre sí por el borde que es de una tonalidad ligeramente más oscura que el resto de la estructura, el hueso hipural uno es de complejión mediana cuyo origen proviene del urostilo, el hipural dos se encuentra junto con el uno y de igual manera al anterior únicamente se observa la línea de sus bordes separándolos. El espacio de separación entre el hipural dos y tres se observa muy pequeño y está cerrado completamente en su parte basal. El tercer hipural se encuentra ligeramente acortado debido a que está mínimamente rotado de su posición original y por ello también son los bordes los que permiten la diferenciación de este hueso con el número cuatro, este último es de un tamaño no homogéneo respecto a su parte simétrica que es el hipural uno, el uroneural está muy osificado en la parte basal y se observa una unión con el urostilo, el hueso se aprecia ligeramente superpuesto al hipural cuatro. El epural uno está también movido de su posición original ya que existe una fractura en la estructura basal por debajo de este y se dirige hacia el uroneural, acercándose más en su parte apical y en donde parece haber una fusión con el epural dos que tiene la misma situación que el uno respecto a la posición, está muy curvado en su parte inferior y se dobla hacia el epural uno. La aleta caudal posee en total diecinueve radios los cuales están distribuidos de la siguiente manera: dos en la espina hemal, dos en el paripural, cuatro en el hueso hipural uno, dos en el hipural dos, dos en el hipural tres, cinco en el hipural cuatro, uno en el uroneural y uno en el epural uno.

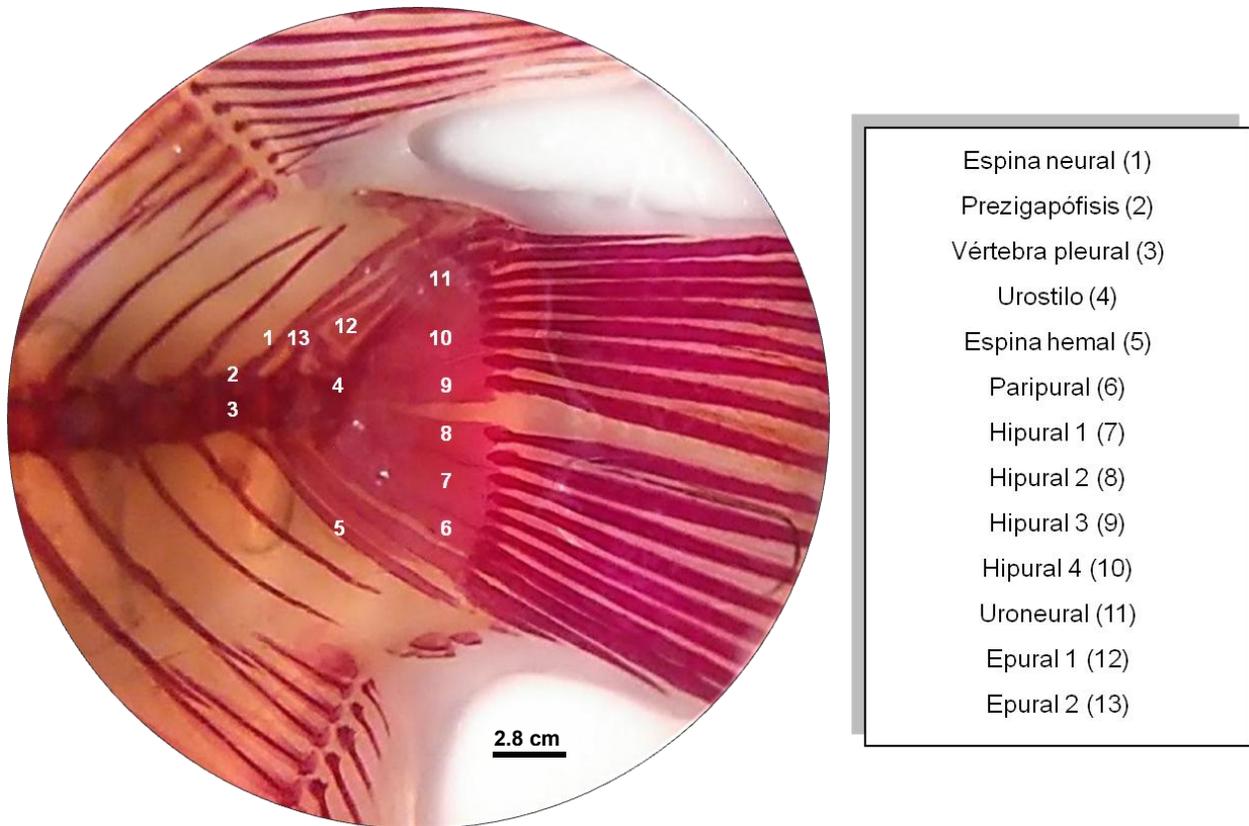


Fig. 13.2 Aleta caudal variedad negro con alteración en espina neural y epurales

PEZ VARIEDAD HALFBLOCK

La espina neural es muy delgada y con una descalcificación en su parte apical ya que el colorante no se observa homogéneo en toda la estructura, tiene su origen en la penúltima vértebra, en su parte basal apenas se observa la prezigapófisis correspondiente a la vértebra pleural, se aprecia una estructura basal bifurcada y muy osificada. La vértebra pleural se observa ligeramente ensanchada donde se originan las espinas neurales y hemales. El urostilo tiene tendencia hacia los huesos epurales. La primer espina hemal es de compleción delgada y es larga, igualmente menos osificada en su parte apical, la segunda espina es más gruesa y se aprecia ligeramente acortada debido a la falta de osificación en ese fragmento del hueso, el paripural se observa recto y se ubica junto al hipural uno, separados entre sí por un pequeño espacio entre sus bordes, el hueso hipural uno es de compleción mediana, el hipural dos se encuentra junto con el uno y únicamente se observa la línea de sus bordes

separándolos. El espacio de separación entre el hipural dos y tres se aprecia bien delimitado. El tercer hipural se encuentra muy osificado en su parte apical y en su parte basal se encuentra incompleto, además de que posee una pared triangular en su parte media que resalta que el hueso no está bien formado. El número cuatro también es de mediana complejión y este es de un tamaño homogéneo respecto a su parte simétrica que es el hipural uno, el uroneural está muy osificado y se aprecia separado del hipural cuatro por un pequeño espacio entre ellos que se enfatiza en su parte media. El epural uno se aprecia claramente con la descalcificación en su parte apical y el epural dos que tiene la misma situación que el uno respecto a la diferencia de la tonalidad en la parte apical también incluye su parte media. La aleta caudal posee en total veinte radios los cuales están distribuidos de la siguiente manera: uno en la espina hemal uno, dos en la espina hemal dos, dos en el paripural, cuatro en el hueso hipural uno, uno en el hipural dos, uno en el hipural tres, seis en el hipural cuatro, uno en el uroneural, uno en el epural uno y uno en el epural dos.

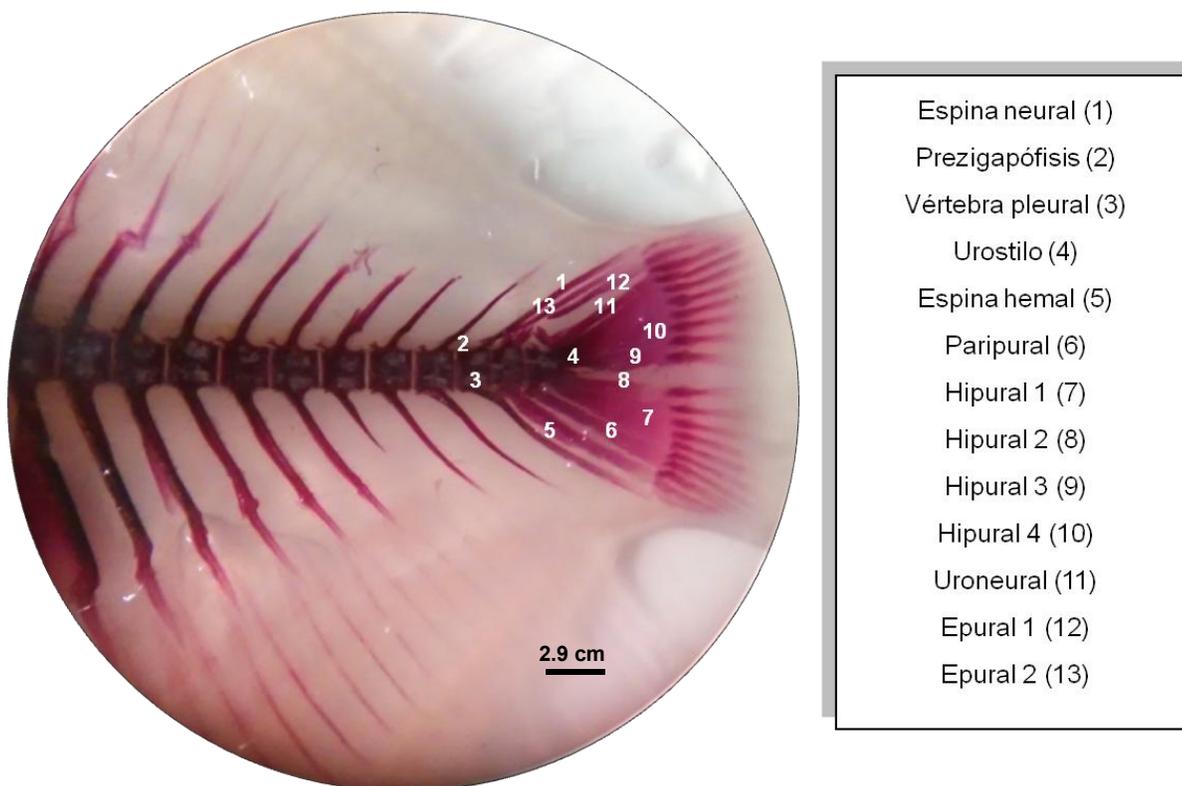
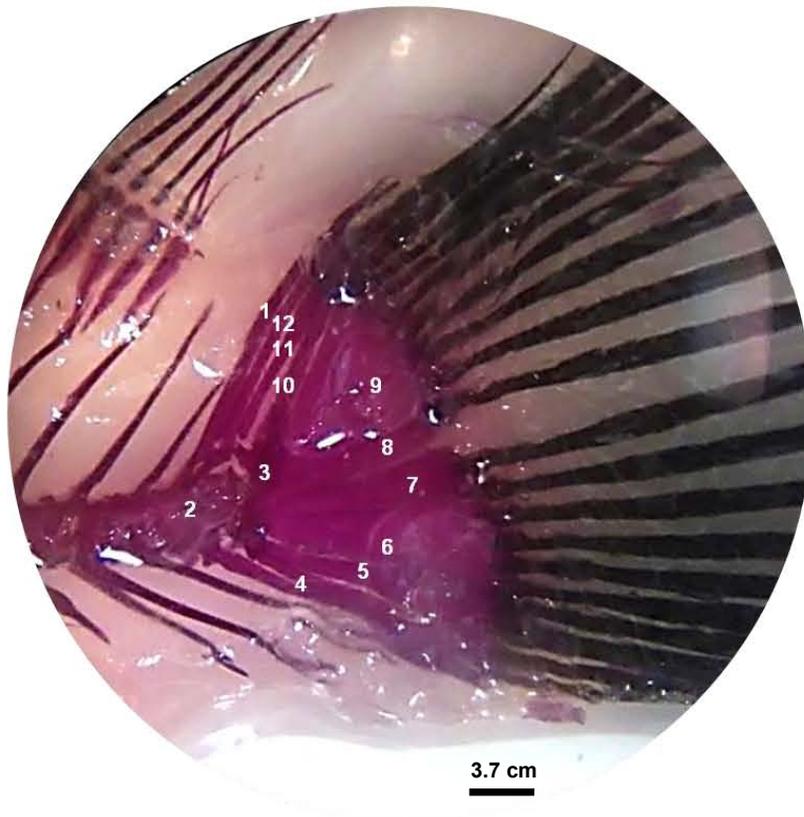


Fig. 13.3 Aleta caudal variedad halfblack con deformación en espinas neurales y hemales

PEZ VARIEDAD PERLADO

La espina neural es larga y gruesa, se aprecia bien osificada, en su parte basal se observa una bifurcación con el hueso epural dos, tienen ambos su origen en la vértebra pleural, no se observa la prezigapófisis, únicamente se distingue una estructura basal bifurcada y curvada de la que salen ambos huesos. La vértebra pleural se observa posicionada más abajo que el urostilo, se denota una pequeña xifosis en la parte terminal de la columna. El urostilo tiene tendencia hacia los huesos epurales. La primer espina hemal es de complejión gruesa y es larga, se fusiona con la segunda espina hemal en su parte apical, la cual a su vez se bifurca y la otra parte conforma el hueso paripural que se observa curvado hacia el hipural uno compartiendo su base, ambos huesos son separados entre sí por un apenas visible espacio entre sus bordes, el hueso hipural uno es de complejión mediana, ligeramente más alargado que el resto de los hipurales, el hipural dos es grueso y se encuentra junto con el uno y únicamente se observan los límites de sus bordes separándolos, además de que es más corto que el uno. La separación entre el hipural dos y tres no se aprecia claramente en la imagen. El tercer hipural se encuentra bien osificado y es más delgado que el segundo, el número cuatro es grande y su tamaño no es homogéneo respecto a su parte simétrica que es el hipural uno, el uroneural está muy osificado, se observa una estructura extra como si fuese una bifurcación y entre ambas hay un espacio claramente visible, ambas se aprecian muy osificadas al igual que su parte basal. El epural uno se aprecia claramente aunque está separado del dos, el cual es delgado y se fusiona con la espina neural. La aleta caudal posee en total veinte radios los cuales están distribuidos de la siguiente manera: uno en la espina hemal uno, uno en la espina hemal dos, tres en el paripural, cuatro en el hueso hipural uno, uno en el hipural dos, uno en el hipural tres, seis en el hipural cuatro, uno en el uroneural, uno en el epural uno y uno en el epural dos, este último muy corto.



- Espina neural (1)
- Vértebra pleural (2)
- Urostilo (3)
- Espina hemal (4)
- Paripural (5)
- Hipural 1 (6)
- Hipural 2 (7)
- Hipural 3 (8)
- Hipural 4 (9)
- Uroneural (10)
- Epural 1 (11)
- Epural 2 (12)

Fig. 13.4 Aleta caudal variedad perlado con un ligera xifosis en la parte final de la columna e hipurales deformes

ALETA DORSAL

Enseguida se describen las aletas dorsales de las 5 variedades de pez ángel y sus estructuras basales en las 5 variedades de *P. scalare*.

PEZ VARIEDAD PLATEADO



Fig. 14. Aleta dorsal y pterigóforos neurales variedad plateado

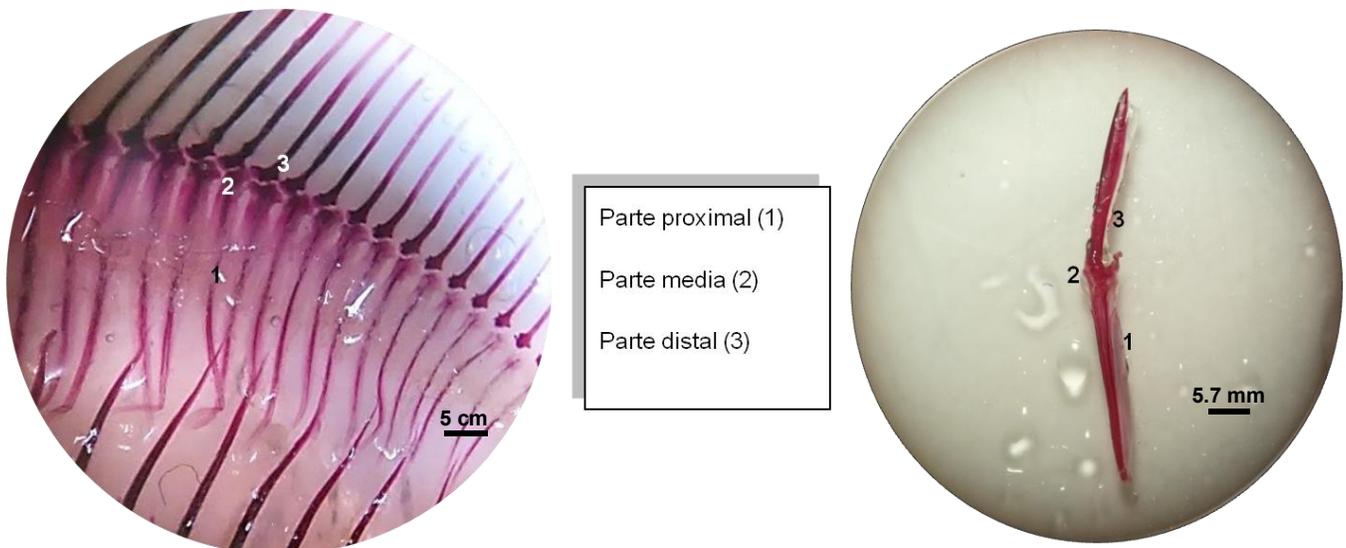


Fig. 14.1 Pterigóforos neurales desfasados en su acomodo en relación con sus espinas neurales

Pterigóforos neurales

La variedad plateada tiene entre 33 y 35 pterigóforos que abarcan desde la segunda espina neural hasta la veintitrés, los dos primeros son los supraneurales entre la cresta supraoccipital y el primer pterigóforo, se encuentran sueltos muy separados del resto. Del primero al octavo son impares y muy largos, tienen una pared delgada en ambos lados de la estructura y se ubican unidos a su espina neural correspondiente, el pterigóforo número nueve es más grueso que los ocho anteriores, es curvo y la pared engrosada que presenta se orienta hacia el número diez, este se encuentra también curvado aunque del lado opuesto al pterigóforo anterior. Del primero al decimocuarto son pterigóforos no pareados, a partir del decimoquinto comienzan a aparecer pareados, el onceavo ya es más delgado en su parte proximal y así continúan el resto de los pterigóforos, el decimoséptimo se encuentra impar y el décimo octavo nuevamente vuelve a ser par, lo que denota la división de la parte precaudal y caudal. El último par de pterigóforos se encuentra muy abierto con respecto a su espina neural correspondiente y son más cortos y delgados que el resto. Los pterigóforos presentan sus 3 huesos y están en posición normal para dar origen a la aleta dorsal.

Aleta Dorsal

Está conformada por treinta y cuatro radios, de los cuales once son radios espinosos bien osificados que poseen una forma de escalera (de aquí que se le asignó al organismo el nombre de escalar) y 23 radios blandos que conforman el resto de la aleta que se observa completa y asociada con sus soportes internos.

PEZ VARIEDAD ALBINO

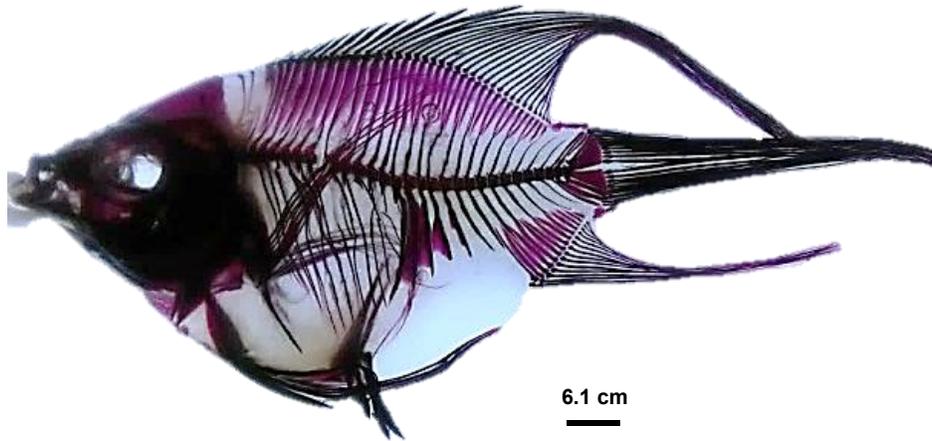


Fig. 14.2 Aleta dorsal y pterigóforos neurales variedad albino

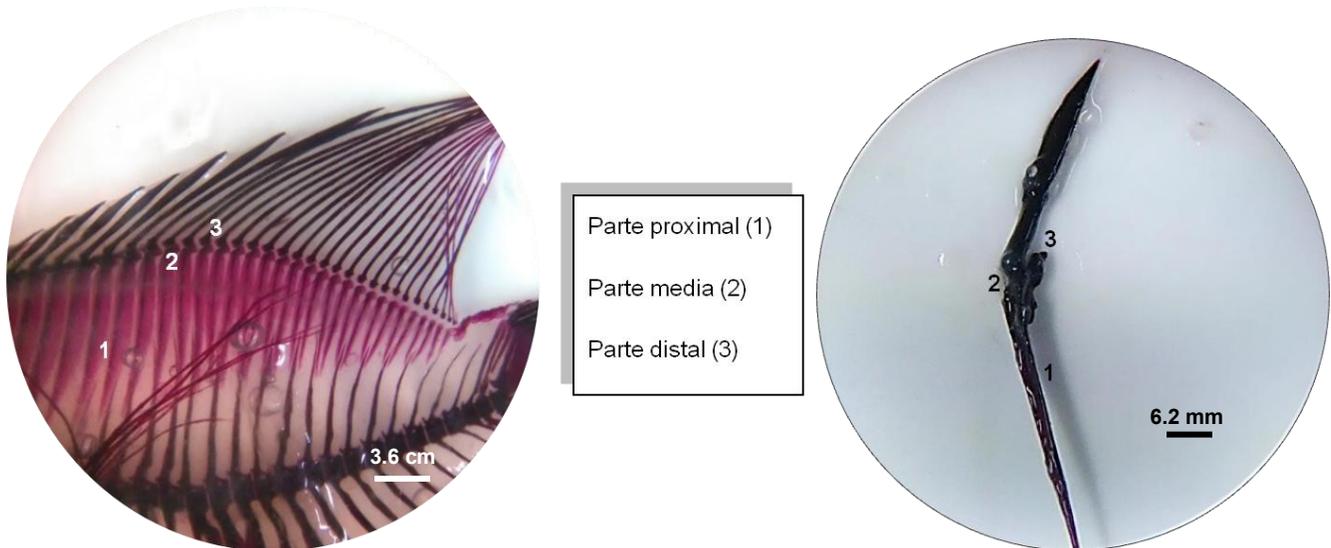


Fig. 14.3 Pterigóforos neurales variedad albino con números impares asociados a espinas neurales

Pterigóforos neurales

La variedad albino tiene entre 30 y 35 pterigóforos que abarcan desde la segunda espina neural hasta la veinticuatro, los dos primeros son los supraneurales entre la cresta supraoccipital y el primer pterigóforo, su forma basal es serpenteante, se encuentran sueltos muy separados del resto. El primer pterigóforo está incompleto, el fragmento que abarca entre la parte proximal superior y el hueso medio está muy osificado y conforme descende a la parte inferior de la parte proximal se adelgaza mucho y se aprecia una fractura que separa a

la estructura en dos. El segundo y tercero forman un par, sin embargo también se integra la parte proximal del primero y esto denota una espina neural con 3 pterigóforos asociados. El quinto pterigóforo posee paredes en sus bordes muy osificadas, lo que lo hace destacar en grosor del resto. El séptimo pterigóforo también está ligeramente más engrosado que los demás y la punta que lo une a su espina neural está deformada como un rayo, el noveno no está asociado a ninguna espina dado que una vértebra se encuentra ausente. La cuarta espina tiene su par de pterigóforos, el segundo, tercero y del quinto al decimoquinto son impares, con paredes muy gruesas y largos. A partir del decimosexto forman pares y muy largos, tienen una pared delgada en ambos lados de la estructura y se ubican unidos a su espina neural correspondiente. La espina neural decimonovena tiene su par de pterigóforos fuera de lugar ya que ambos se encuentran del lado derecho, la vigésimo cuarta espina tiene su par de pterigóforos en su lado izquierdo y el último es mucho más corto que su par. Los pterigóforos presentan sus 3 huesos y están en posición normal para dar origen a la aleta dorsal, sin embargo conforme se acerca a la parte final de la aleta se ven separados los huesos distales de los medios.

Aleta Dorsal

Está conformada por treinta y seis radios, de los cuales doce son radios espinosos bien osificados que poseen una forma de escalera (de aquí que se le asignó al organismo el nombre de escalar) y veinticuatro radios blandos que conforman el resto de la aleta que se observa completa, aunque discontinua en su asociación con sus soportes internos en la parte final.

PEZ VARIEDAD NEGRO



Fig. 14.4 Aleta dorsal y pterigóforos neurales variedad negro afectados por lordosis

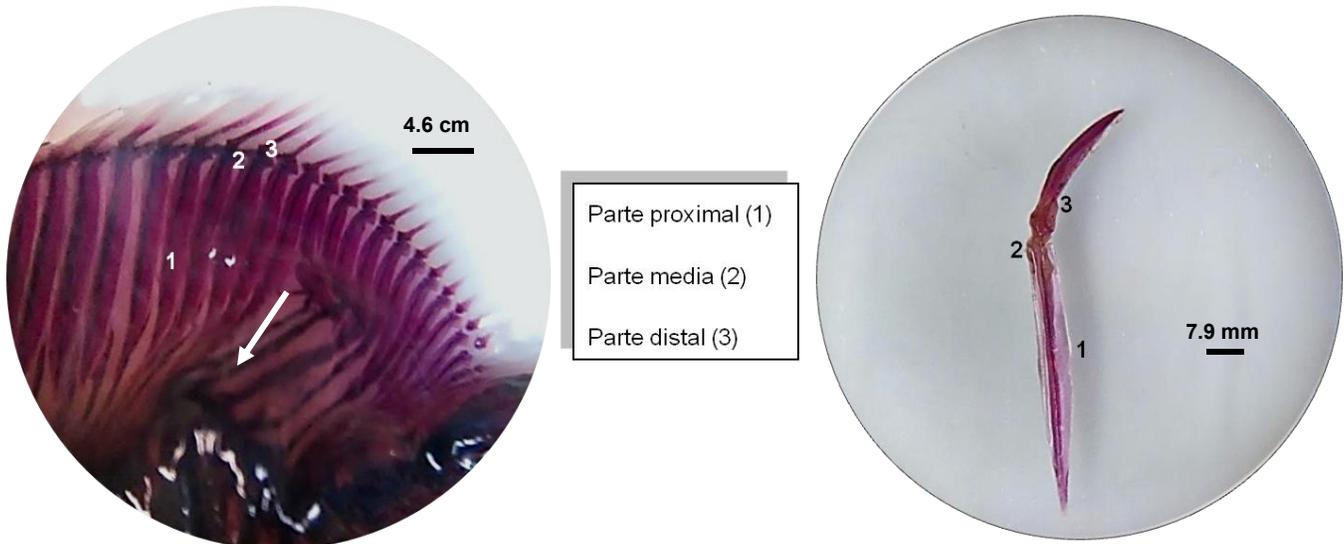


Fig. 14.5 Pterigóforos neurales variedad negro con lordosis marcada en la columna, deformación y engrosamiento de parte proximal de estructuras

Pterigóforos neurales

La variedad negro tiene entre 28 y 32 pterigóforos que abarcan desde la segunda espina neural hasta la diecinueve que es la última que se aprecia aunque no con claridad debido a la escoliosis tan marcada que presenta, los dos primeros son los supraneurales entre la cresta

supraoccipital y el primer pterigóforo, son forma muy largos y se encuentran muy separados del resto. El primer y segundo pterigóforo se encuentran del lado izquierdo de la segunda espina neural lo que los define como par pero en una incorrecta posición, el tercero y el cuarto forman otro par, este último es muy grueso con una pared que se distribuye desigual y se enfatiza en el borde derecho de la estructura. El sexto se bifurca, ya que comparte un mismo hueso medio y distal pero posee dos proximales, el noveno también se observa muy grueso, sobre todo en la parte distal superior. La mayoría de las espinas se muestran con un solo pterigóforo y todos son gruesos. La decimotercera se observa con un par de pterigóforos, la décimo cuarta posee únicamente uno que se considera la separación entre la región pre caudal y caudal, el decimosexto vuelve a tener par. En los demás no es posible apreciar con claridad cómo están ubicados con su espina neural debido a la deformación de la columna vertebral. Los pterigóforos presentan sus 3 huesos, los medios se encuentran completamente horizontales, sin embargo, están en posición normal para dar origen a la aleta dorsal. Conforme se acerca la parte final de la aleta se observa uno muy separado de su hueso distal.

Aleta Dorsal

Está conformada por veinticinco radios, de los cuales siete son radios espinosos bien osificados aunque no coloreados completamente, que poseen una forma de escalera (de aquí que se le asignó al organismo el nombre de escalar) y dieciocho radios blandos que conforman el resto de la aleta que se observa completa, aunque discontinua.

PEZ VARIEDAD HALFBLACK

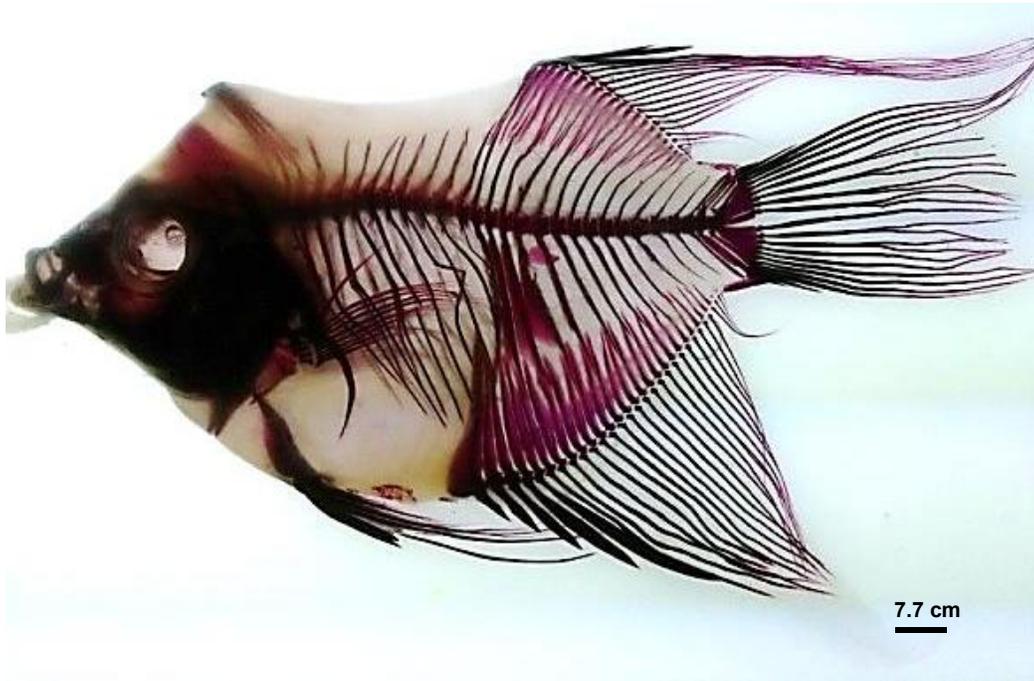


Fig. 14.6 Aleta dorsal y pterigóforos neurales variedad halfblack con estructuras incompletas y deformes

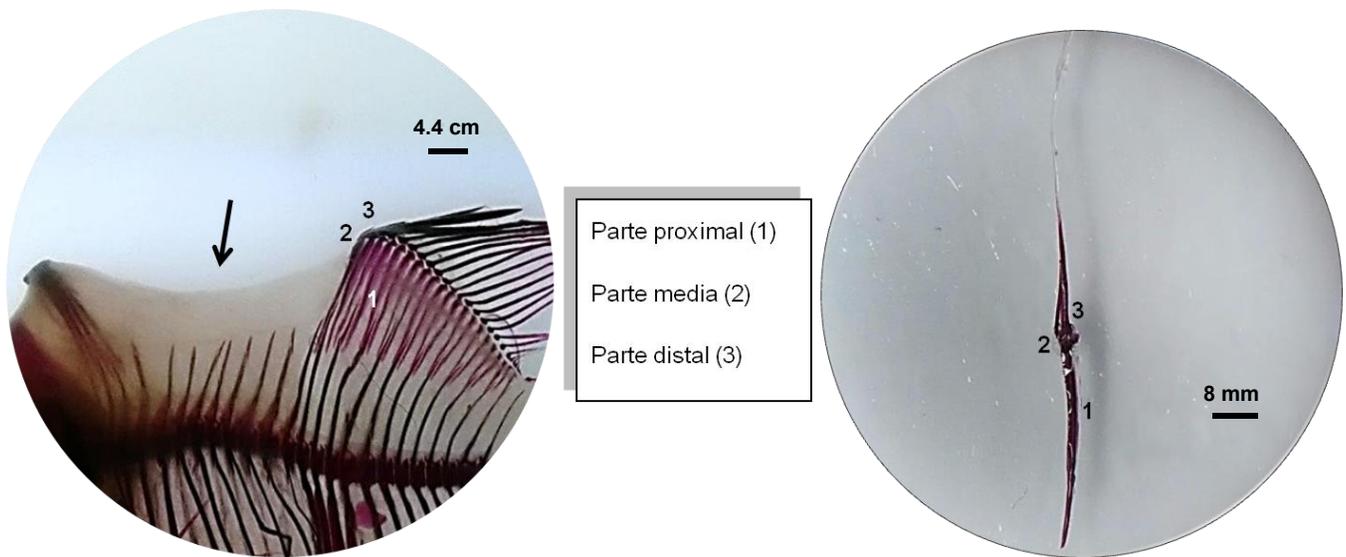


Fig. 14.7 Pterigóforos neurales variedad halfblack con la mitad de la estructura ausente y el resto en su parte proximal muy largos y delgados

Pterigóforos neurales

La variedad halfblack tiene entre 25 y 30 pterigóforos que abarcan desde la primera espina neural hasta la veintitrés que es la última que se posee pterigóforo y es únicamente uno. Las espinas neurales uno y dos poseen un solo pterigóforo que no posee hueso medio ni distal y no conectan con ningún radio. La tercera espina presenta su par de pterigóforos que tampoco conectan con ningún radio de la aleta. De la espina cuatro a la doce no se presentan ningún pterigóforo debido a la deformación. De la trece a la veintitrés vuelve a tenerlos en pares excepto la número veintitrés en el que ambos se encuentran de lado izquierdo de la espina. Del pterigóforo cinco al diez son más gruesos con una pared a los costados, del diez en adelante se adelgazan y se mantienen con esa complexión. Los pterigóforos presentan sus 3 huesos, están en posición normal para dar origen a las partes de la aleta dorsal que se aprecian. Conforme se acerca la parte final de la aleta se observa una separación de su hueso distal con los radios de las aletas.

Aleta Dorsal

Está conformada por veintiún radios, de los cuales únicamente dos son radios espinosos bien osificados y diecinueve radios blandos que conforman el resto de la aleta que se observa incompleta en su porción inicial-media y es discontinua.

PEZ VARIEDAD PERLADO

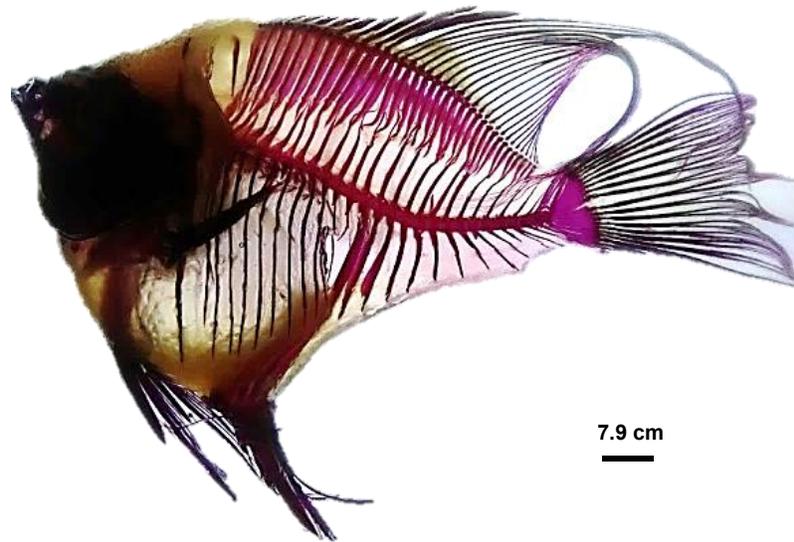


Fig. 14.8 Aleta dorsal y pterigóforos neurales variedad perlado engrosados e impares

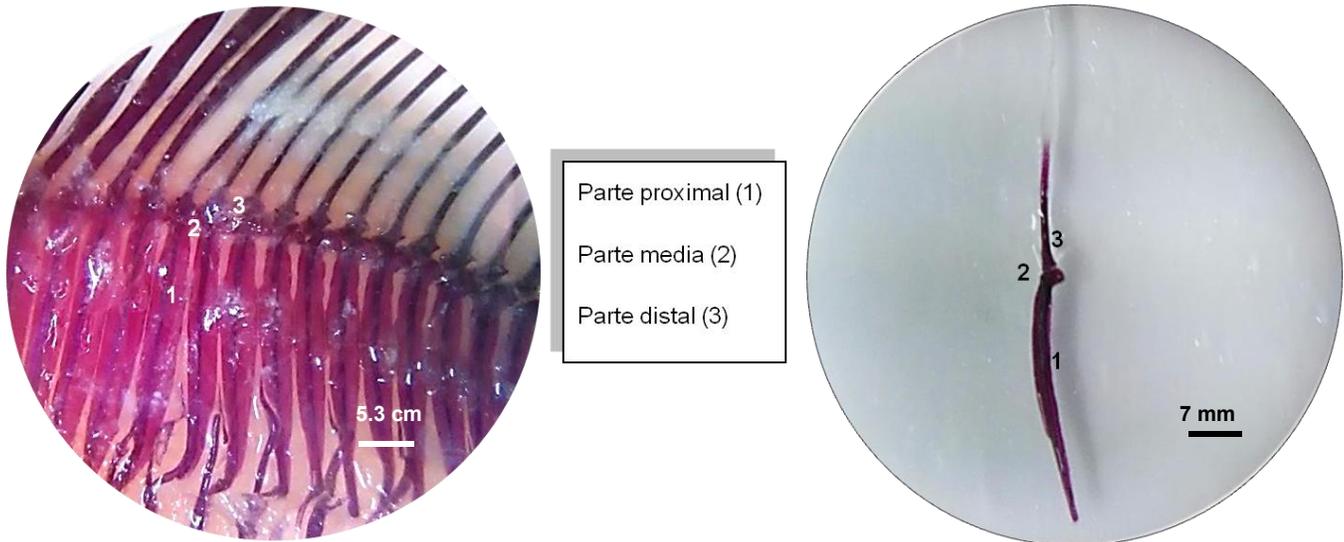


Fig. 14.9 Pterigóforos neurales variedad perlado con engrosamiento en parte proximal y desfase en asociación con espinas neurales

Pterigóforos neurales

La variedad perlado tiene entre treinta y treinta y cuatro pterigóforos que abarcan desde la segunda espina neural hasta la veinticuatro que es la última que se posee pterigóforo y es

únicamente uno. La espina neural dos posee su par de pterigóforos pero ubicados ambos en su costado izquierdo, la tercera posee también su par de pterigóforos, la cuarta es una espina atrofiada ya que es muy acortada y no posee ninguno. Desde la quinta hasta la novena solo poseen un pterigóforo, la novena se fusiona con su respectivo hueso, la décima posee un par, la onceava vuelve a poseer uno hasta la decimocuarta, de la decimoquinta a la vigésimo tercera poseen su par normal y la decimonovena tiene ambos del lado izquierdo. La mayoría de las espinas están dañadas en su parte apical ya que son muy delgadas, largas y serpenteantes. La espina presenta su par de pterigóforos que tampoco conectan con ningún radio de la aleta. De la espina cuatro a la doce no se presentan ningún pterigóforo debido a la deformación. De la trece a la veintitrés vuelve a tenerlos en pares excepto la número veintitrés en el que ambos se encuentran de lado izquierdo de la espina. Del pterigóforo cinco al diez son más gruesos con una pared a los costados, del diez en adelante se adelgazan y se mantienen con esa complejión. Los pterigóforos presentan sus 3 huesos, están en posición normal para dar origen a la aleta dorsal. Conforme se acerca la parte final de la aleta se observa una separación de su hueso distal con los radios de las aletas.

Aleta Dorsal

Está conformada por treinta y cinco radios, de los cuales once son radios espinosos bien osificados y veinticuatro radios blandos que conforman el resto de la aleta que se observa completa.

ALETA ANAL Y PTERIGÓFOROS HEMALES

En esta sección se describen las aletas anales y las estructuras correspondientes a la base de las mismas de las 5 variedades de *P. scalare*.

PEZ VARIEDAD PLATEADO

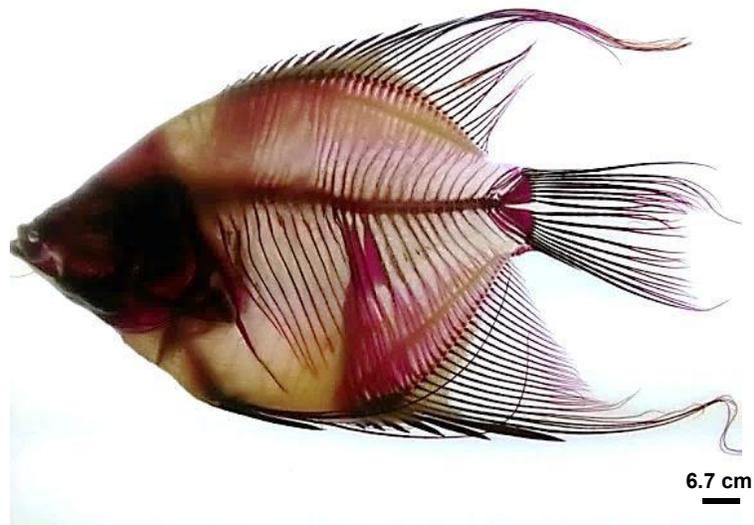


Fig. 15. Aleta anal y pterigóforos hemales variedad plateado

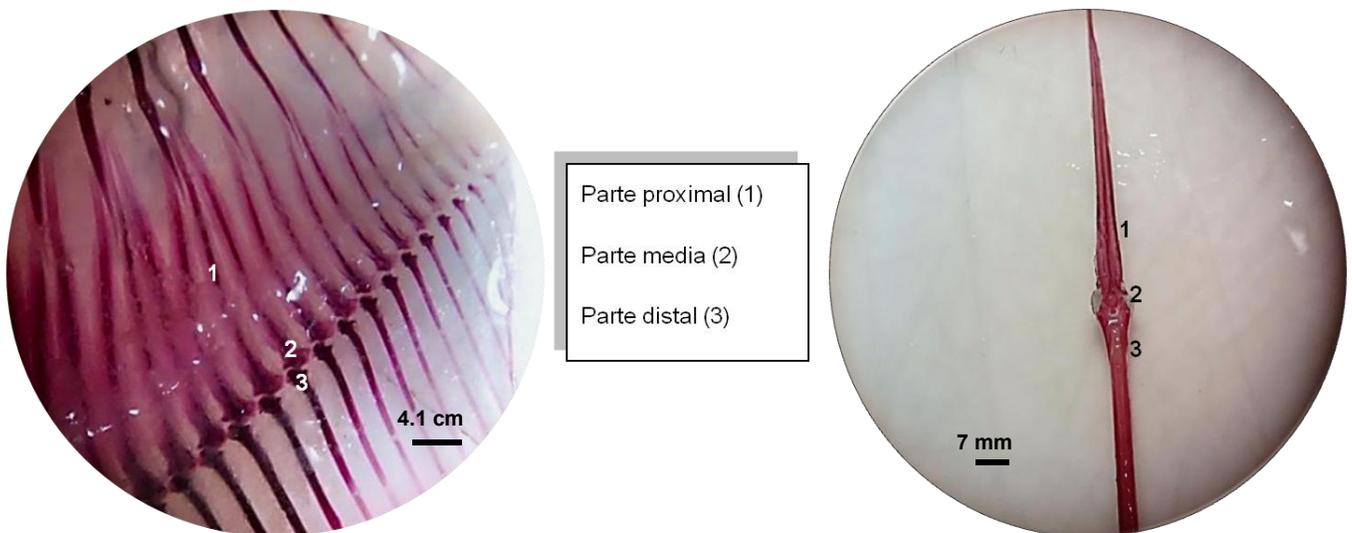


Fig. 15.1 Pterigóforos hemales variedad plateado en vista dorsal con un desarreglo en el número de pterigóforos con respecto a las espinas hemales

Pterigóforos hemales

La variedad plateado posee entre treinta y treinta y dos pterigóforos, los primeros cuatro están asociados a la primera espina hemal, son muy gruesos y aparentan tener una fusión en su parte apical entre sí y con su espina. El quinto, sexto y séptimo están asociados a la segunda espina, el octavo y el noveno forman un par en la tercera espina pero se ubican en el costado derecho de esta. La siguiente espina posee tres pterigóforos asociados, uno del lado izquierdo y dos del lado derecho. El resto de las espinas poseen un par de pterigóforos cada una, la última espina está desfasada con sus pterigóforos que se encuentran a la izquierda de esta. Los pterigóforos son delgados y largos, excepto los del inicio que son muy gruesos. En la parte final de la aleta se observa que existe una separación en las estructuras entre los huesos distales con los radios de las aletas.

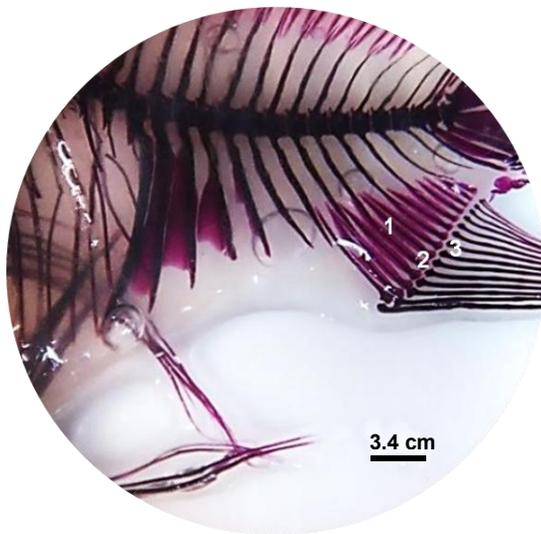
Aleta Anal

Está conformada por veintinueve radios, de los cuales seis son radios espinosos bien osificados y veintitrés radios blandos que conforman el resto de la aleta que se observa completa.

PEZ VARIEDAD ALBINO



Fig. 15.2 Aleta anal y pterigóforos hemales variedad albino deforme



Parte proximal (1)
 Parte media (2)
 Parte distal (3)

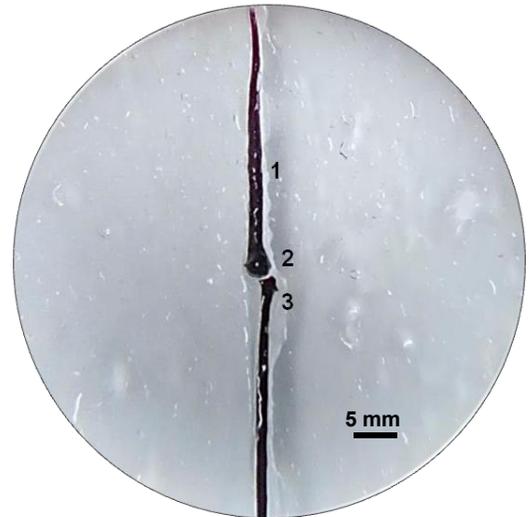


Fig. 15.3 Pterigóforos hemales variedad albino ejemplo de ausencia parcial de las estructuras

Fig. 15.3 Pterigóforos hemales variedad albino

Pterigóforos hemales

La variedad albino posee entre catorce y veinticuatro pterigóforos, Las primeras seis espinas hemales no poseen pterigóforos. La séptima solo tiene un pterigóforo en su lado derecho, es delgado y sin ninguna pared. De la octava a la decimosegunda poseen pterigóforos, la octava posee tres asociados, dos del lado izquierdo y uno de lado derecho, la novena espina también tiene tres huesos asociados, uno del lado izquierdo y dos del lado derecho, la décima y la onceava poseen su par normal mientras que la decimosegunda posee uno completo en su lado izquierdo y otro a la mitad en el derecho. Todos los pterigóforos a excepción del que se asocia con la séptima espina son más gruesos y poseen una pared en sus bordes que ayuda al soporte de la aleta. En la parte final de esta se observa que existe una separación continua en las estructuras entre los huesos distales con los radios de las aletas.

Aleta Anal

Está conformada por catorce radios, de los cuales no hay ninguno espinoso y el total lo representan radios blandos que conforman el resto de la aleta que se observa incompleta en toda su parte inicial y media.

PEZ VARIEDAD NEGRO



Fig. 15.4 Aleta anal y pterigóforos hemales variedad negro con una marcada fusión de estructuras

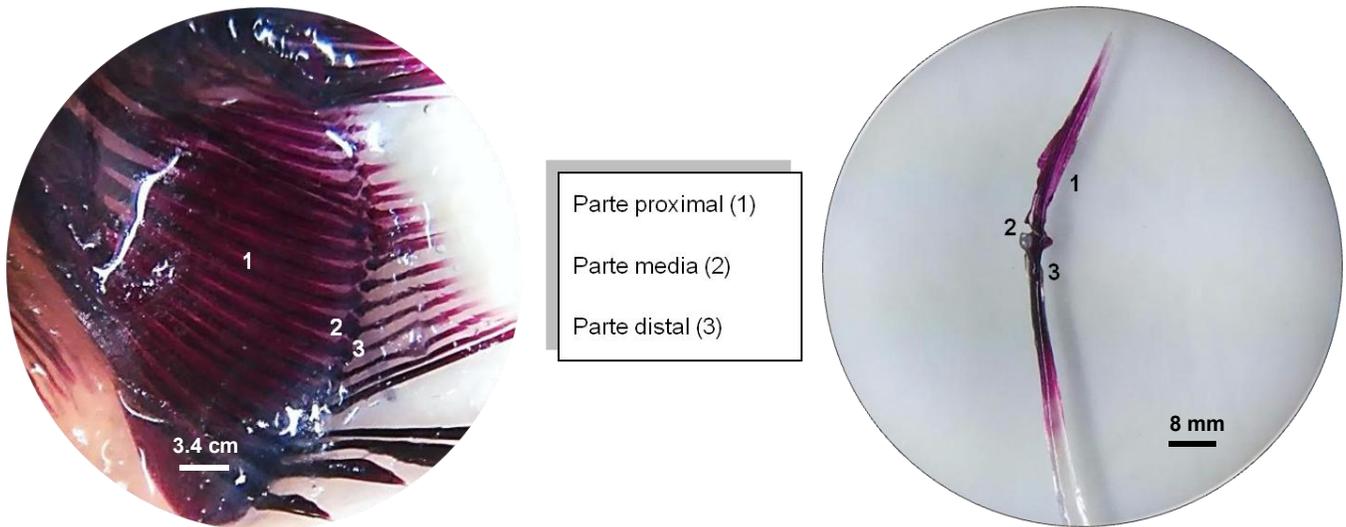


Fig. 15.5 Pterigóforos hemales variedad negro con engrosamiento de parte proximal causando fusión de estructuras

Pterigóforos hemales

La variedad negro posee entre dieciocho y treinta y dos pterigóforos. Las primeras cuatro espinas hemales están muy engrosadas y fusionadas, sus pterigóforos son muy largos y el de

la primera espina es muy grueso por sobre todos los demás, extendiendo su borde izquierdo. Los pterigóforos se encuentran en pares, excepto la tercera espina que posee tres huesos asociados, dos en el lado izquierdo y uno en el derecho. El resto de las espinas no se aprecia bien hacia la parte final de la aleta debido a la malformación presente. El decimoquinto se encuentra fracturado en su parte proximal superior. En la parte final de esta se observa que existe una ligera separación en las estructuras entre los huesos distales con los radios de las aletas.

Aleta Anal

Está conformada por diecinueve radios, de los cuales cuatro son espinosos y quince radios blandos que conforman la aleta que se observa completa aunque recorrida hacia la parte caudal del organismo y fusionada entre sí.

PEZ VARIEDAD HALFBLACK

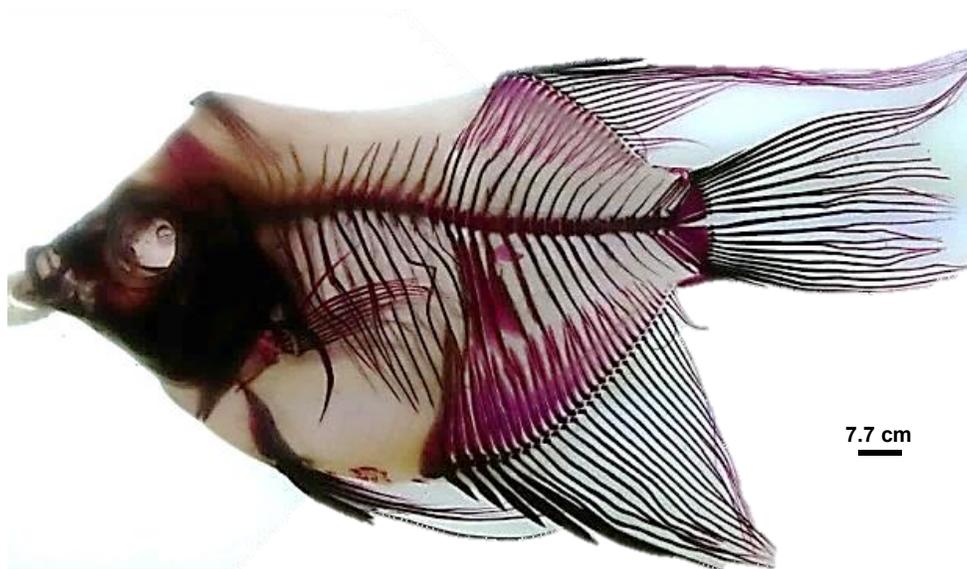


Fig. 15.6 Aleta anal y pterigóforos hemales variedad halfblack con estructuras impares asociadas a las espinas hemales

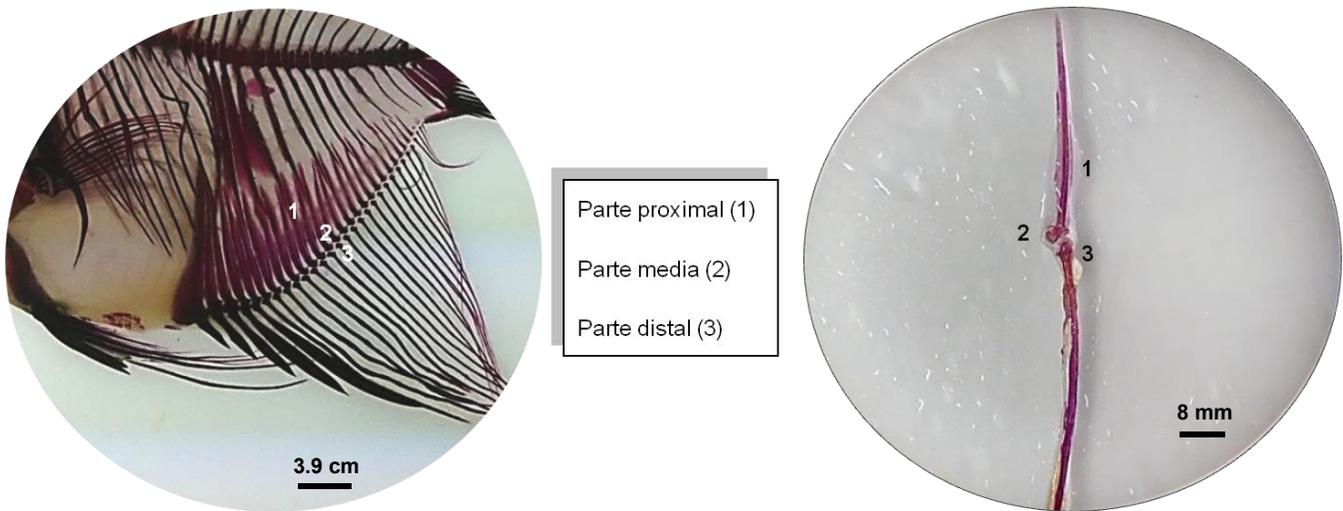


Fig. 15.7 Pterigóforos hemales variedad halfblack con estructuras impares, alargadas y engrosadas en la parte inicial

Pterigóforos hemales

La variedad halfblack posee entre veintisiete y treinta pterigóforos. Las primera espina hemal posee un pterigóforo muy engrosado y más largo que el resto, posee cinco estructuras asociadas, tres del lado izquierdo y dos del lado derecho, de la segunda a la quinta espina poseen su par normal. En la sexta hay tres estructuras asociadas, dos del lado izquierdo y una del lado derecho, de la séptima la décima poseen nuevamente su par de pterigóforos normales, la onceava posee tres asociados, dos del lado izquierdo y uno del lado derecho que son notablemente más cortos que el resto. En la parte final (últimas cuatro espinas) se observa que existe una ligera separación en las estructuras entre los huesos distales con los radios de las aletas.

Aleta Anal

Está conformada por treinta radios, de los cuales cinco son espinosos y veinticinco blandos que conforman la aleta que se observa completa aunque ligeramente recorrida hacia la parte caudal del organismo y fusionada entre sí en algunas estructuras.

PEZ VARIEDAD PERLADO

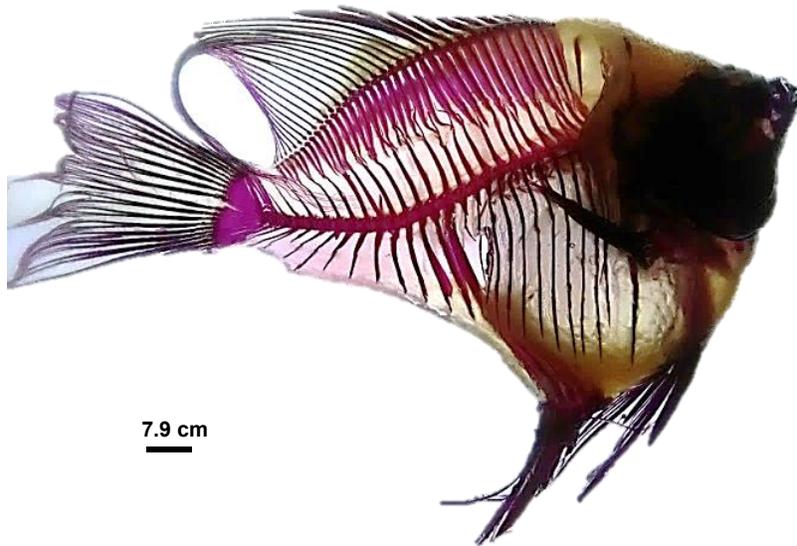


Fig. 15.8 Aleta anal y pterigóforos hemales variedad perlado ejemplar con ambas estructuras ausentes

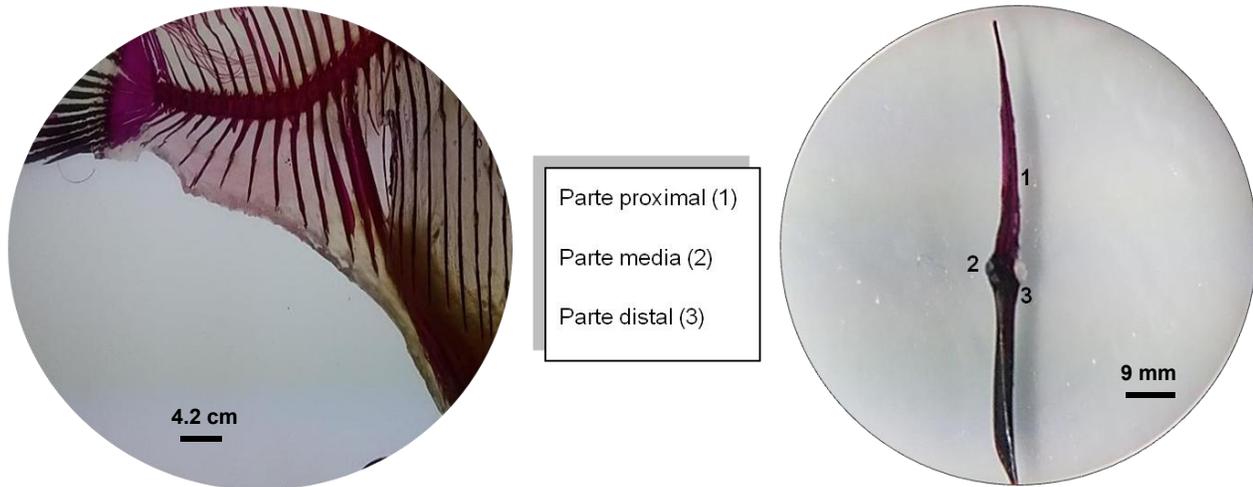


Fig. 15.9 Pterigóforos hemales variedad perlado ejemplo de ausencia total de las estructuras

Fig. 15.9.1 Pterigóforo hemal normal variedad perlado

Pterigóforos hemales

La variedad perlado puede no poseer ningún pterigóforo como en la imagen (Fig. 15.9) o llegar hasta los veinticinco. Tiene trece espinas hemales sin ninguna estructura asociada por

lo consiguiente no hubo desarrollo total de la aleta y se observa que le falta toda la porción anal correspondiente. Las espinas son muy gruesas y la deformación involucra la ausencia total de la parte proximal, media y distal de los soportes y sin ellos la aleta no puede surgir.

Aleta Anal

Es inexistente en este ejemplar debido a la malformación que presenta.

ALETAS PECTORALES Y CLEITRUM

A continuación se describen las estructuras que conforman la cintura pectoral y la cintura pélvica del pez ángel en las 5 variedades estudiadas.

PEZ VARIEDAD PLATEADO

En esta variedad los radiales del lado izquierdo son 4, su complexión es más gruesa, son más grandes y abiertos, contrariamente a los del lado derecho que son 5 y son muy pequeños y cerrados. Los radios del lado izquierdo en este ejemplar son 14 y del derecho 12.

La escápula que es la estructura que se une con los radiales es muy pequeña en la parte derecha, se encuentra en posición correcta ligeramente por debajo del cleitrum en uno de sus bordes, mientras que en la izquierda es de un tamaño mayor y su ubicación se encuentra alterada ya que el borde que debería estar por debajo del cleitrum se encuentra separado de este y está rotado hacia atrás junto con el coracoides y los radiales, el foramen se ve pequeño del lado derecho, mientras que en el izquierdo es mucho mayor el tamaño. El coracoides que es la estructura que se ubica junto a la escápula se observa engrosado en su parte superior y también en su parte inferior (que se orienta hacia el cleitrum) además de ser muy acortada en su lado derecho, mientras que en el izquierdo el coracoides está completamente fuera de lugar, es muy grueso y grande y su punta que debería estar orientada hacia el cleitrum está ubicada hacia abajo.

El cleitrum tiene forma triangular, se encuentra bien osificado, es muy ancho en su parte apical y es más prominente en su lado izquierdo que es muy acortado que en el derecho que

es más afilado y alargado. En esta parte se ubica el supracleitrum que es más claro de observar en el lado izquierdo que en el derecho, en su parte media es más delgado el cleitrum derecho que el izquierdo. El postcleitrum superior se encuentra bien estructurado, sin embargo del lado izquierdo está orientado en su parte superior hacia afuera en vez de estarlo hacia los radiales y el cleitrum, del lado derecho sucede lo mismo pero la inclinación hacia afuera es mayor y la separación es más notoria con ambas estructuras. El postcleitrum inferior del lado izquierdo está orientado en línea recta en posición vertical y es grueso, mientras que del lado derecho está orientado hacia afuera y es delgado lo que lo ubica en su posición ideal.

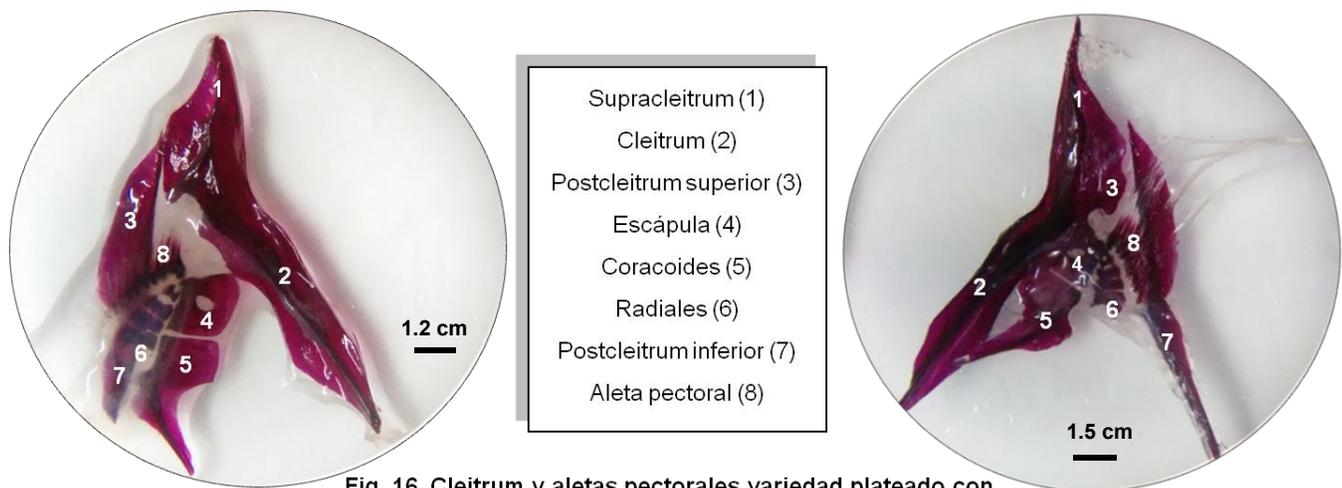


Fig. 16. Cleitrum y aletas pectorales variedad plateado con deformación en la escápula y coracoides

PEZ VARIEDAD ALBINO DEFORME

En esta variedad los radiales del lado izquierdo son 4 al igual que los del lado derecho, su compleción es pequeña y delgada y son cerrados entre sí. Los radios del lado izquierdo en este ejemplar son 9 y del derecho 10.

La escápula que es la estructura que se une con los radiales es muy pequeña en ambas partes, la izquierda se encuentra en posición completamente horizontal, mientras que la derecha tiene una inclinación pero ambos poseen una pequeña parte de uno de sus bordes bajo el cleitrum de manera correcta, el foramen se ve más pequeño del lado derecho que del izquierdo.

El coracoides que es la estructura que se ubica junto a la escápula es grueso en su parte superior, el ensanchamiento es ligeramente mayor del lado izquierdo que del lado derecho y en su parte inferior (que se orienta hacia el cleitrum) del lado izquierdo se aprecia bien definido y más alargado, lo opuesto al lado derecho que se observa con una pequeña descalcificación hacia los bordes y es más acortada, del lado izquierdo se encuentra en una posición menos inclinada que del lado derecho donde se aprecia de manera normal.

El cleitrum tiene forma triangular, se diferencia mucho en la forma ya que ambos asemejan un isósceles, sin embargo en el izquierdo la parte más alta corresponde a la parte basal del cleitrum y en el derecho corresponde a la parte apical del mismo (supracleitrum), en general ambos están bien osificados, el lado izquierdo es muy ancho en su parte basal y el derecho en la apical. El supracleitrum se aprecia en ambas partes. El postcleitrum superior únicamente se aprecia en la estructura del lado derecho ligeramente rotado en su parte superior hacia afuera. El postcleitrum inferior del lado izquierdo está totalmente fuera de lugar, girado y sujeto a uno de los bordes del coracoides en vez de alineado con el postcleitrum superior, en el lado derecho está orientado hacia afuera y es delgado lo que lo ubica en su posición ideal.

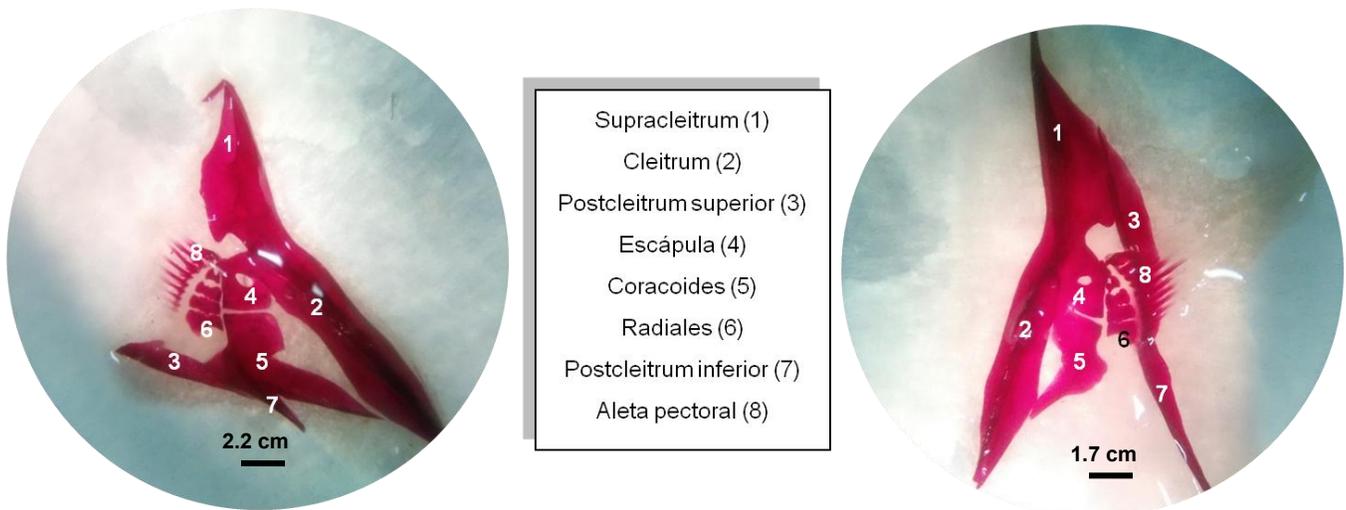


Fig. 16.1 Cleitrum y aletas pectorales variedad albino con tamaño no homogéneo y deformaciones muy marcadas

PEZ VARIEDAD NEGRO DEFORME

En esta variedad los radiales del lado izquierdo son 4 al igual que los del lado derecho, su complejión es pequeña, son más gruesos y cerrados entre sí del lado derecho que los del lado izquierdo. Los radios del lado izquierdo en este ejemplar son 9 y del derecho 11.

La escápula que es la estructura que se une con los radiales no se aprecia claramente en la imagen, del lado izquierdo no está bien formada la estructura, mientras que del lado derecho es muy tenue pero definida, poseen una pequeña parte de uno de sus bordes bajo el cleitrum de manera correcta, el foramen únicamente se aprecia del lado derecho, en el lado izquierdo se ausenta completamente. El coracoides que es la estructura que se ubica junto a la escápula es también muy tenue y no se aprecia bien definido en ninguno de los lados, la parte inferior (que se orienta hacia el cleitrum) se observa en ambas muy delgada, en el lado izquierdo se encuentra incompleto en su parte basal y en el derecho fragmentado. El cleitrum tiene forma triangular, se aprecia bien osificado en la parte central más que en sus bordes en ambos casos. El supracleitrum se aprecia en ambas partes, sin embargo destaca más en el lado derecho que en el izquierdo. El postcleitrum superior es muy corto en ambas aletas, sin embargo está en su posición ideal respecto a la estructura sin deformaciones. El postcleitrum inferior de ambas estructuras se encuentra alineado con el postcleitrum superior y orientado hacia afuera, es delgado lo que lo ubica en una posición normal.

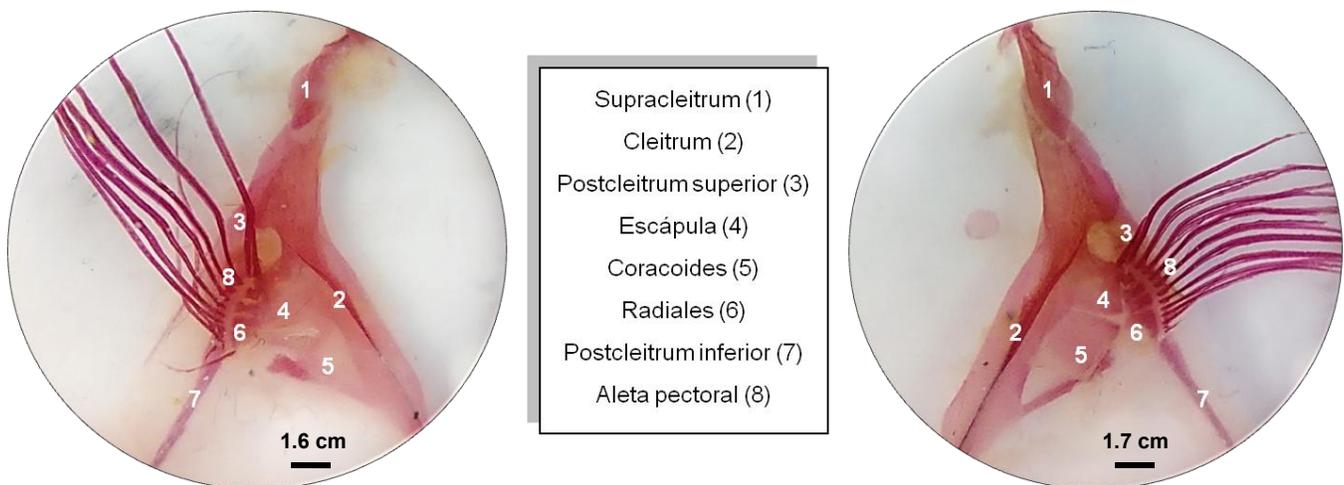


Fig. 16.2 Cleitrum y aletas pectorales variedad negro con poca osificación en ciertas regiones y deformación en escápula

PEZ VARIEDAD HALFBLOCK DEFORME

En esta variedad los radiales del lado izquierdo son 4 al igual que los del lado derecho, su complejidad es muy alargada y se encuentran muy cerrados entre sí en ambos casos. Del lado izquierdo no se aprecia de manera homogénea la diferencia de tamaño entre los radiales, del lado derecho es ligeramente más perceptible. Los radios del lado izquierdo en este ejemplar son 9 y del derecho 10.

La escápula que es la estructura que se une con los radiales no se aprecia del lado derecho, del lado izquierdo es muy pequeña y se confunde con parte del cleitrum. El foramen únicamente se aprecia del lado izquierdo y no está propiamente formado, en el lado derecho se ausenta completamente. El coracoides que es la estructura que se ubica junto a la escápula está completamente fuera de lugar en el lado izquierdo, se encuentra en posición vertical, paralela a la depresión de la parte del postcleitrum inferior, pudiéndose definir claramente su parte basal y la parte inferior (que se orienta hacia el cleitrum), del lado derecho también se distinguen sus partes y su posición está igualmente alterada, no tan vertical como su contrario pero aún sin tocar la parte final del cleitrum, el cual tiene forma triangular, se aprecia bien osificado en el lado derecho y mucho más delgado en el izquierdo. La parte apical del lado izquierdo es más corta por lo que el arco de la estructura se acentúa más y se observa más abierto que el del derecho. El supracleitrum se aprecia en ambas partes. El postcleitrum superior es muy corto y delgado en el lado izquierdo, sin embargo en el lado derecho se ensancha mucho más y es más largo. El postcleitrum inferior de ambas estructuras se encuentra alineado con el postcleitrum superior y orientado hacia afuera, es delgado lo que lo ubica en una posición normal, sin embargo el del lado izquierdo es totalmente recto y se unifica con el superior, caso que no ocurre con el lado derecho.

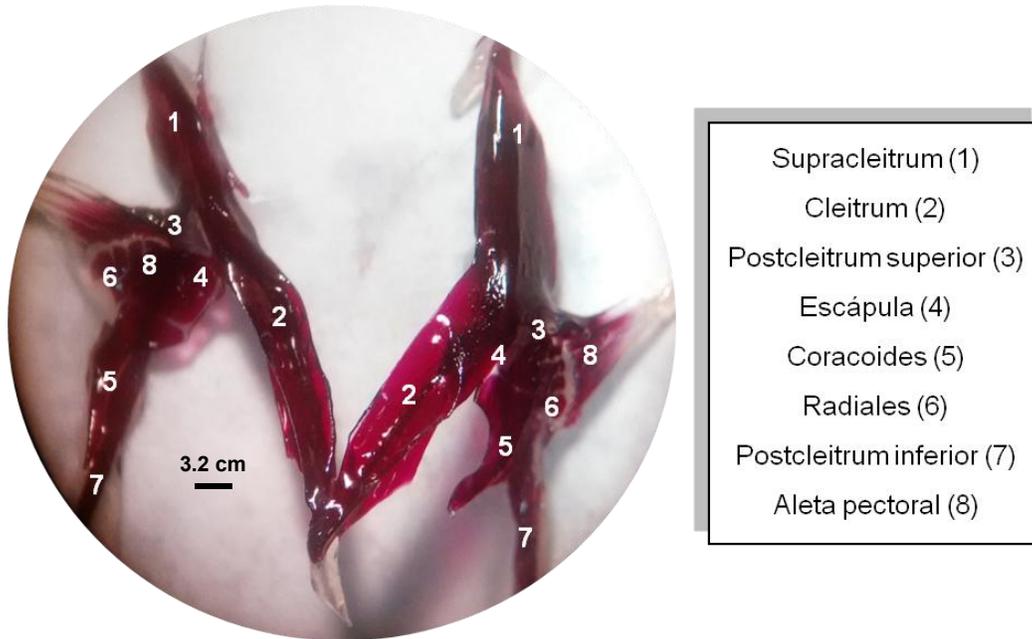


Fig. 16.3 Cleitrum y aletas pectorales variedad Halfblack, se aprecia una deformidad grave en casi toda la estructura

PEZ VARIEDAD PERLADO

En esta variedad los radiales del lado izquierdo son 4 al igual que los del lado derecho, su complejión es muy alargada y el más pequeño se encuentra ligeramente más separado del resto, en el lado izquierdo se encuentra fisurado y acortado. Los radios del lado izquierdo en este ejemplar son 8 y del derecho 8.

La escápula que es la estructura que se une con los radiales en ambas estructuras es totalmente visible, se encuentra bien osificada y definida. El foramen también se aprecia en ambos casos de un tamaño homogéneo y proporcional la escápula. El coracoides que es la estructura que se ubica junto a la escápula está completa y bien posicionada en ambos casos, ligeramente más delgada en el lado izquierdo que en el derecho, pero ambas tienen su parte inferior orientada hacia el cleitrum y el largo ideal para tocar con la base del cleitrum, además de que se pueden distinguir claramente sus estructuras basales. El cleitrum, el cual tiene forma triangular, se aprecia bien osificado en ambos casos, ligeramente más ensanchado del lado derecho en su parte apical y más corto. El supracleitrum se aprecia en ambas partes. El postcleitrum superior es ligeramente más delgado del lado izquierdo, sin embargo en el lado

derecho no es homogéneo y se observa una pequeña fisura en la parte media de la estructura y discontinuidad en la calcificación en los bordes. El postcleitrum inferior de ambas estructuras se encuentra alineado con el postcleitrum superior y orientado hacia afuera, la terminación es más delgada del lado derecho que del izquierdo, sin embargo se ubican en una posición normal.

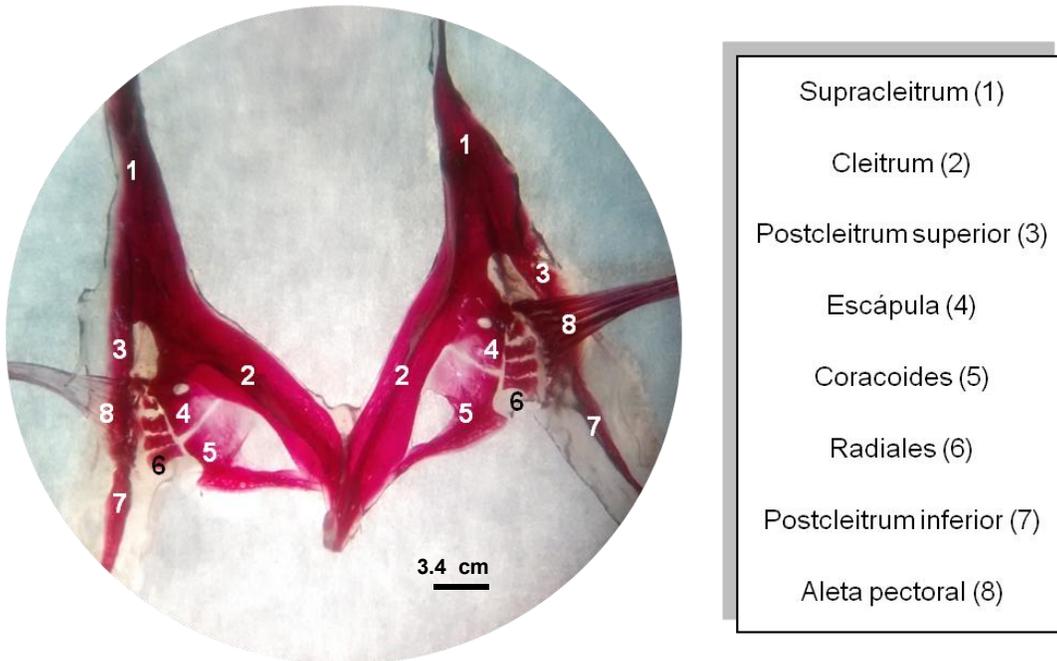


Fig. 16.4 Cleitrum y aletas pectorales variedad Perlado

ALETAS PÉLVICAS

PEZ VARIEDAD PLATEADO

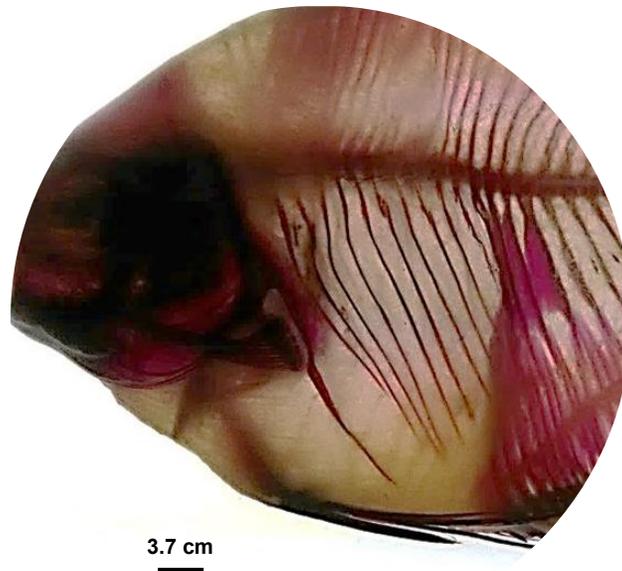


Fig. 17. Cintura pectoral y pélvica variedad plateado

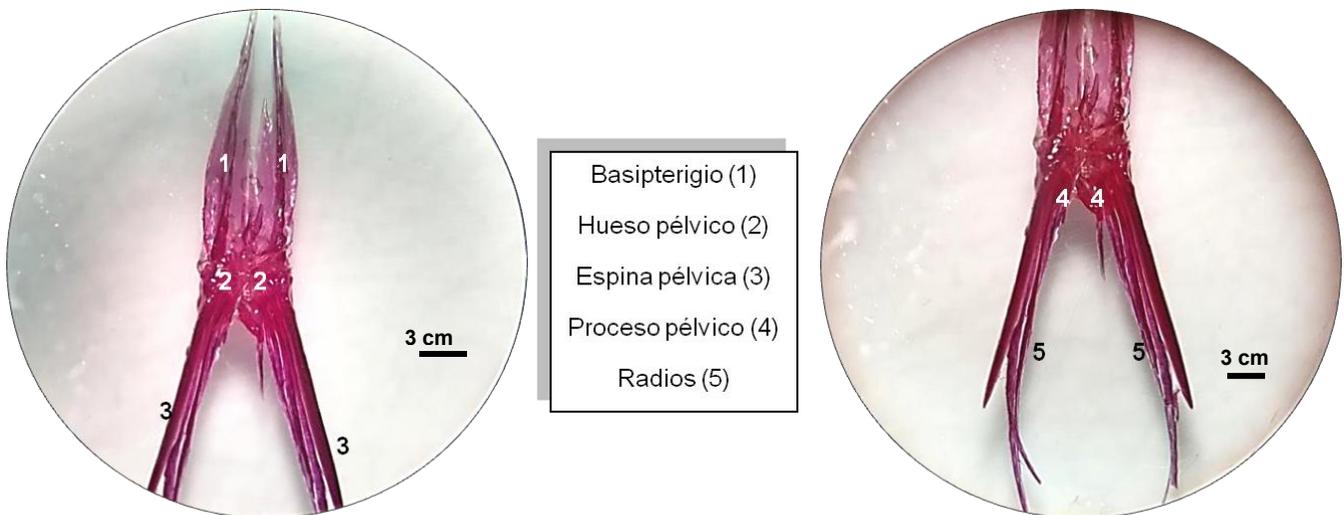


Fig. 17.1 Aletas pélvicas o ventrales variedad plateado

Las aletas pélvicas en esta variedad son torácicas, ya que se encuentran en esta región del cuerpo del pez, están alineadas con las aletas pectorales por detrás de la estructura opercular, el hueso basipterigio es largo y con una terminación apical en punta, posee una

pared en ambos de sus lados, menos osificada que el centro, sin embargo, en ambas aletas esta estructura se observa homogénea, lo que lo dota de una apariencia más amplia. La pared se enfatiza más en la aleta izquierda que en la derecha. El basipterigio se ubica cercano a la parte basal del cleitrum para conectar la cintura pectoral con la pélvica, posee un proceso anterior externo en su punta que es el que conecta directamente con el cleitrum. En la zona frontal radial se ubica una espina que es totalmente recta y es perceptible debido a que está más gruesa y osificada que el resto de los radios blandos que son cuatro en cada aleta, un proceso posterior en la parte final de los basipterigios que se aprecia hacia la parte posterior de la zona donde terminan los radios, que no es muy prominente, un proceso lateral inmediatamente por debajo de la terminal del proceso anterior externo.

PEZ VARIEDAD ALBINO

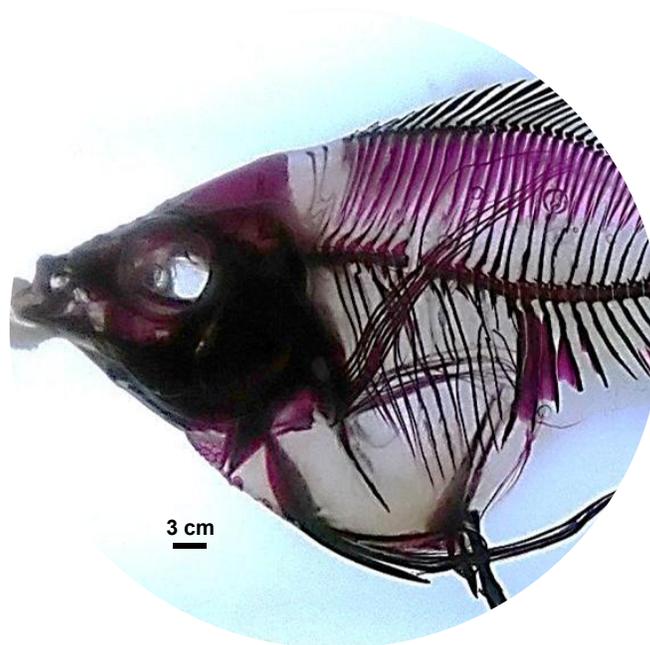


Fig. 17.2 Cintura pectoral y pélvica variedad albino

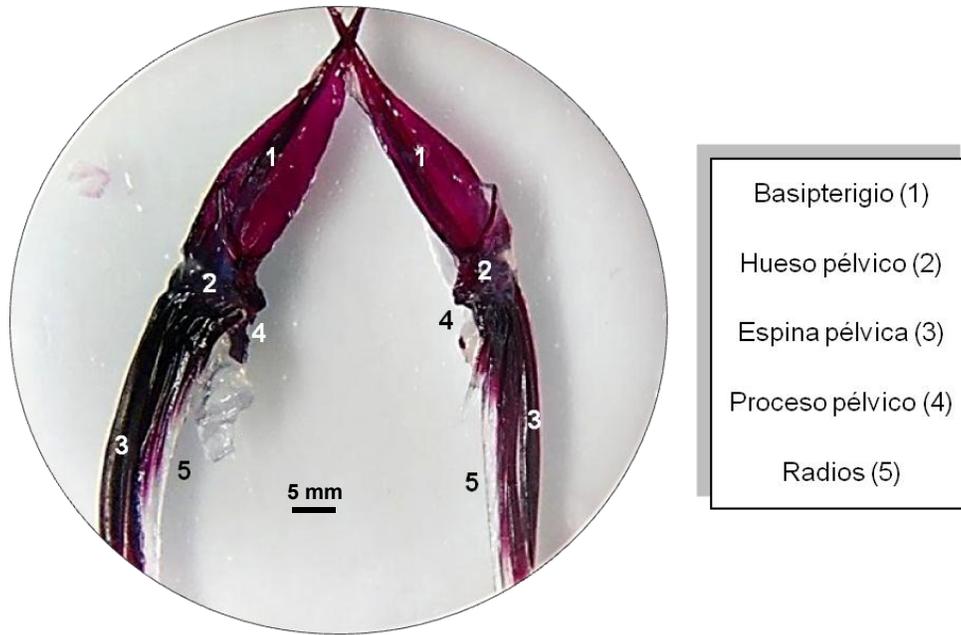


Fig. 17.3 Aletas pélvicas o ventrales variedad albino

Las aletas pélvicas en esta variedad son torácicas, ya que se encuentran en esta región del cuerpo del pez, están alineadas con las aletas pectorales por detrás de la estructura opercular, el hueso basipterigio es mediano y con una terminación apical en punta, posee una pared gruesa y bien osificada tanto en sus dos lados como en su centro, lo que le brinda una apariencia más amplia, el centro no se observa homogéneo ya que es muy marcado en el hueso del lado izquierdo y mucho menos en el derecho, en esta última su ubicación no es completamente céntrica. La pared también se enfatiza más en la aleta izquierda que en la derecha, se ubica cercano a la parte basal del cleitrum para conectar la cintura pectoral con la pélvica. Posee un proceso anterior externo en su punta que es el que conecta directamente con el cleitrum. En la zona frontal radial se ubica una espina que es ligeramente curva y larga, es perceptible debido a que está más gruesa y osificada que el resto de los radios blandos que son cuatro en cada aleta, un proceso posterior en la parte final de los basipterigios que se aprecia hacia la parte posterior de la zona donde terminan los radios y se observa como un ensanchamiento de la base de los basopterigios, un proceso lateral inmediatamente por debajo de la terminal del proceso anterior externo de forma redondeada.

PEZ VARIEDAD NEGRO



Fig. 17.4 Cintura pectoral y pélvica variedad negro

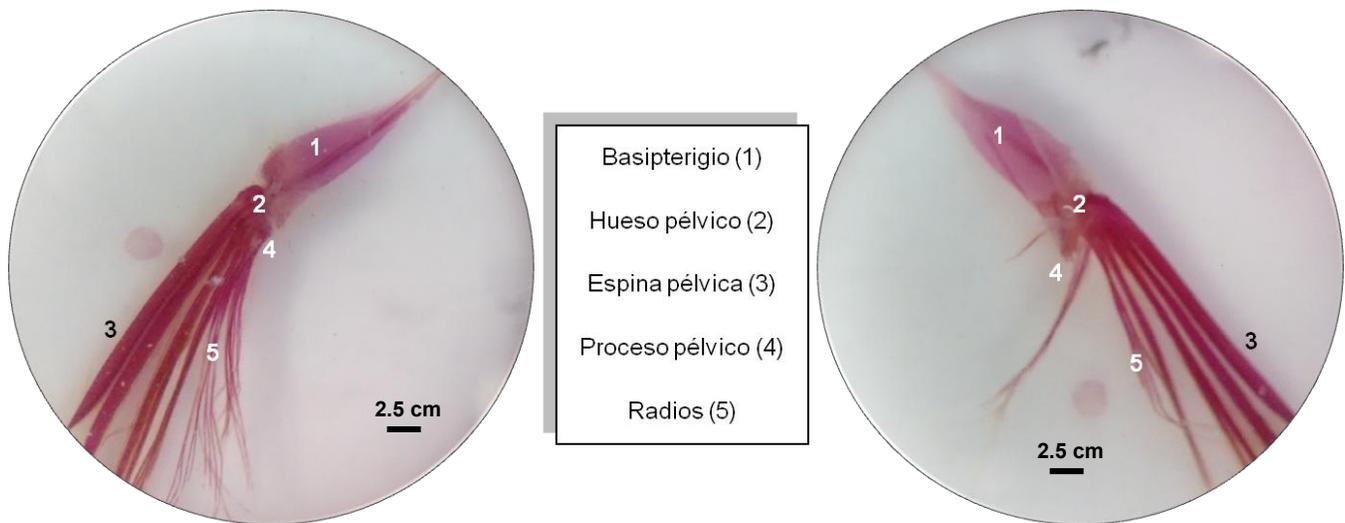


Fig. 17.5 Aletas pélvicas o ventrales variedad negro

Las aletas pélvicas en esta variedad son torácicas, ya que se encuentran en esta región del cuerpo del pez, están alineadas con las aletas pectorales por detrás de la estructura opercular, el hueso basipterigio es corto y con una terminación apical en punta, posee una pared gruesa aunque de un color muy tenue, lo que denota una posible falta de osificación en ambos de sus lados, lo que le brinda una apariencia pequeña y no homogénea con respecto a sus radios, es ligeramente más gruesa en la aleta derecha que en la izquierda, se ubica

cercano a la parte basal del cleitrum para conectar la cintura pectoral con la pélvica. Posee un proceso anterior externo en su punta que es el que conecta directamente con el cleitrum. En la zona frontal radial se ubica una espina que es recta y larga, es perceptible debido a que está más gruesa y osificada que el resto de los radios blandos que son cinco en cada aleta, los últimos tres son ramificados. Tiene un proceso posterior en la parte final de los basipterigios que se aprecia hacia la parte posterior de la zona donde terminan los radios y se observa como un apenas notable ensanchamiento de la base de los basopterigios, un proceso lateral inmediatamente por debajo de la terminal del proceso anterior externo de forma redondeada.

PEZ VARIEDAD HALFBLACK

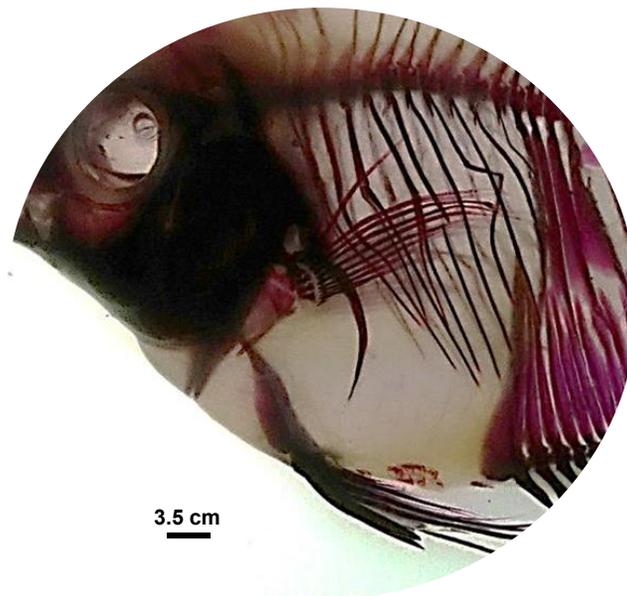


Fig. 17.6 Cintura pectoral y pélvica variedad halfblack

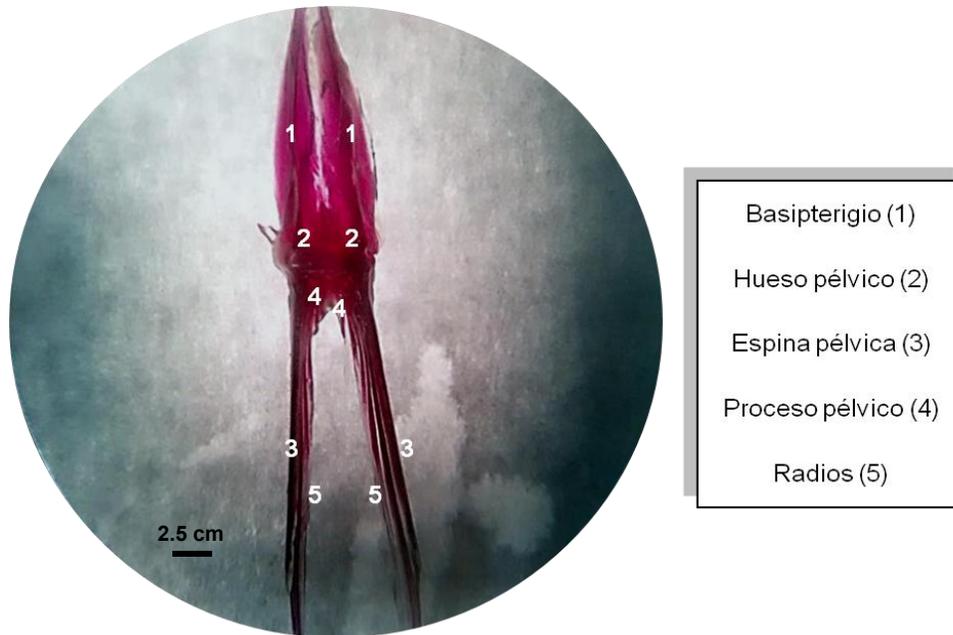


Fig. 17.7 Aletas pélvicas o ventrales variedad halfblack

Las aletas pélvicas en esta variedad son torácicas, ya que se encuentran en esta región del cuerpo del pez, están alineadas con las aletas pectorales por detrás de la estructura opercular, el hueso basipterigio es largo y con una terminación apical en punta, el lado derecho es de forma serpenteante al igual que el izquierdo, aunque este último en menor proporción, posee una pared no muy gruesa en ambos de sus lados, lo que le brinda una apariencia pequeña y delgada, es ligeramente más gruesa en la aleta derecha que en la izquierda. Se ubica cercano a la parte basal del cleitrum para conectar la cintura pectoral con la pélvica, posee un proceso anterior externo en su punta que es el que conecta directamente con el cleitrum. En la zona frontal radial se ubica una espina que es recta, delgada y muy larga, es perceptible debido a que está más gruesa y osificada que el resto de los radios blandos que son cinco en cada aleta. Tiene un proceso posterior en la parte final de los basipterigios que se aprecia hacia la parte posterior de la zona donde terminan los radios y se observa como un ensanchamiento de la base de los basopterigios, un proceso lateral inmediatamente por debajo de la terminal del proceso anterior externo de forma redondeada y prominente

PEZ VARIEDAD PERLADO



Fig. 17.8 Cintura pectoral y pélvica variedad perlado

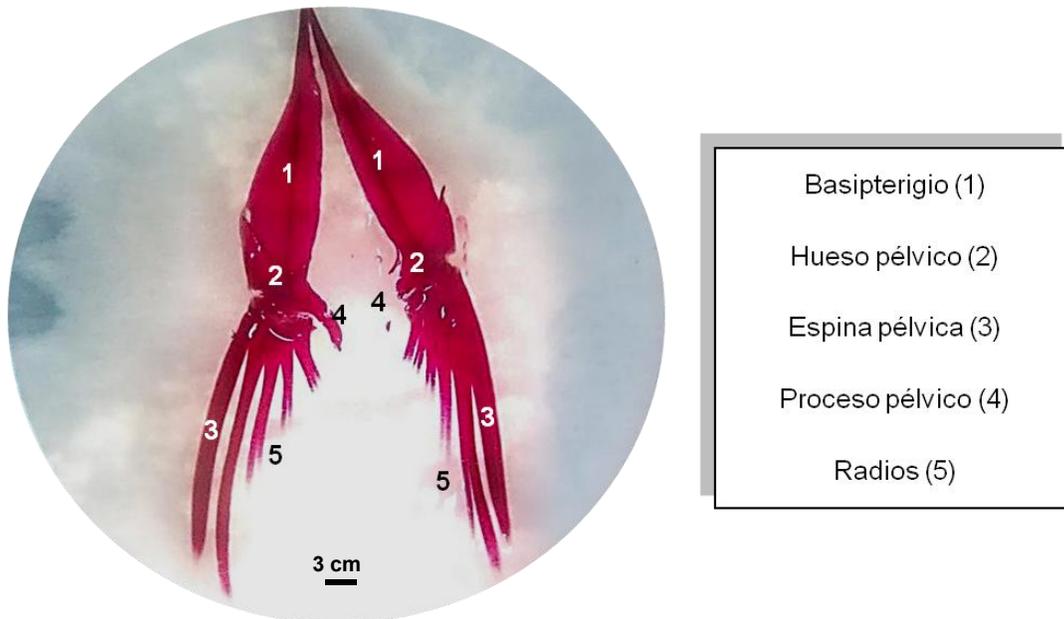


Fig. 17.9 Aletas pélvicas o ventrales variedad perlado

Las aletas pélvicas en esta variedad son torácicas, ya que se encuentran en esta región del cuerpo del pez, están alineadas con las aletas pectorales por detrás de la estructura opercular, el hueso basipterigio es largo y con una terminación apical en punta, ambos lados se observan bien osificados y con paredes gruesas, lo que brinda una apariencia homogénea

de ambas estructuras, Se ubica cercano a la parte basal del cleitrum para conectar la cintura pectoral con la pélvica, posee un proceso anterior externo en su punta que es el que conecta directamente con el cleitrum. El hueso pélvico es pequeño y une al basopterigio con los radios. En la zona frontal radial se ubica una espina que es ligeramente curvada y larga, es claramente distinguible debido a que está más gruesa y osificada que el resto de los radios que son cinco en cada aleta. Tiene un proceso posterior en la parte final de los basipterigos que se aprecia hacia la parte posterior de la zona donde terminan los radios y se observa como un leve ensanchamiento de la base de los basopterigos, un proceso lateral inmediatamente por debajo de la terminal del proceso anterior externo que tiene una forma redondeada y no es prominente en esta variedad.

Posterior a las descripciones morfológicas realizadas, se obtuvo el porcentaje de incidencia de cada una de las malformaciones presentes en el pez ángel (*P. scalare*) separándolos por variedad, mostrándose los resultados en la siguiente tabla

Deformación	Plateado	Albino	Negro	Halfblack	Perlado
Lordosis	0%	20%	15.38%	11.11%	20%
Xifosis	0%	0%	15.38%	44.44%	20%
Escoliosis	0%	20%	46.15%	33.33%	60%
Lordosis- Xifosis	0%	20%	7.69%	0%	20%
Separación de la columna	0%	20%	15.38%	11.11%	0%
Ausencia/ deformación de aleta dorsal	0%	40%	61.53%	44.44%	60%
Ausencia/ deformación de aleta anal	0%	40%	69.23%	55.55%	80%
Ausencia/ deformación de aleta caudal	0%	40%	46.15%	33.33%	40%
Alargamiento/ deformación de costillas	100%	100%	100%	100%	100%
Ausencia/ deformación de pterigóforos neurales	0%	40%	61.53%	44.44%	60%
Ausencia/ deformación de pterigóforos hemales	0%	100%	69.23%	55.55%	80%
Engrosamiento de pared hemal	100%	80%	53.84%	66.66%	80%
Fusión de estructuras óseas	100%	40%	69.23%	44.44%	80%
Total de organismos (100%)	=5	=5	=13	=9	=5

Tabla 3. Porcentaje de la incidencia de malformaciones en las cinco variedades de *Pterophyllum scalare*

De los 37 ejemplares analizados la principal deformación que se encontró fue el alargamiento y deformación de las costillas con el 100% de organismos de todas las variedades presentándola, seguida del engrosamiento de la pared hemal observada en veintiséis de los treinta y siete ejemplares (70.27%), la tercera deformación más continua es la fusión de estructuras junto con la ausencia y/o deformación de los pterigóforos hemales y por ende la afectación en la aleta anal con un total de veinticuatro organismos de los treinta y siete (64.86%). La cuarta deformación más común es la ausencia/ deformación de los pterigóforos neurales y sus respectivas afectaciones a la aleta dorsal con quince peces de los treinta y siete estudiados (40.54%), el quinto lugar lo ocupan la escoliosis y la ausencia/ deformación de la aleta caudal con trece organismos cada una (35.13%), la sexta es la xifosis con un total de siete organismos (18.91%), la séptima es la lordosis con cinco organismos (13.51%), la octava la separación de columna con cuatro peces (10.81%) y finalmente la novena fue la lordosis- xifosis con únicamente tres ejemplares (8.10%).

Cabe mencionar que los peces ángel presentaron varias deformaciones en un mismo ejemplar, en promedio los más afectados ostentaron de tres a cuatro deformaciones por organismo, mientras que en el menor de los casos únicamente dos.

Con las 20 medidas morfométricas tomadas se realizó un comparativo entre las estructuras de las distintas variedades como son el cráneo, la columna, los pterigóforos y las aletas en el que de manera general se pueden resaltar variaciones notorias que indican que sí existe una alteración respecto a la proporcionalidad corporal de estos organismos deformes, sin embargo, estas son distintas entre sí dependiendo de las malformaciones que presenta cada ejemplar, por lo que se realizó una tabla (Anexo 2) que muestra estas diferencias que se explican posteriormente de manera más detallada. Con estos datos es posible que en futuros estudios pueda realizarse un análisis más a fondo buscando establecer correlaciones entre estas mediciones e incluir una comparación con organismos sin deformaciones.

IX. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN

La técnica de diafanización realizada en cinco variedades distintas de la especie *Pterophyllum scalare* (plateado, albino, negro, halfblack y perlado) presentó complicaciones al momento de aplicarse en los organismos, ya que su alto contenido de grasa entre los músculos impidió una absorción homogénea del colorante en todos los ejemplares debido a una saponificación del hidróxido de potasio (KOH) con y sin colorante por lo que se cambió de dos a tres veces. Algunos ejemplares muestran zonas sin teñir o están teñidos únicamente de manera parcial, por lo que en relación al tiempo hubo una variación entre dos y cuatro semanas respectivamente para completar el proceso, dificultando el proceso observacional.

Al realizar el compendio fotográfico y la revisión anatómica de cada uno de las partes del cuerpo de los ejemplares de pez ángel estudiados, se registraron un total de 13 deformaciones óseas en la zona del esqueleto axial de *Pterophyllum scalare*, en la parte craneal se observó que varios de los huesos que la conforman se encontraban alterados en su tamaño, forma y posición o ausentes. En el esqueleto apendicular también se encontraron deformaciones en las estructuras basales y ausencias en los radios de las aletas.

En los organismos estudiados se presentó de manera frecuente la ausencia de los pterigóforos neurales y hemales junto con los radios de las aletas dorsal y anal con una incidencia del (62.16%) en la aleta anal y (45.94%) en la dorsal. Estas deformaciones son semejantes con las reportadas por diferentes autores como Joanne Norton en 1994, quien observó una malformación semejante a la que observamos en los peces ángel que estudió, que define como “corte aserrado”, que es una parte del cuerpo faltante que deja la apariencia de haberla removido con un cortador de galletas, también la ubica principalmente en las regiones de la aleta anal y dorsal del pez, aunque cabe mencionar que en su estudio no se realiza ninguna técnica, únicamente observó a los organismos vivos cuyas malformaciones eran evidentes como esta.

Astorga y colaboradores en 1999 afirmaron que de las malformaciones esqueléticas de dorada encontradas en condiciones de cultivo, se presentó la lordosis como la principal deformidad con 1166 organismos, lo cual difiere con la información obtenida en este trabajo, en el que la malformación más incidente se presentó en las costillas, las cuales estaban más

alargadas de lo normal y serpenteantes o en forma de rayo. Astorga pone en manifiesto que las incidencias de esta deformación en las granjas y empresas de engorde, no parecen ser de origen genético sino alimenticio o a causa de la mala calidad del agua en los acuarios. Esta información resulta semejante con la que fue proporcionada por la granja de donde provienen los peces ángel, dado que la lordosis no fue tan incidente en estos organismos se sugiere que la causa no fue la alimentación ni la calidad del agua, sino que puede ser dependiente de factores hereditarios.

Astorga y colaboradores en el mismo año establecieron una relación entre la lordosis y la consanguinidad de reproductores de dorada (*Sparus aurata*) haciendo cruza con peces con y sin esta deformación no relacionados, medios hermanos y hermanos carnales concluyendo que el grado de consanguinidad sí afecta la calidad de las larvas e incrementa el porcentaje de ejemplares deformes, el resultado es semejante a lo que se reporta en este trabajo y la información proporcionada por la granja de cultivo, en donde los peces ángel también son generados por mezclas entre organismos con la misma sangre o con deformaciones óseas presentes, por lo que de manera cada vez más frecuente surge un número elevado de ejemplares con estas deformaciones, sugiriendo una degeneración genética debido a la poca o nula variabilidad existente.

En la columna vertebral existen 3 principales deformaciones en *Pterophyllum scalare* que coinciden con el estudio de Negrín-Báez y colaboradores en 2015 en el que peces deformes de la especie *Sparus aurata* tienen un incremento en el número de descendientes que presentan 4 principales malformaciones (fusión de vértebras, lordosis, LSK lordosis/ xifosis/ escoliosis y falta de opérculo) a causa de las mezclas entre organismos que ya las presentaban, esto nuevamente sugiere que estos organismos sí pueden ser una de las principales causas para que el número de ejemplares afectados por estas malformaciones se vea incrementado a través de factores hereditarios todavía no estudiados en su totalidad y las especies se van impactadas negativamente a nivel reproductivo.

Con base en la morfometría fue posible establecer de manera cuantitativa la tendencia y las distintas variaciones en la forma, que presentan los ejemplares deformes estudiados de 5 variedades pertenecientes a la especie *Pterophyllum scalare* (plateado, albino, negro, halfblack y perlado). En estos organismos se realizaron estas 20 mediciones específicas en

ciertas estructuras con base en las características diacríticas de la especie, las cuales al deformarse se evidencian claramente al compararse con las de un organismo sin deformaciones. El cambio estructural ocurre a modo de adaptación, concede una mayor cobertura en las carencias que presentan estos ejemplares originalmente y brinda una mayor posibilidad de supervivencia.

En relación al cráneo casi el total de los ejemplares carecían de varios huesos y el resto poseían un acomodo y tamaño muy variados, morfométricamente se explica que la forma triangular característica de esta especie no se alteró, sin embargo, sí se apreciaban diferencias respecto al largo y al ancho entre cada variedad, se sugiere que esto sucede como compensación de estos ejemplares con respecto a su proporción corporal.

El diámetro de la órbita ocular no tuvo variaciones significativas entre las distintas variedades a pesar de las deformaciones, su importancia se basa en que es la región más constante en la zona craneal e indica si existen o no cambios de simetría en el rostro.

De la misma forma, la altura y anchura del cuerpo corresponden también a dos de las medidas más importantes para caracterizar a la especie y son los ejes principales del cuerpo. Se presentaron variaciones importantes en los ejemplares con ausencia de las aletas dorsales y anales y la porción faltante del cuerpo que alojaba parte de sus estructuras basales, así como en los organismos con deformaciones severas en la columna vertebral, principalmente aquellos con escoliosis.

La longitud total también se relaciona directamente con la proporción del cuerpo de los peces, refleja el estadio en que se encuentran y sirve de referencia entre las distintas poblaciones de peces de la misma o diferente especie. En nuestro caso 28 organismos de los 37 totales poseen algún tipo de deformación en la columna y los casos más severos presentan variaciones muy marcadas en esta medida. Son reflejadas en acortamientos corporales, formas acorazonadas o en que se doblen de manera anormal, los pocos que no las presentaron o únicamente de manera apenas perceptible, se mantuvieron más homogéneos.

La longitud total en relación con la longitud cefálica es un parámetro importante también, en la mayoría de los casos los peces tuvieron un cráneo proporcional respecto a su longitud, sin

embargo, algunos poseían un cráneo más grande y un notorio acortamiento corporal, afectando la estabilidad en el nado.

Con respecto a las aletas (pectoral, pélvica, dorsal, anal y caudal) y su longitud, el análisis morfométrico corrobora las descripciones en las que los peces tuvieron afectaciones significativas en sus estructuras como son: los pterigóforos neurales (ausencia total, parcial o acomodo), hemales, los radios y espinas (acortamiento, ausencia total, parcial o alargamiento). En los casos de ausencia total de las estructuras, se consideraron organismos atrofiados y su capacidad natatoria es fuertemente afectada, dado que estos peces no poseen estabilidad corporal ni direccionalidad en los giros, aunado a esto, diacríticamente las aletas son un factor que incrementa el valor comercial de la especie.

En la aleta caudal existen notorias variaciones respecto a su desarrollo, muchos de los organismos cuya columna resultó afectada y reducida tenían modificada la posición del urostilo y los huesos epurales e hipurales (adelantados) y esto causaba que los radios de las aletas se incrustaran dentro de la parte final del cuerpo del organismo, lo que causaba que aunque la aleta estuviese presente, los radios fuesen muy largos y la estructura basal muy delgada o en pocos casos inexistente. En otros casos se apreció de manera inversa, ya que los radios eran muy cortos y la base de la aleta muy ancha, por lo que resultaron en desventaja contra las aletas largas, que en el caso de esta especie son importantes porque le permiten una mayor velocidad respecto a nado y una mayor estabilidad corporal debido a su forma aplanada

En la aleta pélvica se presentó gran heterogeneidad en la formación de sus estructuras, las variaciones en las medidas morfométricas se presentaron principalmente en su longitud, eran aletas muy largas con una base muy angosta, mientras que algunos otros poseían aletas más cortas con bases más anchas. Se corrobora biológicamente porque los organismos no conservaban su posición vertical normal, perdían estabilidad y muchos de ellos nadaban de manera horizontal, limitando su motilidad.

Se tomó en cuenta también de manera importante la longitud de la columna vertebral porque estos organismos presentaron deformaciones significativas en esta estructura que igualmente

afectaron la motilidad y desarrollo óptimo de estos ejemplares, siendo causa de muchas de las modificaciones anatómicas para su supervivencia.

X. CONCLUSIONES

- 1.- Se logró destacar las estructuras óseas que conforman al pez ángel a través de la técnica de diafanización de Dawson modificada por Gersenowies y Sánchez.
- 2.- A través del análisis observacional se obtuvo una descripción detallada de las estructuras óseas que conforman al pez ángel y se logró enfatizar en cada una las deformaciones presentes.
- 3.- Las 20 medidas morfométricas denotaron cambios en la forma corporal y proporción entre los organismos deformes estudiados de las 5 variedades de la especie *P. scalare* reflejando el impacto de las malformaciones presentes en las distintas regiones que los componen.
- 4.- Se encontraron un total de 13 deformaciones óseas en el esqueleto de las distintas variedades de pez ángel *Pterophyllum scalare*, así como diversas alteraciones en los huesos del cráneo.
- 5.- Al comparar el porcentaje de incidencia de cada malformación entre las cinco variedades se determinó que la más afectada es Halfblack, seguida de Albino y Negro, en tanto la deformación más recurrente se presentó en las costillas (alargamiento, deformación y aspecto quebradizo).
- 6.- Se obtuvieron un total de 1,430 imágenes de los ejemplares diafanizados y sus estructuras que reflejan de manera más clara y detallada las deformaciones presentes, material de gran valor para estudios posteriores.

Dado que no se han realizado otro tipo de estudios que abarquen el ámbito genético no se pueden determinar las causas exactas por las que existe un incremento en la expresión de un fenotipo deforme, únicamente se puede inferir que estas malformaciones óseas son

heredables y se enfatizan cuando la mezcla ocurre entre ejemplares emparentados, por lo que para obtener resultados más certeros se recomienda realizar este tipo de estudios a nivel genético que permitan obtener un conocimiento y un sustento mayor sobre el tema.

XI. LITERATURA CITADA

- Afonso, J.M., D. Montero, L. Robaina, N. Astorga, M.S. Izquierdo & R. Ginés. (2000). **Association of a lordosis- scoliosis-kyphosis deformity in gilthead sea bream (*Sparus aurata*) with family structure.** Fish Physiol. Biochem., 22: 159-163.
- Anadu, D. I., Anozie, O. C. and Anthony, A. D. (1990). **Growth responses of Tilapia zilliifed diets containing various levels of ascorbic acid and cobalt chloride.** Aquaculture, 88: 329-336.
- Astorga, N; Valencia, A; Fernández-Palacios, H; Montero, D; Zamorano, M.J; Afonso, J.M. (1999). **Estudio de malformaciones esqueléticas en reproductores y descendientes de dorada (*Sparus aurata*), con control de la consanguinidad.** Instituto Español de Oceanografía. Centro Oceanográfico de Canarias. Ctra. San Andrés s/n. Tenerife. Las Palmas, España.
- Astorga N, Valencia, A; Fernández-Palacios, H; Montero, D; Zamorano, MJ; Alfonso, JM. (1999). **Efecto de la lordosis y la consanguinidad en la calidad de la puesta de dorada (*Sparus aurata*).** Universidad de Las Palmas de Gran Canaria-Facultad de Veterinaria. Pp -2.
- Boglione, C., F. Gagliardi, M. Scardi & S. Cataudella. (2001). **Skeletal descriptors and quality assessment in larvae and post-larvae of wild caught and hatchery reared gilthead sea bream (*Sparus aurata* L. 1758).** Aquaculture, 192: 1-22.
- Concha, I. (2006). **Diafanización.** Universidad Santo Tomas: Unidad de Anatomía veterinaria. Recuperado de www.anato.cl/global/9-tecanatomicas/diaf/9Aqd0001.pps
- Dawson, A.B. (1926). A note on the staining of the skeleton of cleared specimens in alizarin red S. Stain Technique. 1:123-4.

- De Silva, S. S., Gunasekera, R. M. and Atapattu, D., (1989). **The dietary protein requirements of young tilapia and an evaluation of the least cost dietary protein levels.** *Aquaculture*, 80: 271- 284.
- Georgakopoulou, E., Angelopoulou, P. Kaspiris, P. Divanach & G. Koumoundouros. (2007). **Temperature effects on cranial deformities in European sea bass, *Dicentrarchus labrax* (L.).** *J. Appl. Ichthyology.*, 23: 99-103.
- Gersenowies, R.J.R y Sánchez, F.G. (2010). **Descripción anatómica del esqueleto de los tractos respiratorios superiores del periquito australiano (*Melopsittacus undulatus*).** *Int. J. Morphol., Laboratorio de anatomía animal comparada. Unidad de Morfología y función. Facultad de Estudios Superiores Iztacala. Estado de México.* 28(1): 85-92.
- Gisbert, E; Fernández I; Esteves A, (2008). **Nutrición y Morfogénesis: Efecto de la dieta sobre la calidad larvaria de los peces.** Sant Carles de la Rápita (Tarragona) España. Pp. 46-78.
- Green, M.C. (1952). **A Rapid Method for Clearing and Staining Specimens for the demonstration of bone.** *The Ohio Journal of Science.* V. 52 n1. Pp 31-33.
- Hernández, D.R., Casciotta, J.R., Santitnón, J.J., Sánchez, S., Domitrovic, H.A. (2012). **Desarrollo Ontogénico de la Columna Vertebral y del Esqueleto Caudal en Larvas de *Rhamdia quelen* en Condiciones de Larvicultura Intensiva.** *Int. J. Morphol.*, 30 (4):1520-1525.
- Holden, M.J y Raitt, D.F.S. (1975). **Manual de ciencias pesqueras parte 2- Método para investigar los recursos y su aplicación.** Food and Agriculture organization of the United Nations (FAO).
- Hollister, G. (1934). **Clearing and dyeing fish for bone study.** *Zoológica* 10: 89-101.

- Luna-Figueroa, J. (1999). **Influencia de alimento vivo en la reproducción y crecimiento del pez ángel *Pterophyllum scalare* (Pisces:Cichlidae)**. Acta Universitaria, 9 (2): 34-40.
- Marks, J. (1995). **Angelfish Factory, breeding freshwater angelfish for fun and profit**. Aquarium Fish Magazine, 7 (11): 36-47.
- Marks, J. (1996). **The Freshwater Angelfish**. Aquarium Fish Magazine, 8:35- 41.
- Moyle, B.B. y Cech, J.J. (1988). **Fishes an Introduction to Ichthyology**. 2ª Ed. Prentice-Hall. New Jersey. Pp. 559.
- Negrín-Báez, Navarro, A., Lee-Montero, Soula, M., Afonso, J.M. y Zamorano, M.J. (2015). **Inheritance of skeletal deformities in gilthead sea bream (*Sparus aurata*) -lack of operculum, lordosis, vertebral fusion and LSK complex**. J. Anim. Sci. 2015.93:53–61.
- Norton, J. (1994). **Notched-An Angelfish Deformity**. Freshwater And Marine Aquarium magazine. Vol. 17, #3.
- Olivares, R., Rojas, M. (2013). **Esqueleto Axial y Apendicular de Vertebrado**. Int. J. Morphol., 31(2) pp.378-387
- Pineda, S.H., Restrepo, L.F y Olivera, A.M. (2004). **Comparación morfométrica entre machos y hembras de Cachama Negra (*Colossoma macropomum*, Cuvier 1818) mantenidos en estanque**. Rev. Col .Cienc. Pec. Vol. 17: 24-29.
- Rodríguez, F.R., Algarilla, D.G. (2012). **Diafanización: Técnica modificada por solución rojo carmín**. Primer Congreso Virtual de Ciencias Morfológicas. Primera Jornada Científica de la Cátedra Santiago Ramón y Cajal. Facultad de Ciencias Médicas, Universidad Católica de Cuyo. San Juan Argentina, Pp. 1- 3.

Strauss, R. E. y Bookstein L. F. (1982). **The Truss: Body form reconstructions in morphometrics**. Texas Tech University. Systematic Zoology. 31 (2). Pp. 113-135.

XII. ANEXOS

Anexo 1. Técnica de diafanización de Dawson modificada por Gersenowies y Sánchez 2010.

- 1) Los organismos ya fijados en formol al 4% durante un día se enjuagaron para retirar el exceso de fijador y se dejaron en agua por 1 día.
- 2) Al finalizar el proceso de eliminación de formol, se procedió a separar a los organismos por variedades para descamarlos y eviscerarlos, esto con el fin de facilitar la entrada de colorante durante la aplicación de la técnica.
- 3) Los especímenes completos fueron sometidos a un proceso de tinción simple que consistió en los siguientes pasos:
- 4) Se inició el proceso de deshidratación con un tren de alcohol etílico (20- 96%) por un aproximado de 1 a 2 días en cada solución.
- 5) Se colocaron en agua por un día para la eliminación del exceso de alcohol.
- 6) Se realizó una inmersión en una solución al 0.1% de rojo de Alizarina (que tiñe las estructuras calcificadas) y que consiste en 0.1% de rojo de alizarina en hidróxido de potasio al 4% por un periodo de 2 a 4 días. Cabe destacar que este se tuvo que cambiar entre 2 y tres veces por el alto contenido de grasa entre los músculos de los ejemplares.
- 7) Al concluir con esto, se sumergieron en una solución de hidróxido de potasio al 4% para la digestión alcalina de los tejidos suaves por un periodo aproximado de 2 a 4 semanas verificándolos cada semana hasta estuvieron completamente diafanizados. Debido a que se presentó el mismo problema de la saponificación del reactivo también tuvo que reemplazarse por nuevo entre 2 y 3 veces debido a la grasa que contenían los organismos.
- 8) Se lavaron nuevamente con agua.
- 9) Se pasaron por un tren de Glicerina (40,60 ,80 ,90 y 100%) para concluir el proceso de aclaramiento.
- 10) Se almacenaron en Glicerina pura (100%).

Anexo 2. Tabla de las mediciones realizadas

Variedad	LT	LP	Altura	anchura	LC	AC	LO	LCV	LptN	LptH	Apecl	ApA	ApelL	ApeA	AaL	AaA	AdL	AdA	AcaL	AcaA
Plateado 1	5.98	4.11	3.09	0.57	1.79	1.7	0.44	2.99	0.63	0.72	1.23	0.32	3.46	0.23	2.71	2.04	3.78	2.45	2.11	0.68
Plateado 2	5.35	4.23	3.11	0.5	1.64	1.7	0.43	3.19	0.55	0.73	1.25	0.29	2.5	0.25	3.38	2.03	4.49	2.43	2.15	0.73
Plateado 3	8.35	4	2.76	0.51	1.63	1.76	0.51	2.74	0.51	0.64	1.46	0.22	4.86	0.22	5	2.06	6.19	2.32	4.59	0.69
Plateado 4	6.47	4.07	2.89	0.61	1.75	1.68	0.53	3.01	0.55	0.72	1.32	0.29	3.65	0.22	4.35	2.12	4.53	2.36	2.48	0.78
Plateado 5	7.46	4.4	2.91	0.51	1.79	1.82	0.46	3.11	0.65	0.78	1.76	0.26	4.45	0.23	5.42	2.16	6.12	2.46	3.38	0.71
albino 1	4.23	2.59	2.87	0.34	1.56	1.89	0.23	1.34	0.9	0.78	1.98	0.9	3.56	0.67	3.56	1.9	2.93	1.34	1.33	0.56
albino 2	6.9	4.89	3.56	0.95	1.7	1.85	0.66	3.17	0.64	0.36	1.6	0.3	4.44	0.27	4.48	1.89	4.14	2.49	2.53	0.86
albino 3	6.74	3.34	3.01	0.58	1.35	1.45	0.45	2.12	0.51	0.47	1.62	0.29	1.86	0.16	1.93	0.64	3.98	1.86	3.35	0.51
albino 4	5.02	3.7	1.57	0.63	1.56	1.7	0.48	2.58	0.52	0.65	1.59	0.25	4.63	0.38	4.78	1.97	5.06	0.58	4.71	0.79
albino 5	7.69	2.95	3.19	0.82	1.97	2.08	0.68	1.79	0.54	0.48	1.32	0.34	0.91	0.35	2.58	1.41	2.03	0.72	0.68	0.68
negro 1	4.39	3.15	2.36	0.9	1.82	1.89	0.65	2.6	0.78	0.54	0.58	0.27	0.82	0.39	1.54	1.13	1.79	1.56	0.75	0.54
negro 2	6.27	5.09	3.71	1.08	2.05	2.53	0.66	3.12	0.88	1.07	1.7	0.41	1.03	0.22	2.7	2.59	4.25	1.42	1.79	0.69
negro 3	7.27	5.51	4.46	1.03	2.23	2.4	0.73	3.15	1.01	1.12	1.52	0.41	1.38	0.28	2.64	2.85	2.36	2.78	2.43	1.01
negro 4	4.22	3.23	3.33	0.73	2.04	2.08	0.52	2.43	0.84	0.88	1.78	0.34	1.07	0.23	1.75	1.6	2.04	0.75	1.05	0.41
negro 5	4.48	3.42	2.72	0.75	1.83	2.05	0.61	2.11	0.74	0.71	0.84	0.35	1.09	0.32	1.45	0.79	2.11	1.82	1.35	0.51
negro 6	6.28	3.93	2.29	0.46	1.58	1.61	0.41	2.52	0.68	0.59	0.93	0.21	5.45	0.22	5.1	1.91	4.5	2.4	2.41	0.64
negro 7	8.64	4.27	2.55	0.55	1.79	1.66	0.41	2.51	0.46	0.69	0.91	0.24	2.37	0.19	6.36	2.18	7.25	2.54	6.33	0.68
negro 8	6.54	3.82	2.88	0.5	1.74	1.67	0.4	2.33	0.77	0.81	0.69	0.25	5.79	0.21	4.92	2.99	5.19	2.56	2.26	0.6
negro 9	7.56	4.09	1.47	0.34	1.52	1.55	0.41	2.32	0.52	0.87	0.01	0.14	1.49	0.15	3.8	1.48	6.07	1.46	3.5	0.59
negro 10	7.71	5.18	6.18	1.26	2.87	2.87	0.69	2.38	0.6	0.9	3.37	0.48	2.5	0.31	3.71	2.41	4.62	2.74	2.65	1.11
negro 11	8.65	5.58	4.85	1.19	2.75	2.75	0.7	3.05	1.08	0.94	2.96	0.38	2.47	0.49	5.03	2.59	6.89	3.04	2.91	1.1
negro 12	8.16	5.62	4.58	1.2	2.6	2.6	0.62	2.65	1.15	0.98	1.95	0.39	2.76	0.41	4.13	2.38	5.98	2.64	2.71	1.18
negro 13	12.45	4.7	1.46	0.77	2.17	1.86	0.51	3.49	0.81	0.69	1.34	0.34	8.34	0.29	8.48	2.49	6.78	3.04	7.55	0.96
halfblack 1	8.79	3.8	3.08	0.79	2.13	1.96	0.51	2.16	0.86	0.51	2.02	0.4	1.73	0.34	4.88	0.86	5.66	1.96	5.34	0.97
halfblack 2	7.69	4.53	4.02	1	2.46	2.48	0.78	2.84	1.2	1.09	1.65	0.5	1.27	0.26	2.39	2.25	3.16	2.94	3.04	0.66
halfblack 3	7.56	4.65	4.48	1.13	2.48	2.27	0.72	2.66	0.92	0.85	1.77	0.58	0.91	0.35	1.74	2.12	3.34	3.07	2.11	0.54
halfblack 4	5.89	4.39	2.96	0.74	1.77	2.05	0.45	3.29	0.63	0.81	1.04	0.23	0.73	0.34	1.52	2.35	1.14	1.38	1.49	1.87
halfblack 5	4.6	3.91	2.96	0.45	1.82	1.66	0.43	2.59	0.78	0.91	1.07	0.27	1.33	0.31	3.41	1.97	4.59	2.58	0	0.62
halfblack 6	8.46	6.42	2.89	0.59	1.58	1.73	0.41	2.99	0.8	0.99	0.32	0.29	1.16	0.23	5.82	2.11	6.05	2.28	4.04	0.65
halfblack 7	7.55	3.99	2.3	0.76	1.99	1.99	0.54	2.03	0.41	0.67	1.23	0.28	5.64	0.26	4.2	2.45	3.91	1.64	1.84	0.78

halfblack 8	11.23	6.44	4.07	1.03	2.69	2.64	0.6	2.96	1.16	0.76	2.74	0.43	6.5	0.3	7.33	2.14	7.89	1.2	6.24	0.44
halfblack 9	8.16	5.7	4.35	1.01	2.41	2.12	0.56	3.91	1.09	1.1	1.65	0.37	4.12	0.29	3.73	0.91	4.75	3.07	2.31	1.11
perlado 1	6.78	4.73	2.92	0.72	2.19	1.99	0.55	3.09	0.54	0.86	1.22	0.32	1.44	0.24	2.82	2.39	2.57	1.2	1.91	0.87
perlado 2	7.39	5.59	3.58	0.72	2.27	2.2	0.52	3.48	0.85	1.41	1.22	0.3	2.19	0.38	3.43	1.21	4.36	3.01	2.13	0.91
perlado 3	5.39	3.39	2.44	0.65	1.67	1.87	0.58	2.08	0.59	0.72	1.1	0.23	1.2	0.23	2.35	1.54	4.29	1.3	2.09	0.56
perlado 4	9.19	3.78	3.03	0.77	2.11	1.95	0.54	2.09	0.81	0.67	0.01	0.31	6.05	0.27	6.27	1.7	6.92	1.63	5.69	0.82
perlado 5	10.86	4.5	3.28	0.8	2.3	2.3	0.59	2.53	0.85	1.09	1.4	0.36	4.33	0.26	6.43	2.19	8.73	2.29	6.78	0.55

Tabla 4. Mediciones morfométricas realizadas

