



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
POSGRADO EN CIENCIAS DEL MAR Y LIMNOLOGÍA
BIOLOGÍA MARINA

"DIVERSIDAD MORFOLÓGICA DE LA VEJIGA GASEOSA EN LA FAMILIA
GERREIDAE (PISCES: TELEOSTEI)"

TESIS
QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:
MAESTRA EN CIENCIAS

PRESENTA:
BIÓL. JAZMÍN TERÁN MARTÍNEZ

TUTOR
DR. ABRAHAM KOBELKOWSKY DÍAZ
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA, UNIDAD IZTAPALAPA

MIEMBROS DEL COMITÉ TUTOR
DR. FRANCISCO XAVIER CHIAPPA CARRARA
FACULTAD DE CIENCIAS, UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

DR. CÉSAR FLORES COTO
INSTITUTO DE CIENCIAS DEL MAR Y LIMNOLOGÍA

DR. ADRIÁN FELIPE GONZÁLEZ ACOSTA
CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE CIENCIAS MARINAS

DRA. ROCÍO RODILES HERNÁNDEZ
EL COLEGIO DE LA FRONTERA SUR

MÉXICO, D. F. NOVIEMBRE 2015



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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



“Diversidad morfológica de la vejiga gaseosa en la familia Gerreidae (Pisces: Teleostei)”

T E S I S

que para obtener el grado académico de

Maestría en Ciencias
(Biología Marina)

p r e s e n t a

Biól. Jazmín Terán Martínez

Director de tesis:
Dr. Abraham Kobelkowsky Díaz

Comité Tutorial:
Dr. Xavier Chiappa Carrara
Dr. César Flores Coto
Dr. Adrián Felipe González Acosta
Dra. Rocío Rodiles Hernández

México DF, 2015

"....Que los
diccionarios detengan las balas.."

J. sabina

Agradecimientos:

A la Universidad Nacional Autónoma de México.

Al Posgrado en Ciencias del Mar y Limnología.

Al Consejo Nacional para la Ciencia y Tecnología.

Al Dr. Abraham Kobelkowsky Díaz.

A la Dra. Rocío Rodiles Hernández.

Al Dr. Adrián Felipe González Acosta.

Al Dr. César Flores Coto.

Al Dr. Xavier Chiappa Carrara.

Al Laboratorio de Peces de la Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Iztapalapa.

Al Laboratorio de Ecología Estuarina de la Facultad de Estudios Superiores Iztacala, UNAM.

Al laboratorio de Ecología, Centro de Investigaciones de Ciencias Marinas IPN, La Paz, Baja California Sur.

A la Colección Ictiológica del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM.

A la Colección Ictiológica del Colegio de la Frontera Sur, Unidad San Cristóbal de las Casas.

A la Colección Ictiológica del Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, La Paz, Baja California Sur.

Al Dr. Eduardo Francisco Balart Páez

Al Dr. Ángel Alfonso González Díaz.

Al As. a Dr. Oscar Uriel Mendoza Vargas.

Dedicatoria:

A mi madre por ser mi ejemplo de esfuerzo y motivación constante, a mi hermana Marisol por creer siempre en mí, a mis sobrinos Demián, Fernanda, Kalid y Diego que son fuente de renovada alegría, que aun en los peores momentos conservamos nuestro lazo de amor.

A Neftalí por enseñarme a vivir en libertad y ser ejemplo de dignidad.

A mis amigas que son ya parte de mi familia, Marlene, Bety y Karla.

A las bellas personas que he conocido en este camino, Andrea Guzmán, Andrea Ramírez y Paola, gracias por los hermosos momentos compartidos.

A mis compañeras de laboratorio, Iraíz y Cristina, gracias por las risas, los abrazos y las muestras de cariño.

A Uriel Mendoza, por compartir tanto conocimiento y siempre apoyarme.

Con todo mi cariño y amor para las personas que me han acompañado en este camino, algunas que ya han partido, otras que siguen siempre constantes, otras que han decidido tomar rumbos diferentes, a los no nombrados, gracias por motivarme y darme la mano cuando sentía que el camino terminaba, a ustedes por siempre mi corazón y mi agradecimiento.

ÍNDICE

I. RESUMEN	8
II. LISTA DE FIGURAS	9
III. LISTA DE TABLAS.....	12
1. INTRODUCCIÓN	13
2. ANTECEDENTES.....	16
3. OBJETIVOS.....	19
3.1.OBJETIVO GENERAL	19
3.2.OBJETIVOS ESPECÍFICOS	19
4. MATERIALES Y MÉTODOS.....	20
5. RESULTADOS	23
5.1.VEJIGA GASEOSA	23
5.1.1. Patrón morfológico de la vejiga gaseosa en la familia Gerreidae.....	23
5.1.2. Descripción de la vejiga gaseosa en especies selectas de la familia Gerreidae	24
5.1.2.1. <i>Diapterus auratus</i>	24
5.1.2.2. <i>Diapterus brevirostris</i>	24
5.1.2.3. <i>Diapterus rhombeus</i>	29
5.1.2.4. <i>Eucinostomus currani</i>	29
5.1.2.5. <i>Eucinostomus dowii</i>	34
5.1.2.6. <i>Eucinostomus entomelas</i>	34
5.1.2.7. <i>Eugerres plumieri</i>	39
5.1.2.8. <i>Eugerres castroaguirrei</i>	39
5.1.2.9. <i>Eugerres lineatus</i>	45
5.1.2.10. <i>Eugerres mexicanus</i>	45
5.1.2.11. <i>Gerres cinereus</i>	50
5.1.3. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA VEJIGA GASEOSA DE LAS ESPECIES ANALIZADAS DE LA FAMILIA GERREIDAE.	53
5.2.OÍDO INTERNO	60
5.2.1. Patrón morfológico del oído interno en la familia Gerreidae.....	60
5.2.2. Descripción del oído interno en especies seleccionadas de la familia Gerreidae	60
5.2.2.1. <i>Eucinostomus currani</i>	60
5.2.2.2. <i>Eucinostomus dowii</i>	62
5.2.2.3. <i>Eucinostomus entomelas</i>	64
5.2.2.4. <i>Gerres cinereus</i>	66
5.2.3.CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL OÍDO INTERNO EN ESPECIES SELECCIONADAS DE LA FAMILIA GERREIDAE.	69
6. DISCUSIÓN	70

7. CONCLUSIONES.....	77
8. LITERATURA CITADA	79
9. ANEXOS.....	84
Anexo 1. Técnica de disección de la vejiga gaseosa en <i>Diapterus auratus</i>	84
Anexo 2. Técnica de disección del oído interno en <i>Eucinostomus dowii</i>	93

I. RESUMEN

En el presente trabajo, se describió la morfología de la vejiga gaseosa de 11 especies de peces de la familia Gerreidae. Se detallaron las relaciones topográficas de la vejiga gaseosa con los órganos de la cavidad visceral. Se describió la anatomía del oído interno en aquellas especies en que se encontró una relación directa con la vejiga gaseosa. Con el objeto de realizar la descripción anatómica se dispuso de 121 ejemplares colectados en las vertientes atlántica y pacífica de México, los cuales se fijaron con formaldehído y se conservaron en alcohol etílico. Para realizar las figuras se utilizó un tubo de dibujo acoplado a un microscopio estereoscópico. Se describió un patrón morfológico de la vejiga gaseosa consistente en una cámara ovoide con la presencia de divertículos anteriores. Cada género de mojarras presentó una forma particular; en este sentido, el género *Diapterus* fue el que presentó mayores diferencias interespecíficas. Se observó en la porción anterior de la vejiga la dirección, el tamaño, la forma de los divertículos anteriores y se determinó la conexión con el oído interno. En la porción posterior de la vejiga gaseosa se identificó, la presencia o ausencia de divertículos posteriores, la presencia o ausencia de músculos intrínsecos y el lugar donde se fija dicho órgano. Basándose en la relación de la vejiga con el oído interno, se identificaron dos grupos: el primero *Diapterus* y *Eugerres*, donde no hay conexión con el oído y el segundo *Gerres* y *Eucinostomus* los cuales presentan conexión de la vejiga gaseosa con el oído interno. Dicha condición representa una adaptación, donde percibe de manera mas eficiente las ondas sonoras provenientes del medio ambiente, debido a que la vejiga gaseosa funciona como una cámara de resonancia, donde los estímulos ambientales son amplificados y posteriormente procesados en el oído interno.

II. LISTA DE FIGURAS

1. Organografía de la cavidad visceral de *Diapterus auratus*. Vista lateral izquierda.
2. Posición de la vejiga gaseosa dentro de la cavidad visceral de *Diapterus auratus*. Vista lateral izquierda.
3. Vejiga gaseosa de *Diapterus auratus*. a) Vista dorsal. b) Vista lateral izquierda.
4. Organografía de la cavidad visceral de *Diapterus brevirostris*. Vista lateral izquierda.
5. Posición de la vejiga gaseosa dentro de la cavidad visceral de *Diapterus brevirostris*. Vista lateral izquierda.
6. Vejiga gaseosa de *Diapterus brevirostris*. a) Vista dorsal. b) Vista lateral izquierda.
7. Organografía de la cavidad visceral de *Diapterus rhombeus*. Vista lateral izquierda.
8. Posición de la vejiga gaseosa dentro de la cavidad visceral de *Diapterus rhombeus*. Vista lateral izquierda.
9. Vejiga gaseosa de *Diapterus rhombeus*. a) Vista dorsal. b) Vista lateral izquierda.
10. Organografía de la cavidad visceral de *Eucinostomus currani*. Vista lateral izquierda.
11. Posición de la vejiga gaseosa dentro de la cavidad visceral de *Eucinostomus currani*. Vista lateral izquierda. El símbolo triangular indica la unión de la vejiga gaseosa con el oído interno.
12. Vejiga gaseosa de *Eucinostomus currani*. a) Vista dorsal. b) Vista lateral izquierda.
13. Organografía de la cavidad visceral de *Eucinostomus dowii*. Vista lateral izquierda.
14. Posición de la vejiga gaseosa dentro de la cavidad visceral de *Eucinostomus dowii*. Vista lateral izquierda. El símbolo triangular indica la unión de la vejiga gaseosa con el oído interno.
15. Vejiga gaseosa de *Eucinostomus dowii*. a) Vista dorsal. b) Vista lateral izquierda. La flecha indica el cono interhemal.
16. Organografía de la cavidad visceral de *Eucinostomus entomelas*. Vista lateral izquierda.
17. Posición de la vejiga gaseosa dentro de la cavidad visceral de *Eucinostomus entomelas*. Vista lateral izquierda. El símbolo triangular indica la unión de la vejiga gaseosa con el oído interno.
18. Vejiga gaseosa de *Eucinostomus entomelas*. a) Vista dorsal. b) Vista lateral izquierda.
19. Organografía de la cavidad visceral de *Eugerres plumieri*. Vista lateral izquierda.
20. Región opercular (sin opérculo y sin arcos branquiales) de *Eugerres plumieri*. Vista lateral izquierda.
21. Región opercular (sin hueso supracleitrum) de *Eugerres plumieri*. Vista lateral izquierda.
22. Posición de la vejiga gaseosa dentro de la cavidad visceral de *Eugerres plumieri*. Vista lateral izquierda.
23. Vejiga gaseosa de *Eugerres plumieri*. a) Vista dorsal. b) Vista lateral izquierda. Las flechas indican la posición del pseudotímpano.
24. Organografía de la cavidad visceral de *Eugerres castroaguirrei*. Vista lateral izquierda.

25. Posición de la vejiga gaseosa dentro de la cavidad visceral de *Eugerres castroaguirrei*. Vista lateral izquierda.
26. Vejiga gaseosa de *Eugerres castroaguirrei*. a) Vista dorsal. b) Vista lateral izquierda. Las flechas indican la posición del pseudotímpano.
27. Organografía de la cavidad visceral de *Eugerres lineatus*. Vista lateral izquierda.
28. Posición de la vejiga gaseosa dentro de la cavidad visceral de *Eugerres lineatus*. Vista lateral izquierda.
29. Vejiga gaseosa de *Eugerres lineatus*. a) Vista lateral izquierda. b) Vista dorsal. Las flechas indican la posición del pseudotímpano.
30. Organografía de la cavidad visceral de *Eugerres mexicanus*. Vista lateral izquierda.
31. Posición de la vejiga gaseosa dentro de la cavidad visceral de *Eugerres mexicanus*. Vista lateral izquierda.
32. Vejiga gaseosa de *Eugerres mexicanus*. a) Vista dorsal. b) Vista lateral izquierda. Las flechas indican la posición del pseudotímpano.
33. Organografía de la cavidad visceral de *Gerres cinereus*. Vista lateral izquierda. La flecha de mayor tamaño indica la unión de la vejiga gaseosa con el oído interno.
34. Posición de la vejiga gaseosa dentro de la cavidad visceral de *Gerres cinereus*. Vista lateral izquierda.
35. Vejiga gaseosa de *Gerres cinereus*. a) Vista dorsal. b) Vista lateral izquierda.
36. Vejiga gaseosa de: *D. auratus*, *D. rhombeus*, *D. brevirostris*, *E. currani*, *E. dowii*, *E. entomelas*, *E. castroaguirrei*, *E. lineatus*, *E. mexicanus*, *E. plumieri* y *G. cinereus*. Vista lateral izquierda.
37. Vejiga gaseosa de: *D. auratus*, *D. rhombeus*, *D. brevirostris*, *E. currani*, *E. dowii*, *E. entomelas*, *E. castroaguirrei*, *E. lineatus*, *E. mexicanus*, *E. plumieri* y *G. cinereus*. Vista dorsal.
38. Vista lateral izquierda del oído interno dentro del neurocráneo en *Eucinostomus currani*.
39. Oído interno de *Eucinostomus currani*. A. Vista lateral. B. Vista dorsal. C. Vista ventral.
40. Vista lateral izquierda del oído interno dentro del neurocráneo en *Eucinostomus dowii*.
41. Oído interno de *Eucinostomus dowii*. A. Vista lateral. B. Vista dorsal. C. Vista ventral.
42. Vista lateral izquierda del oído interno dentro del neurocráneo en *Eucinostomus entomelas*.
43. Oído interno de *Eucinostomus entomelas*. A. Vista lateral. B. Vista dorsal. C. Vista ventral.
44. Vista lateral izquierda del oído interno dentro del neurocráneo en *Gerres cinereus*.
45. Oído interno de *Gerres cinereus*. A. Vista lateral. B. Vista dorsal. C. Vista ventral.
46. *Diapterus auratus*. Vista lateral izquierda.
47. Región opercular y de la cintura escapular sin escamas y sin piel de *Diapterus auratus*. Vista lateral izquierda.
48. Región opercular y de la cintura escapular después de retirar el opérculo de *Diapterus auratus*, vista lateral izquierda.
49. Región opercular sin filamentos branquiales de *Diapterus auratus*. Vista lateral izquierda.

50. Región opercular después de retirar la cintura escapular de *Diapterus auratus*, vista lateral izquierda.
51. Localización del divertículo anterior de *Diapterus auratus*, entre la musculatura del cuerpo y las primeras costillas epipleurales. Vista lateral izquierda.
52. Divertículo anterior de *Diapterus auratus*, después de retirar parte de la musculatura del cuerpo. Vista lateral izquierda.
53. Organografía de la cavidad visceral de *Diapterus auratus*. Vista lateral izquierda.
54. Posición de la vejiga gaseosa dentro de la cavidad visceral de *Diapterus auratus*. Vista lateral izquierda.
55. Vejiga gaseosa de *Diapterus auratus*. a) Vista dorsal. b) Vista lateral izquierda.
56. Región cefálica de *Eucinostomus dowii*. Vista lateral izquierda. El recuadro delimita el área de análisis anatómica.
57. Musculatura de la región temporal de *Eucinostomus dowii*. Vista lateral izquierda.
58. Esqueleto de la región temporal del neurocráneo de *Eucinostomus dowii*. Vista lateral izquierda.
59. Región opercular de *Eucinostomus dowii*, sin filamentos branquiales, después de retirar el operculo y la cintura pectoral. Vista lateral izquierda.
60. Región opercular de *Eucinostomus dowii*, después de retirar el hiomandibular y los músculos branquiales.
61. Cápsula ótica de *Eucinostomus dowii*, después de retirar los nervios craneales y el aparato branquial. Vista lateral izquierda.
62. Vista lateral izquierda del oído interno en *Eucinostomus dowii*.
63. Vista dorsal de los oídos internos en *Eucinostomus dowii*.
64. Oídos internos y encéfalo en *Eucinostomus dowii*. a) Vista dorsal. b) Vista ventral.
65. Oído interno de *Eucinostomus dowii*. A. Vista lateral. B. Vista dorsal. C. Vista ventral.

III. LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Características generales de la vejiga gaseosa de las especies analizadas de la familia Gerreidae

Tabla 2. Características generales del oído interno en especies seleccionadas de la familia Gerreidae.

1. INTRODUCCIÓN

Los peces de la familia Gerreidae, comúnmente conocidos como “mojarras”, se encuentran dentro del orden Perciformes, el más diversificado de los grupos de vertebrados actuales (Nelson, 2006). En América, se reconocen cerca de 22 especies válidas de la familia Gerreidae, agrupadas en cuatro géneros: *Diapterus* Ranzani, 1842, *Eucinostomus* Baird y Girard, 1855, *Eugerres* Jordan y Evermann, 1927 y *Gerres* Quoy y Gaimard, 1824 (Castro-Aguirre et al., 1999; De la Cruz-Agüero, 2001; Ruiz-Carus, 2003; González-Acosta, 2005).

Los gerreidos son teleósteos típicos de mares tropicales y subtropicales del mundo; son organismos eurihalinos, habitan principalmente lagunas costeras y estuarios someros sobre fondos arenosos y fangosos, cercanos a ambientes de manglar (Decker y Greenfield, 1987; Castro-Aguirre et al., 1999) y también se encuentran en ecosistemas coralinos (Aguirre-León et al., 1982); aunque, ocasionalmente se les puede encontrar cerca de la desembocadura de ríos. Existen dos integrantes de la familia que son estrictamente dulceacuícolas en su distribución: *Eugerres mexicanus* (Steindachner, 1863) y *Eugerres castroaguirrei* González-Acosta y Rodiles-Hernández, 2013, los cuales se localizan en la regiones sureste de México y norte de Guatemala (González-Acosta y Rodiles-Hernández, 2013). Su particular abundancia y su amplia distribución, los califica como un recurso económico de gran importancia (Yáñez-Arancibia, 1978; Aguirre-León et al., 1982; Aguirre-León y Yáñez-Arancibia, 1986; González-Acosta, 2005).

Los miembros de la familia Gerreidae, al ser uno de los grupos más representativos en sistemas acuáticos, han sido objeto de diversos trabajos principalmente de índole ecológica (e.g., Austin, 1973; Rubio, 1975; Matheson, 1981; Bonilla-Gómez et al., 2013) y taxonómica (e.g., Everman y Meek, 1886; Deckert y Greenfield, 1987; Tapia-García y Ayala-Pérez, 1996; Ortiz-Galindo et al., 2008; Álvarez-Pliego, 2009; De la Cruz-Agüero, 2012). Sin embargo, a pesar del número de trabajos de este tipo, aún persisten confusiones y omisiones selectivas sobre la taxonomía y filogenia de algunos géneros (De la Cruz-Agüero, 2001; González-Acosta, 2005; Vergara-Solana, 2012). Por lo anterior, es necesario contar con el mayor número de caracteres anatómicos, que proporcionen

información útil para ser utilizados en estudios a nivel taxonómico y sistemático que contribuyan a establecer relaciones filogenéticas.

Los diversos sistemas de órganos que integran el cuerpo de los organismos responden a cambios del medio, los cuales a través de diferentes procesos evolutivos se ven reflejados en adaptaciones de las especies. Estas modificaciones resultan ser un tema de gran relevancia para su estudio, no solo por la ventaja adaptativa que representan, sino también por proporcionar caracteres de valor taxonómico (Tominaga et al., 1996). Ejemplo de lo anterior son las modificaciones que presenta la vejiga gaseosa de los teleósteos en su forma, tamaño, posición y número de cámaras, lo cual responde a requerimientos de flotabilidad impuestos por el hábitat acuático (Liem, 1989). En algunas familias de Teleósteos, sobresale el aspecto de la presencia de prolongaciones de la vejiga gaseosa en forma de lóbulos y divertículos de varios tipos, como aquellos que se describen en la familia Sciaenidae (Sasaki, 1989), de posición anterior o posterior (Tominaga et al., 1996). Se conocen los divertículos anteriores en las familias Holocentridae, Gadidae, Cichlidae y algunos Clupeomorpha (Parmentier et al., 2011) dichos divertículos se encuentran cercanos o directamente conectados con el oído interno. Los divertículos anteriores también se describen en el género *Eucinostomus*, en el cual están estrechamente relacionados con el oído interno.

La vejiga gaseosa se encuentra situada dentro de la cavidad visceral entre el tracto digestivo y el riñón. Es un saco membranoso que contiene gases y se deriva de la región esofágica del tubo digestivo (Schulz-Mirbach et al., 2012). Entre las funciones importantes de éste órgano se encuentra: 1) actividad hidrostática, 2) accesorio para la audición, 3) producción de sonido y 4) intercambio de gases (Hall, 1924).

El grupo de los Ostariophysi, conformado por los ordenes Cypriniformes, Characiformes, Siluriformes y Gymnotiformes, se caracterizan por presentar una modificación de las cuatro primeras vértebras, llamada aparato de Weber (Bridge y Haddon, 1893; Lechner y Ladich, 2008; Diogo, 2009); dicha modificación se encuentra asociada a la porción anterior de la vejiga gaseosa y permite la transmisión del sonido al oído interno (Romer, 1973). Así, la vejiga gaseosa funciona como un órgano amplificador del sonido (Parmentier et al.,

2011), el cual realza la sensibilidad acústica en un gran número de teleósteos en los que se observa una relación estrecha entre la vejiga gaseosa y el oído interno (Diogo, 2009).

Por otro lado, se ha mencionado también la producción de sonido por contracción de músculos asociados a la vejiga gaseosa (*e.g.*, Fänge y Wittenberg, 1958; Evans, 1973; Kobelkowsky, 2003; Kobelkowsky y Ortiz-Burgos, 2008; Veerappan et al., 2009). Los músculos sonoríferos pueden ser intrínsecos o extrínsecos (Evans, 1973), usualmente se originan de la musculatura axial (Winterbottom, 1974), la cual es característica en los miembros de las familias Batrachoididae, Sciaenidae y Triglidae.

En los teleósteos inferiores se reconoce la condición fisóstoma, por estar conectada la vejiga gaseosa con el tubo o tracto digestivo por medio del llamado conducto neumático, el cual puede abrirse dorsal o ventralmente (Schulz-Mirbach et al., 2012). Mientras que en los teleósteos superiores la condición fisoclista implica la separación de la vejiga gaseosa del tubo digestivo, con ausencia del conducto neumático. En los fisóstomos el llenado de la vejiga gaseosa es tomando aire atmosférico y en los fisoclistos mediante la secreción de gases por parte de la *rete mirabilis*, una estructura intensamente vascularizada (Lagler et al., 1977). Donde la vejiga gaseosa se encuentra irrigada por la arteria celiaca, y el regreso venoso se realiza a través de la vena postcardinal (Schulz-Mirbach et al., 2012).

Aunque existen trabajos que describen modificaciones específicas de la vejiga gaseosa en algunas especies de *Eucinostomus* y *Gerres*, no hay antecedentes publicados que detallen la morfología de dicho órgano en otros representantes de la familia. Por esta razón, en el presente trabajo se describen las características morfológicas de la vejiga gaseosa y sus relaciones con otras estructuras, en especies representativas de los géneros Anfiamericanos de la familia Gerreidae. Además, se describe la morfología del oído interno en aquellas especies en las que se observa una relación directa con dicha estructura. De esta manera se presenta un análisis integral de los aspectos anatómicos de ambos sistemas.

2. ANTECEDENTES

La familia Gerreidae ha sido objeto de numerosos trabajos sobre su biología (e.g., Rubio, 1975; Etchevers, 1978; Albaret y Desfossez, 1988 y Ávila-Poveda y Lamouroux-López, 2007), sobre su ecología (e.g., Aguirre-León y Yáñez-Arancibia, 1986; Austin, 1973; Ayala-Pérez et al., 2001; Bonilla-Gómez et al., 2013; Chávez-Comparán y Hamann, 1989; Cyrus y Blaber 1982; Matheson, 1981; Rodríguez-Romero et al., 2009 y Valdez-Zenil et al. 2013), su filogenia (e.g., Ruiz-Carius y Uribe-Alcocer, 2003 y 2004; Álvarez-Pliego, 2009; Ortiz-Galindo, 2009 y Miranda-Marín, 2012), y principalmente su taxonomía (e.g., Evermann y Meek, 1886; Aguirre-León et al., 1982; Matheson, 1983; Aguirre-León, 1984; Matheson y McEachran, 1984; Deckert y Greenfield, 1987; Arenas-Granados y Acero-Pizarro, 1992; Pérez-Hernández y Zavala-Hurtado, 1993; Iwatsuki y Heemstra, 2001; González-Acosta, 2005, González-Acosta et al., 2005; Chen et al., 2007 y González-Acosta et al., 2007).

Desde el punto de vista anatómico, Gregory (1933) fue uno de los pioneros en el estudio de los gerreidos, ya que en su obra "Fish skull" describió la estructura craneal de "*Gerres lineatus*" (sic). Por su parte, Andreata (1979) describió la morfología del complejo caudal de especies de los géneros *Diapterus* y *Eucinostomus*, estableciendo comparaciones con base en la forma de los huesos epurales y la fusión de los hipurales. Así también, Andreata y Barbieri (1981) llevaron a cabo la descripción general del cráneo de "*Diapterus*" *brasilianus* (= *Eugerres brasilianus*). En tanto que Cyrus y Blaber (1982), describieron los componentes de la región bucal del género *Gerres*; Decker y Greenfield (1987) por su parte, mencionaron aspectos generales de la dentición faríngea de los géneros *Eugerres* y *Diapterus*. Mientras que, Andreata (1988, 1989) contribuyó a la descripción del esqueleto cefálico de *Diapterus* y *Gerres*.

Ortiz-Galindo (1991) y Ortiz-Galindo et al. (2008), describieron el desarrollo ontogenético inicial de *Eugerres axilaris* (sic), con base en el análisis de caracteres morfológicos, merísticos y de pigmentación. Así también, Barceló-Márquez (1998), llevó a cabo la descripción osteológica de *Diapterus rhombeus*, con base en ejemplares menores a 237 mm de longitud patrón (LP).

Estudios recientes sobre la estructura ósea de gerreidos, son los realizados por Kobelkowsky y Alemán-Rivero (2000), quienes describen de manera detallada el branquiocráneo de *Diapterus auratus*; posteriormente, Kobelkowsky (2004), describió la osteología completa de la misma especie. Más adelante, Álvarez-Pliego (2004), proporcionó algunas de las características del desarrollo osteológico de *Diapterus peruvianus* (sic), con el fin de diferenciarla de las otras especies de gerreidos en etapas que comprenden el periodo larvario hasta su transformación en juvenil. Otro ejemplo de estudios anatómicos es el realizado por Terán-Martínez (2012), quien hace la descripción completa de la musculatura estriada en la especie *Eugerres plumieri*.

Los estudios relacionados con los atributos que caracterizan la morfología general de la vejiga gaseosa se han realizado en familias como: Sciaenidae (e.g., Cohn, 1907; Srivastava, 1955 y Kobelkowsky, 2003), Clupeidae (e.g., Dehadrai, 1960; Allen et al., 1976 y Whitehead y Blaxter, 1989), Siluridae (e.g., Bridge y Haddon, 1893; Diogo, 2009), Notopteridae (e.g., Bridge, 1899; Dehadrai, 1957, 1962; Greenwood, 1963), Triglidae (e.g., Evans, 1973; Ross, 1980), Holocentridae (e.g., Nelson, 1955), siendo escasos los trabajos relacionados con la vejiga gaseosa en la familia Gerreidae.

El primero en describir algún aspecto morfológico de la vejiga gaseosa en gerreidos fue Picciolo (1960), quien detalló la formación ontogenética del primer pterigióforo de la aleta anal o “cono interhemal”, el cual recibe la parte posterior de la vejiga gaseosa en *Eucinostomus argenteus*. Posteriormente, Green (1971) ilustró la conexión de la vejiga gaseosa con el neurocráneo en *Eucinostomus gula* y *E. argenteus*. A su vez, Tominaga et al. (1996), realizaron un estudio general de la parte posterior de la vejiga gaseosa en percoideos, donde incluyeron a representantes de la familia Gerreidae (*Gerres japonicus* y *G. oyena*).

En un estudio reciente, Parmentier et al. (2011), describieron detalladamente la conexión entre la vejiga gaseosa y el oído interno en especies de *Eucinostomus*. Así mismo, presentaron detalles de la especialización morfológica del cono interhemal con la parte posterior de la vejiga gaseosa y de pruebas de sensibilidad acústica.

Considerando la importancia funcional de la vejiga gaseosa y la ausencia de estudios sobre su morfología, en la mayoría de las especies de gerreidos, se planeó como objetivo

principal de este trabajo, la descripción morfológica de este órgano y su relación con la organografía de la cavidad visceral y oído interno, en especies selectas de la familia Gerreidae.

3. OBJETIVOS

3.1. Objetivo general:

- Describir la morfología de la vejiga gaseosa de 11 especies de la familia Gerreidae.

3.2. Objetivos específicos:

- Describir las relaciones topográficas de la vejiga gaseosa con los órganos de la cavidad visceral en gerreidos.
- Detallar la anatomía del oído interno en especies selectas de la familia Gerreidae.
- Determinar la relación estructural entre la vejiga gaseosa y el oído interno de las especies seleccionadas.

4. MATERIALES Y MÉTODOS

Se dispuso de 121 ejemplares adultos colectados, en la vertiente pacífica y atlántica de México, mediante el uso de red de arrastre camaronera de prueba y atarraya, en las lagunas de Términos, Campeche; Alvarado, Tampamachoco, Pueblo Viejo y Laguna Grande, Veracruz; Piedras Gemelas, Mazatlán, Sinaloa e Isla Margarita, Baja California Sur; así como en Barra de San José El Hueyate, El Manguito, Río Lacanjá y Río Lacantún, Chiapas y Río Usumacinta, Tenosique, Tabasco.

Los ejemplares capturados se fijaron en formaldehído al 10%, para ser trasladados al Laboratorio de Peces de la Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Iztapalapa, donde se lavaron con agua corriente y se conservaron en alcohol etílico al 70%. Los ejemplares fueron identificados utilizando claves taxonómicas especializadas (e.g., Bussing, 1995, Castro-Aguirre et al., 1999, Gilmore y Greenfield, 2003).

Además, se utilizaron ejemplares obtenidos en préstamo de la Colección Ictiológica de El Colegio de la Frontera Sur, Unidad San Cristóbal de las Casas, Chiapas. Dos ejemplares de la especie *Diapterus brevirostris*, ECO-SC-5208 (1), ECO-SC-6021 (1), tres ejemplares de *Eucinostomus currani*, ECO-SC-5419 (2), ECO-SC-5778 (1), cuatro ejemplares de *Eugerres castroaguirrei* ECO-SC-1848 (2), ECO-SC-750 (1), ECO-SC-1840 (1); y dos ejemplares de *Eugerres mexicanus* ECO-SC-048 (1), ECO-SC-398 (1).

Para la realización de las figuras se utilizaron un total de 54 ejemplares, correspondientes a las especies: *Diapterus auratus* Ranzani, 1842, *Diapterus brevirostris* (Sauvage, 1879), *Diapterus rhombeus* (Cuvier, 1829), *Eucinostomus currani* Zahuranec, 1980, *Eucinostomus dowii* (Gill, 1863), *Eucinostomus entomelas* (Zahuranec, 1980), *Eugerres castroaguirrei* González-Acosta y Rodiles-Hernández, 2013, *Eugerres lineatus* (Humboldt, 1821), *Eugerres mexicanus* (Steindachner, 1863), *Eugerres plumieri* (Cuvier, 1830) y *Gerres cinereus* (Walbaum, 1792).

Con el objeto de exponer la cavidad visceral, a cada ejemplar se le retiraron las escamas y la piel del cuerpo del costado izquierdo y de la región cefálica; mediante descarnado manual se retiraron los músculos: *levator arcus palatini*, *adductor mandibulae*, *abductor superficialis* y parte del *hypaxialis* y huesos de la región opercular. Se desarticuló el hueso

opercular de su unión con el hueso preopercular, se observó la cámara branquial y la musculatura entre la cintura pectoral y los arcos branquiales.

Se retiró el aparato branquial, la musculatura de los arcos branquiales, los tendones que lo unen a la cintura pectoral y se cortó la unión con el esófago; así también, se retiraron los radios branquiostégos, los músculos *levator operculi*, *sternohyoideus* y parte de la musculatura *hypaxialis*. Posteriormente, se desarticuló el basipterigium de su unión con la cintura pectoral; de igual manera se desarticuló el hueso supracleitrum del hueso posttemporal, se cortó el ligamento de Baudelot, se retiró la cintura pectoral y se observó la cavidad pericárdica, la porción más anterior del hígado, estómago y el lóbulo renal anterior izquierdo.

Posteriormente, se retiraron los paquetes musculares axiales, que se encuentran a nivel del hueso posttemporal y la porción anterior del riñón, se observó la primera costilla epipleural; conforme se retiró la musculatura se observó la posición del divertículo anterior de la vejiga gaseosa. Así, se retiró la musculatura de la cavidad visceral y se describió la organografía de la cavidad y su relación con la vejiga gaseosa.

Finalmente, se retiraron las costillas pleurales, el peritoneo y los órganos de la cavidad visceral; se observó la forma, tamaño y posición de la vejiga gaseosa en la cavidad visceral y se realizaron las figuras correspondientes.

Después de analizar la morfología de la vejiga gaseosa de las 11 especies de la familia Gerreidae, se seleccionaron aquellas especies en las que se encontró relación directa con la cápsula ótica. Con la finalidad de exponer los oídos internos, a las especies *Eucinostomus currani*, *E. dowii*, *E. entomelas* y *Gerres cinereus*, se les retiró las escamas y piel del costado izquierdo, desde la órbita ocular hasta el posttemporal, se desarticuló el opercular de su unión con el hueso preopercular, se retiraron los músculos *levator operculi*, *levator arcus palatini*, *adductor mandibulae* y la región anterior de la musculatura *epaxialis*. Posteriormente, se removieron los filamentos branquiales, se desarticulaban los huesos preopercular, extraexcapular y posttemporal.

Por otra parte, se retiraron los músculos y tendones que se ubican entre la cintura pectoral y los arcos branquiales. Así también, se retiró la cintura pectoral, la musculatura axial que cubre la primera vértebra precaudal y las dos primeras costillas epipleurales.

De igual manera, se retiró la porción anterior del lóbulo renal izquierdo, el nervio glossofaríngeo, la musculatura branquial; se desarticuló el hueso hiomandibular y se removieron los arcos branquiales. Al separar estos elementos se observó la posición del divertículo anterior de la vejiga gaseosa.

Posteriormente, se removieron las crestas pterótica y parietal con el objeto de descubrir la posición de los canales semicirculares verticales y horizontal, se retiraron los huesos proótico, exoccipital y basioccipital, los cuales componen la cápsula ótica con el objeto de observar las máculas que componen el oído interno.

Finalmente, se realizó la descripción del oído interno, su relación con la vejiga gaseosa y las figuras correspondientes.

Las ilustraciones de las estructuras observadas se realizaron mediante un tubo de dibujo acoplado a un microscopio estereoscópico marca Leica Wild M3Z. Posteriormente, las imágenes fueron digitalizadas y editadas con el programa de cómputo Adobe Photoshop CS5 extended 12.0 x64.

La terminología del esqueleto siguió el criterio de Kobelkowsky (2004), mientras que la terminología de la musculatura sigue en lo general el criterio de Winterbottom (1974).

5. RESULTADOS

5.1. Vejiga gaseosa

5.1.1. Patrón morfológico de la vejiga gaseosa en la familia Gerreidae.

El patrón morfológico de la vejiga gaseosa en las especies seleccionadas de la familia Gerreidae, consiste en una sola cámara con forma ovoide que se extiende a lo largo de cavidad visceral y que presenta dos divertículos anteriores, uno a cada lado del cuerpo; además de presentar la región conocida como *rete mirabilis* en el extremo anteroventral.

La vejiga gaseosa de los gerreidos hace contacto por su parte anterior con el hígado y con el músculo *retractor dorsalis*. Por la parte medioventral se contacta con el estómago, en la porción posteroventral con el intestino y las gónadas; en la parte dorsal se encuentra en contacto a todo lo largo con los mesonefros. La vejiga gaseosa se relaciona principalmente con las costillas pleurales o ventrales, fijándose a estas por medio de la túnica externa, y con la musculatura axial que cubre la cavidad visceral.

Se observaron una serie de marcas en forma de canales a cada lado de la vejiga gaseosa, la porción más dorsal se genera por la parapófisis de las vértebras precaudales y el resto por la unión de la túnica externa con las costillas pleurales; además, se observa a lo largo de la región dorsal la marca de los mesonefros, desde la región anterodorsal hasta la región posterodorsal.

La vejiga gaseosa se encuentra rodeada por el peritoneo visceral, el cual tiene su unión a lo largo de la región ventral, donde se desprenden, en las hembras, los mesovaria (mesenterio de los ovarios) y en los machos, los mesorquia (mesenterio de los testículos).

Se reconocieron diferencias notables entre cada una de las especies examinadas en la forma y tipo de divertículos anteriores y posteriores.

5.1.2. Descripción de la vejiga gaseosa en especies selectas de la familia Gerreidae

5.1.2.1. *Diapterus auratus*

La vejiga gaseosa en la mojarra guacha, se localiza dorsalmente a lo largo de la cavidad visceral, desde el nivel de la vértebra 2 hasta la vértebra 12 (Figura 1). La vejiga gaseosa es ovoide. La región anterior es redondeada y se desarrolla a cada lado del cuerpo un divertículo tubular ciego de carácter extravisceral, el cual se extiende hacia la región posterior del cuerpo, se subica por encima de las costillas pleurales o ventrales y entre la musculatura *hypaxialis*, llegando al nivel de la vértebra 13, pero sin presentar una unión firme con la espina hemal. Los divertículos anteriores no hacen contacto con el neurocráneo, por lo tanto, no hacen contacto con el oído interno (Figura 2).

La parte posterior de la cámara de la vejiga gaseosa es redondeada (Figura 3), no presenta divertículos posteriores y alcanza el primer pterigióforo anal, pero sin tocar el piso de la cavidad visceral, su posición está dirigida hacia la primera espina anal al nivel del orificio anal.

5.1.2.2. *Diapterus brevirostris*

La vejiga gaseosa en la mojarra de aletas amarillas, se localiza dorsalmente a lo largo de la cavidad visceral y a diferencia de *D. auratus*, se extiende extravisceralmente por la región caudal, se ubica al nivel de las vértebras 1 y 12 (Figura 4); es ovoide, su parte anterior es redondeada y presenta a cada lado del cuerpo un divertículo anterior cónico que termina ciego y de carácter extravisceral; ambos divertículos están orientados hacia atrás y se extienden por encima de la primera costilla pleural y por debajo de la musculatura *hypaxialis*, a diferencia de *D. auratus*, que se extiende hasta el nivel de la vértebra 13. Los divertículos anteriores no presentan conexión con el oído interno (Figura 5).

La región posterior se continúa como dos divertículos posteriores tubulares ciegos (Figura 6), que se proyectan fuera de la cavidad visceral, uno a cada lado del cuerpo y que se extienden por la región caudal; dichos divertículos pasan por encima de la porción media del primer pterigióforo anal, de la musculatura de la aleta anal y posteriormente por encima del músculo *infracarinalis posterior*, llegando al nivel del complejo caudal, pero sin presentar una unión firme. La porción más distal se adelgaza notablemente en

comparación con el cuerpo de la vejiga gaseosa, el cual se encuentra cubierto por una delgada capa de músculo, piel y escamas.

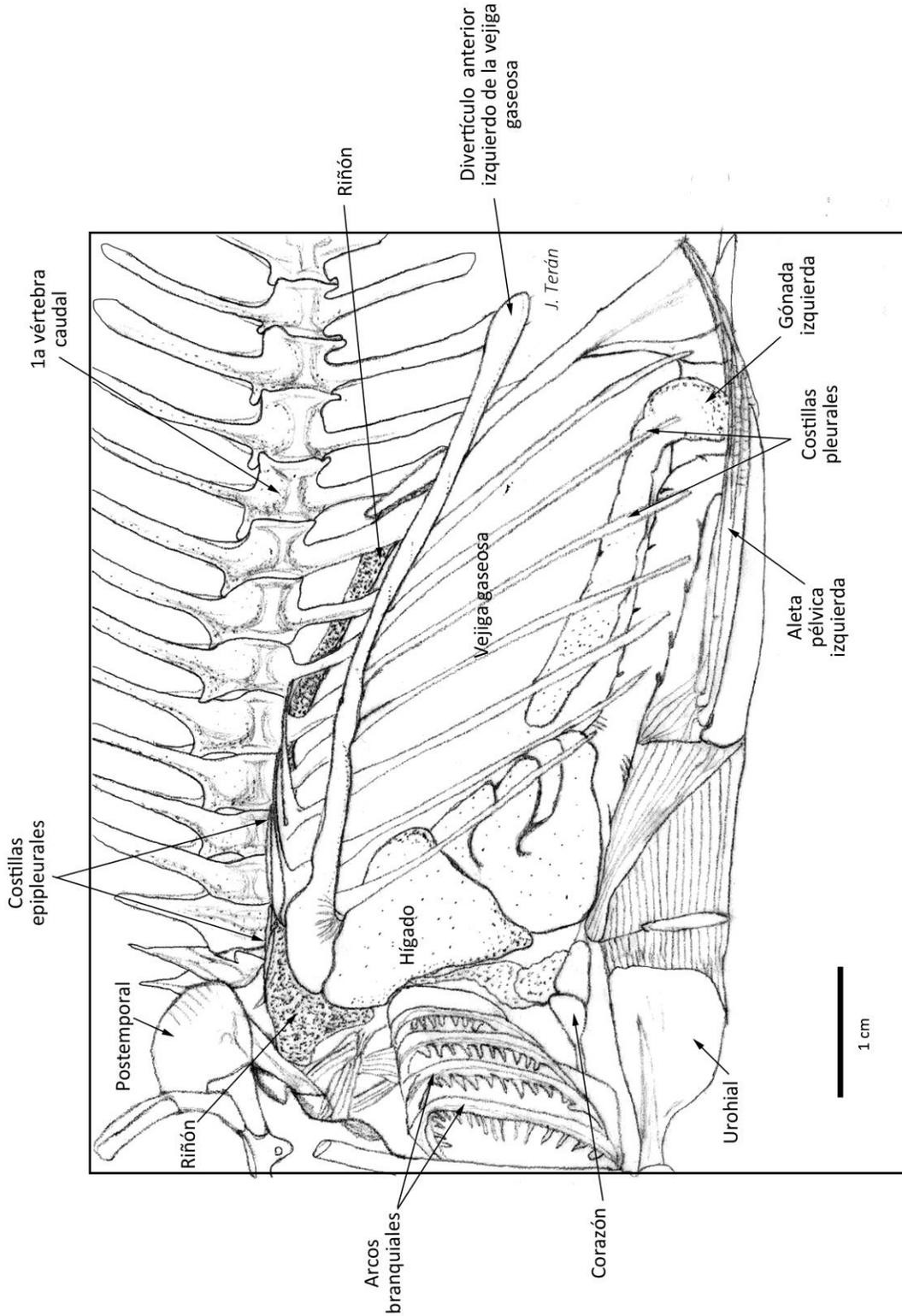


Figura 1. Organografía de la cavidad visceral de *Diapterus auratus*. Vista lateral

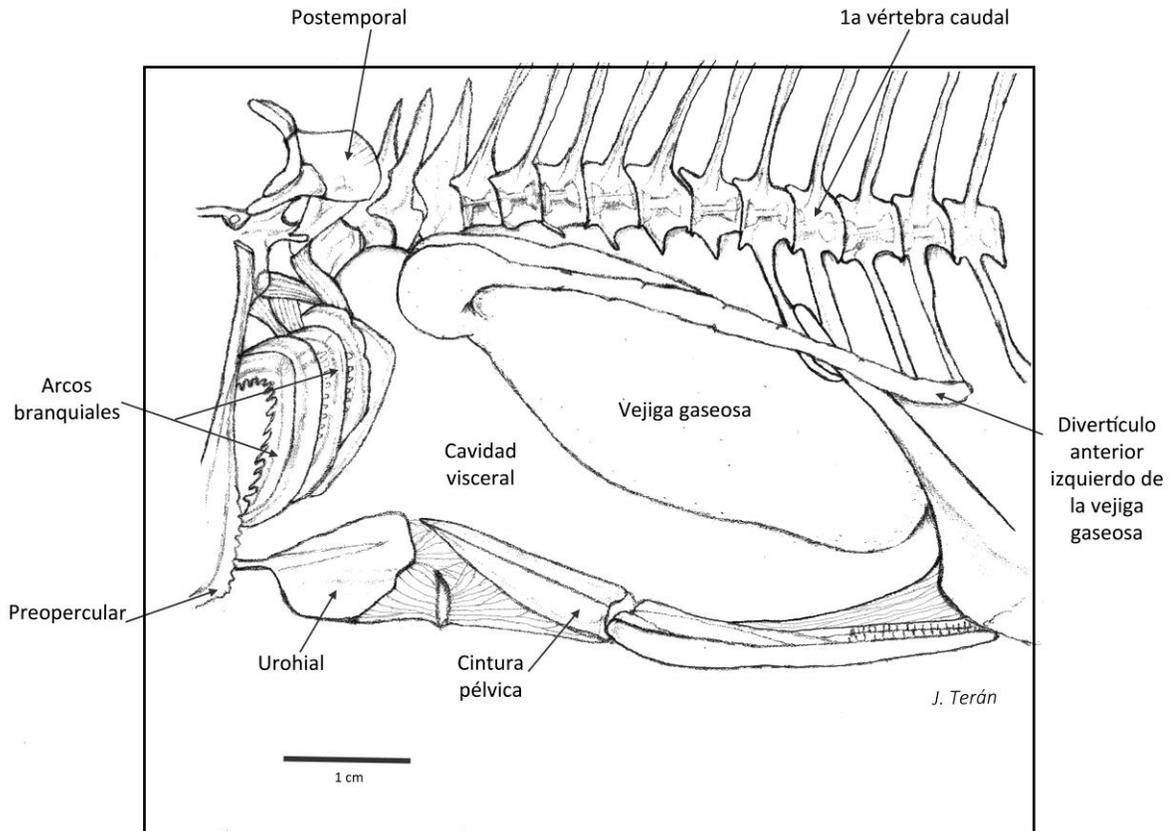


Figura 2. Posición de la vejiga gaseosa dentro de la cavidad visceral de *Diapterus auratus*. Vista lateral izquierda.

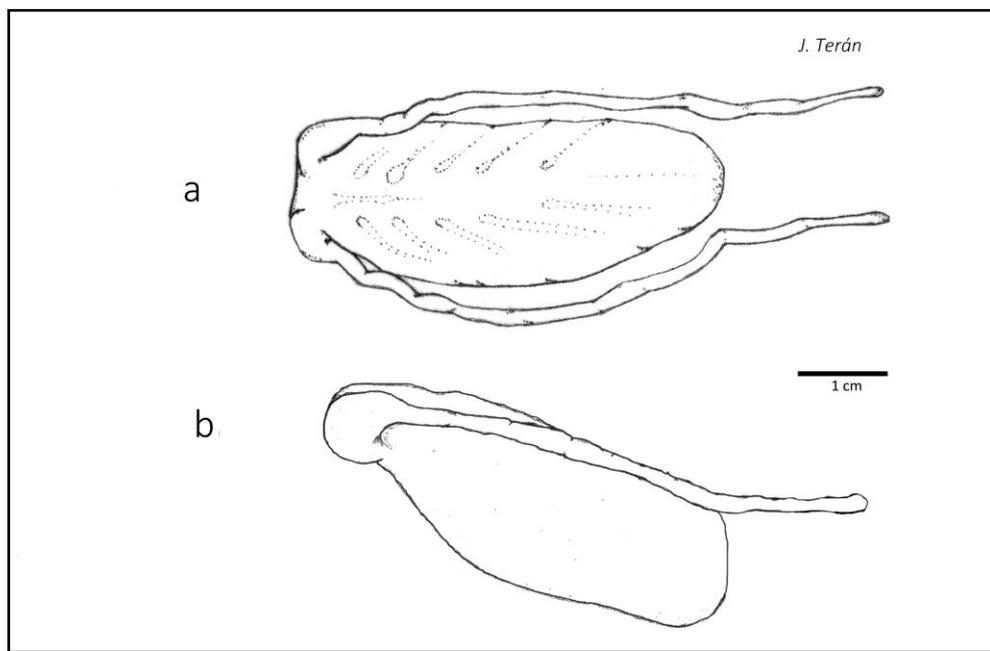


Figura 3. Vejiga gaseosa de *Diapterus auratus*. a) Vista dorsal. b) Vista lateral izquierda.

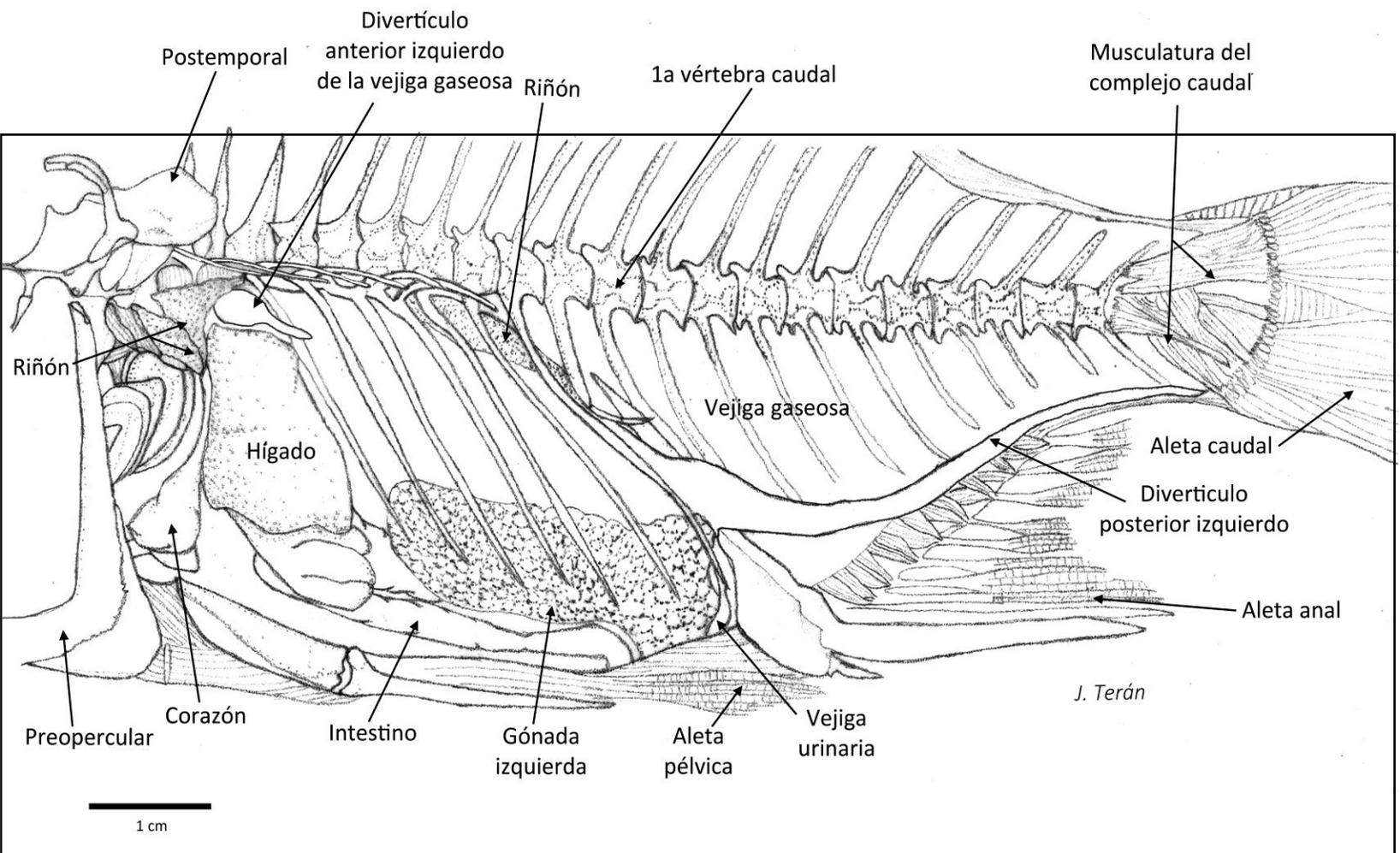


Figura 4. Organografía de la cavidad visceral de *Diapterus brevirostris*. Vista lateral izquierda.

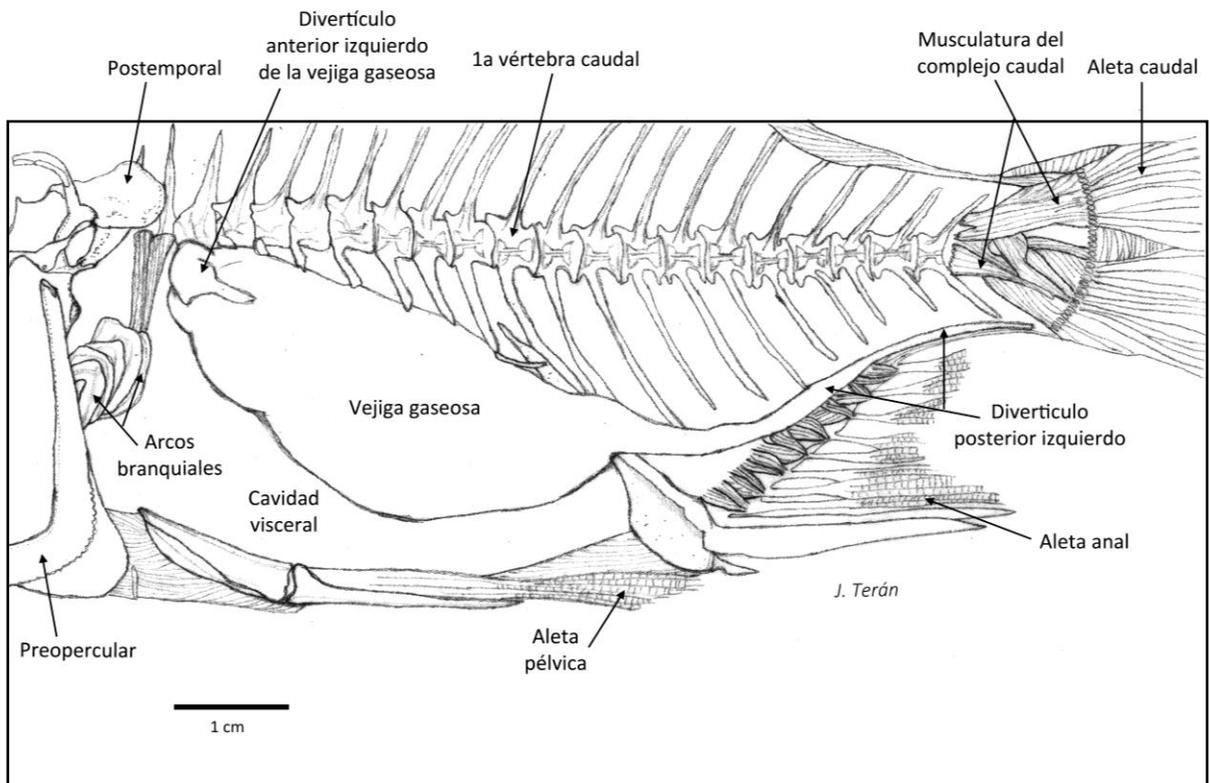


Figura 5. Posición de la vejiga gaseosa dentro de la cavidad visceral de *Diapterus brevirostris*. Vista lateral izquierda.

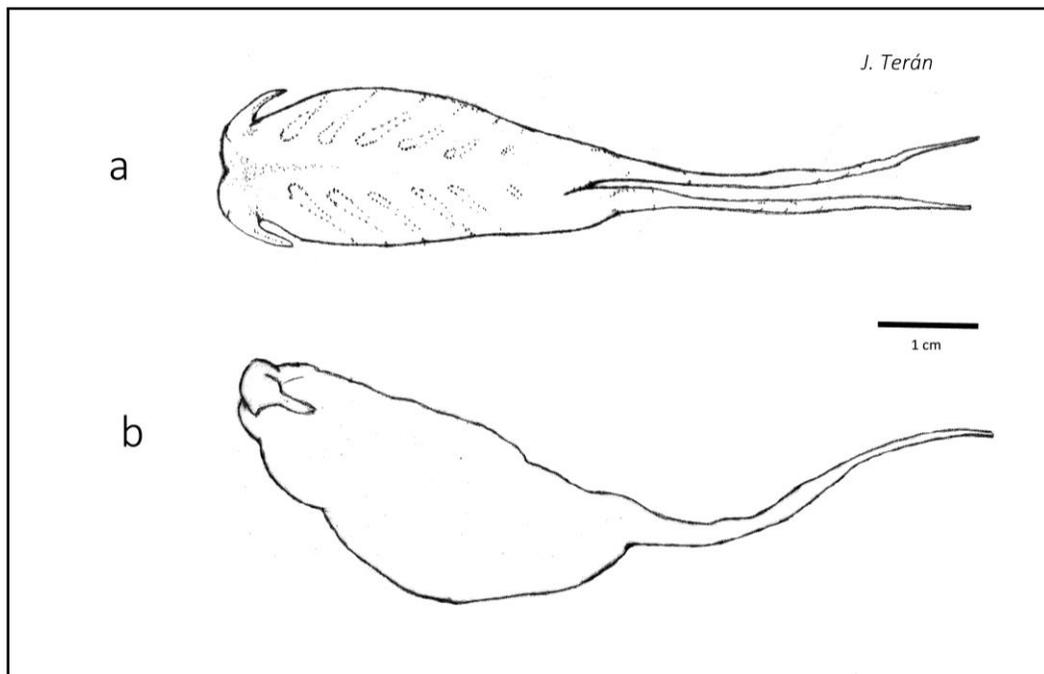


Figura 6. Vejiga gaseosa de *Diapterus brevirostris*. a) Vista dorsal. b) Vista lateral izquierda.

5.1.2.3. *Diapterus rhombeus*

La vejiga gaseosa de la mojarra de estero, se localiza en posición dorsal en la cavidad visceral al nivel de las vértebras 2 y 13 (Figura 7). La vejiga gaseosa es ovoide, la región anterior es de forma redondeada de la cual se desarrollan a cada lado del cuerpo, un divertículo extravisceral cónico ciego, los cuales se proyectan hacia atrás y se extienden por encima de la segunda costilla pleural y entre algunas de las fibras de los miotomos; esta prolongación de la vejiga gaseosa se encuentra a nivel de las vértebras 2 y 3. Los divertículos no presentan conexión con el neurocráneo, por lo tanto, no presenta conexión con el oído interno (Figura 8).

El extremo posterior de la vejiga gaseosa es redondeado (Figura 9), no presenta divertículos posteriores y se extiende hasta la base del primer pterigióforo anal, sin tocar el piso de la cavidad visceral.

5.1.2.4. *Eucinostomus currani*

La vejiga gaseosa de la mojarra tricolor, se extiende a lo largo de la cavidad visceral en la porción dorsal desde el nivel de la vértebra 2 hasta la vértebra 12 (Figura 10). La vejiga gaseosa es piriforme, es decir, en forma de pera, la región anterior se encuentra bifurcada por la presencia de dos divertículos tubulares en forma de cuernos que se extienden adelante, haciendo contacto por medio de la túnica externa, con los forámenes óticos a nivel de las cápsulas óticas, cada foramen está delimitado por los huesos basioccipital, epiótico y proótico. Dichos divertículos se encuentran por debajo de la porción anterior del lóbulo renal izquierdo, por lo que es necesario retirar este lóbulo para observar el divertículo anterior (Figura 11).

En su parte posterior, la vejiga es redondeada y no presenta divertículos posteriores (Figura 12). La túnica externa de esta región se une al borde de una estructura hueca en forma de cono, formada por la fusión de la primera y la segunda espina interhemal conocida como cono interhemal.

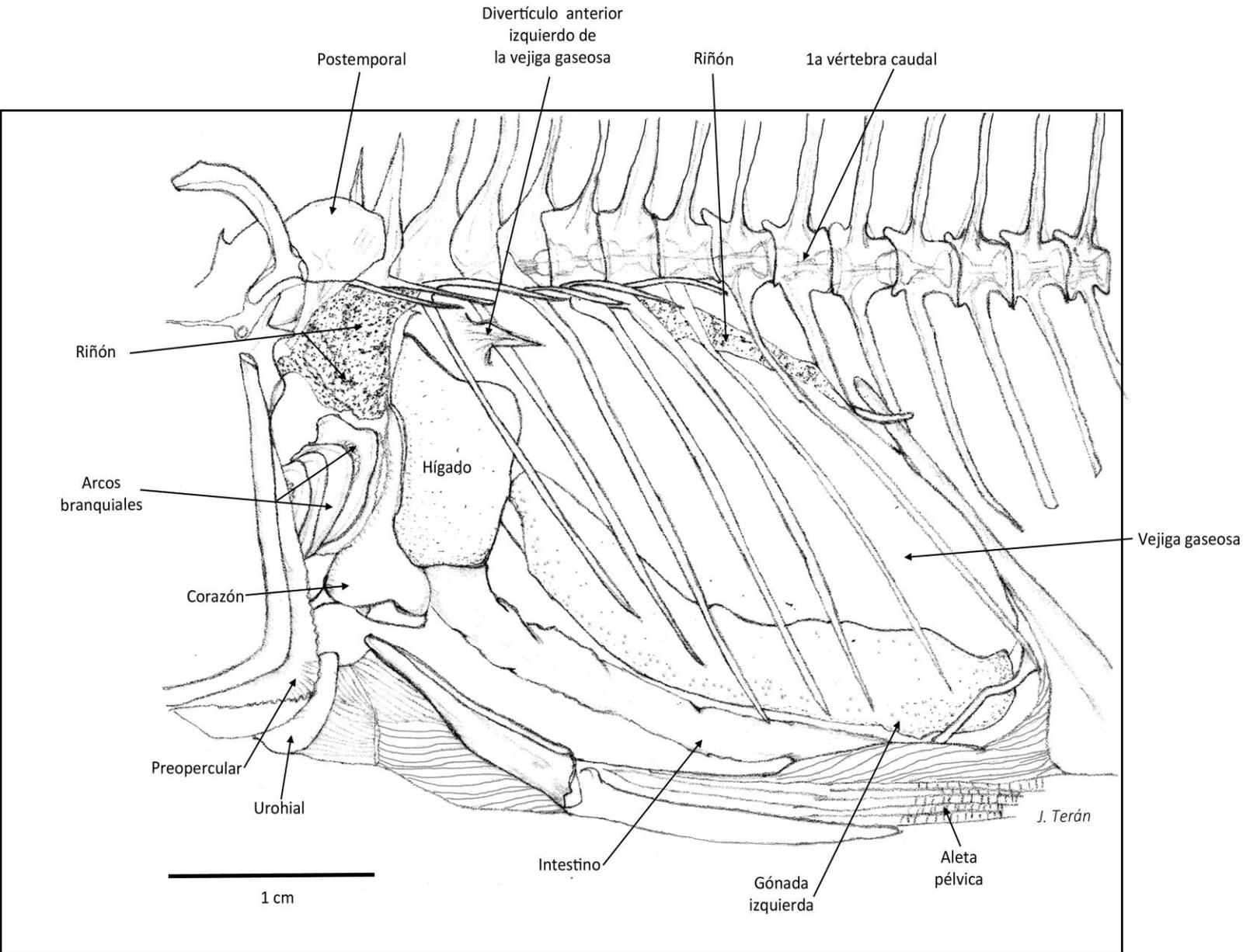


Figura 7. Organografía de la cavidad visceral de *Diapterus rhombeus*. Vista lateral izquierda.

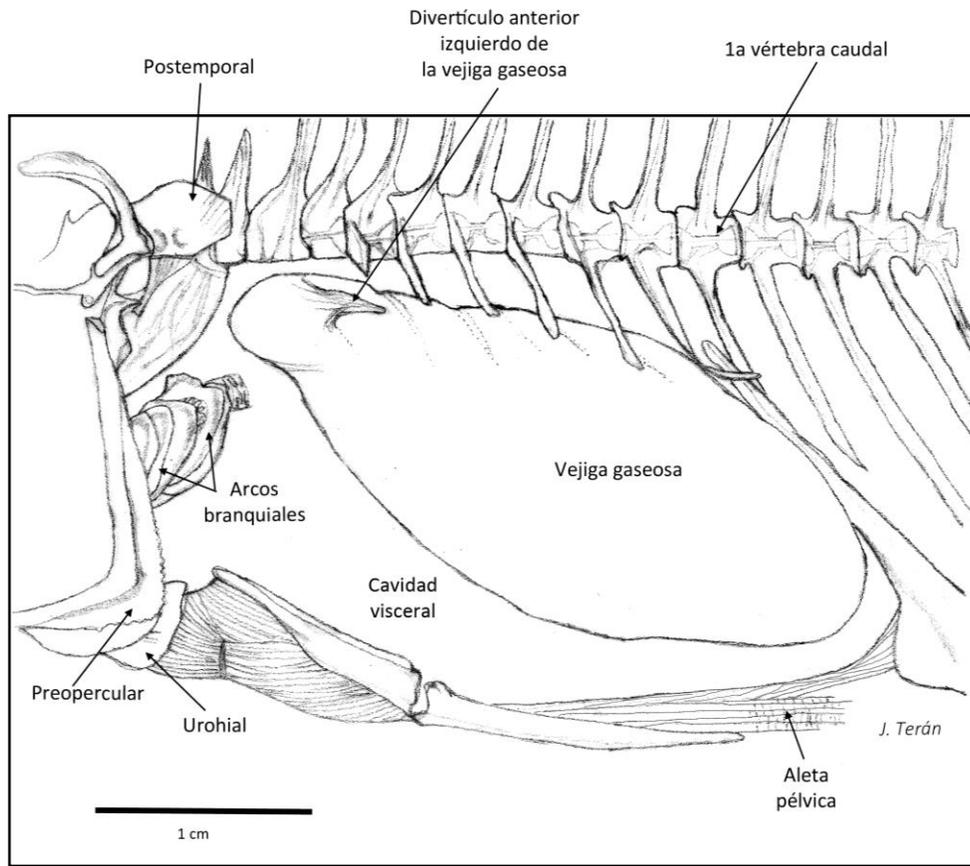


Figura 8. Posición de la vejiga gaseosa dentro de la cavidad visceral de *Diapterus rhombeus*. Vista lateral izquierda.

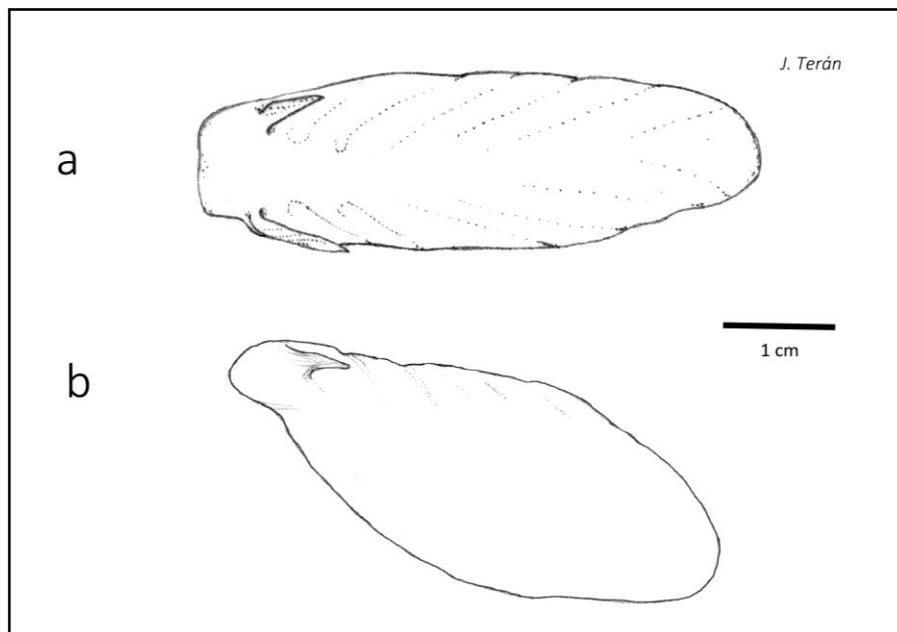


Figura 9. Vejiga gaseosa de *Diapterus rhombeus*. a) Vista dorsal. b) Vista lateral izquierda.

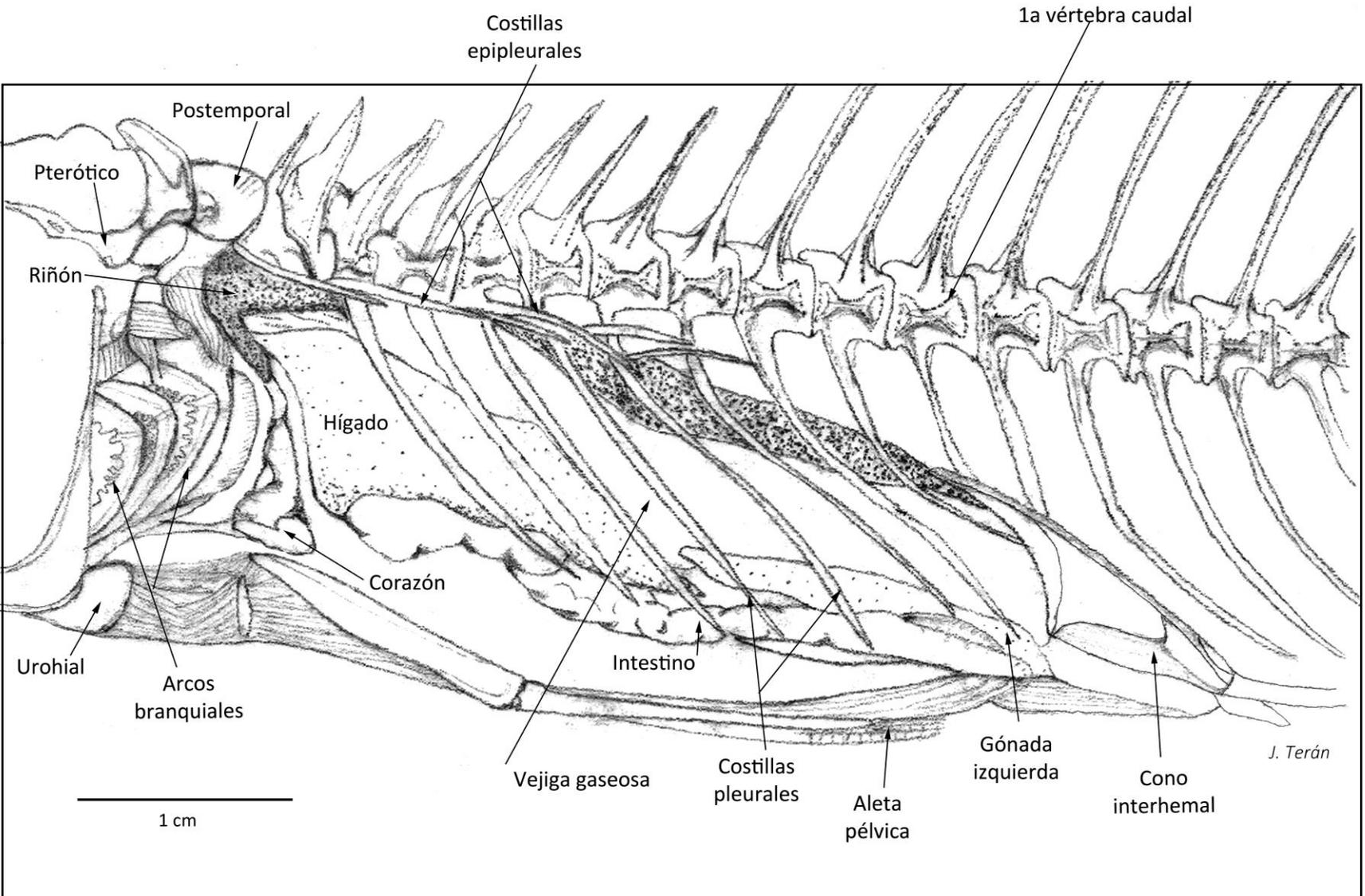


Figura 10. Organografía de la cavidad visceral de *Eucinostomus currani*. Vista lateral izquierda.

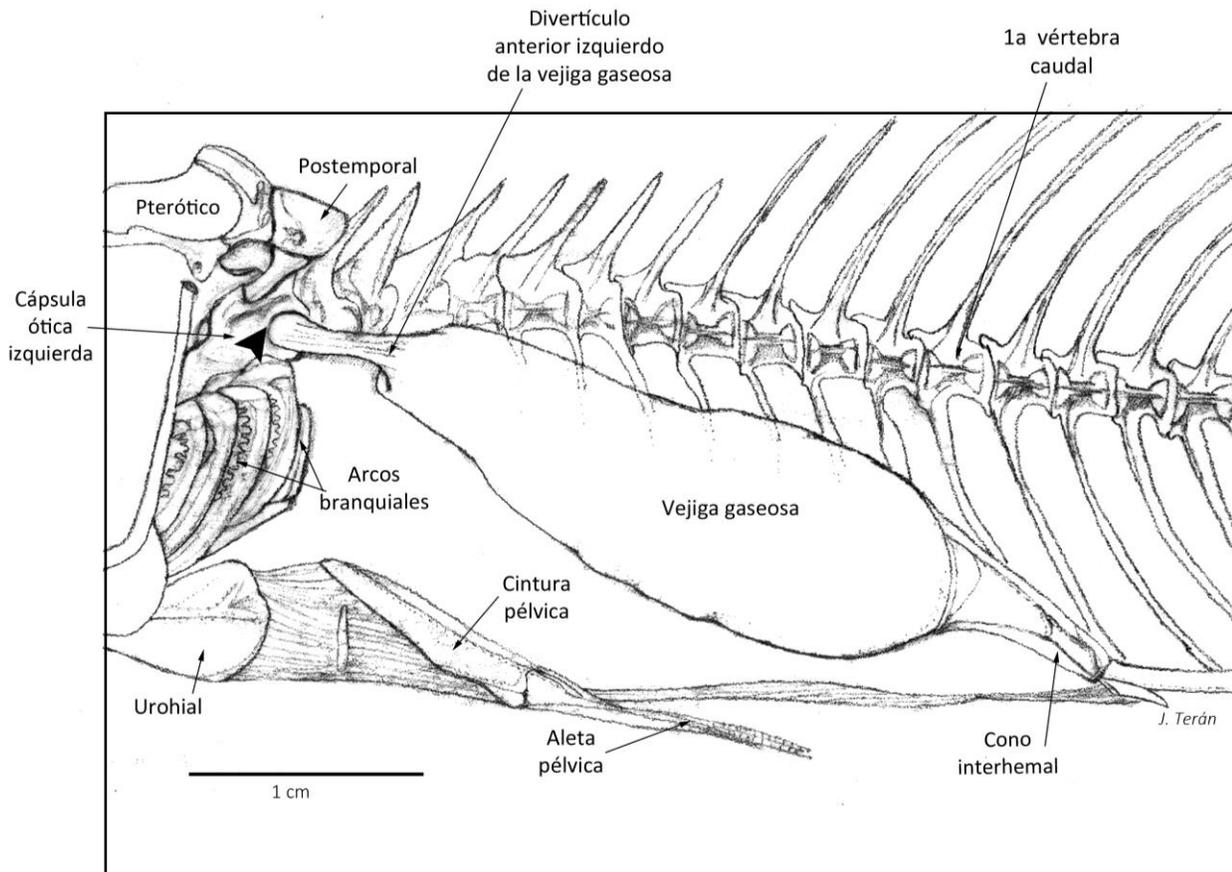


Figura 11. Posición de la vejiga gaseosa dentro de la cavidad visceral de *Eucinostomus currani*. Vista lateral izquierda. El símbolo triangular indica la unión de la vejiga gaseosa con el oído interno.

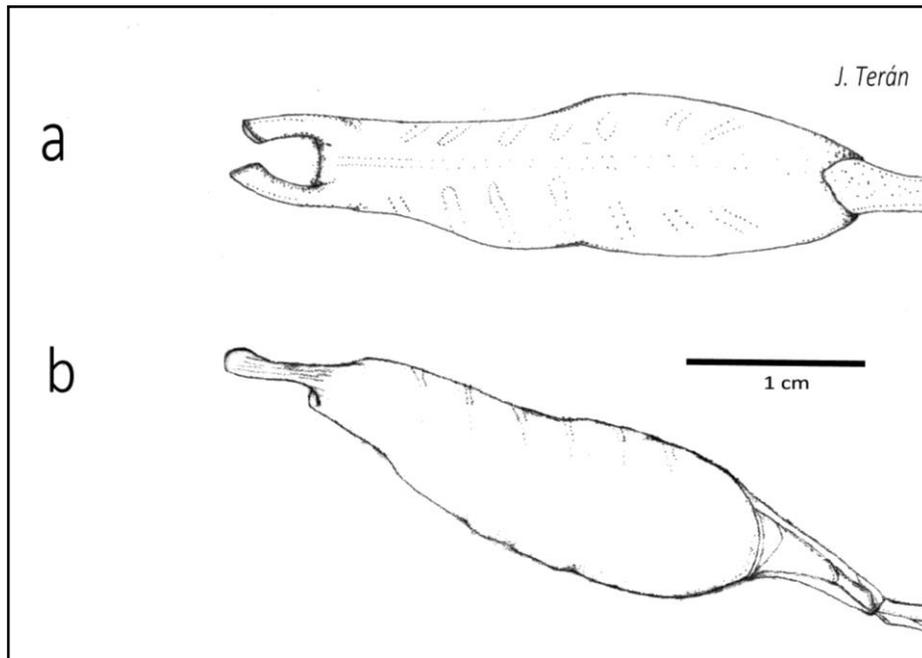


Figura 12. Vejiga gaseosa de *Eucinostomus currani*. a) Vista dorsal. b) Vista lateral

5.1.2.5. *Eucinostomus dowii*

La vejiga gaseosa de la mojarra manchita, se extiende a lo largo de la cavidad visceral desde el nivel de la vértebra 1 hasta la vértebra 12 (Figura 13). La vejiga gaseosa es ovoide, su parte anterior es bifurcada por la presencia de dos divertículos tubulares ciegos en forma de cuernos, los cuales se dirigen hacia adelante y se conectan con el oído interno, acoplándose en los forámenes óticos en las cápsulas óticas; cada foramen está delimitado por los huesos basioccipital, epiótico y proótico. Estos divertículos se sitúan por encima del músculo *retractor dorsalis* y por debajo de la porción anterior del riñón, por lo que únicamente son visibles al retirar esta porción del lóbulo renal (Figura 14).

La parte posterior de la vejiga gaseosa es redondeada (Figura 15), no presenta divertículos posteriores y la túnica externa se proyecta dentro del cono interhemal abarcando hasta la porción media del mismo.

5.1.2.6. *Eucinostomus entomelas*

La vejiga gaseosa de la mojarra mancha negra, se extiende dorsalmente en la cavidad visceral desde el nivel de la vértebra 1 hasta la vértebra 12 (Figura 16). La vejiga gaseosa es alargada, su parte anterior está bifurcada en dos divertículos tubulares cerrados en el ápice, en forma de cuernos, los cuales se dirigen hacia adelante, haciendo contacto por medio de membranas con los forámenes óticos de las cápsulas óticas (Figura 17). Cada foramen está delimitado por los huesos basioccipital, epiótico y proótico. Estos divertículos se sitúan por encima del músculo *retractor dorsalis* y por debajo de la porción anterior del riñón cubriéndolo parcialmente.

La porción posterior es redondeada, sin divertículos posteriores (Figura 18) y en esta región la túnica externa se proyecta dentro del cono interhemal cubriendo hasta la base del cono interhemal.

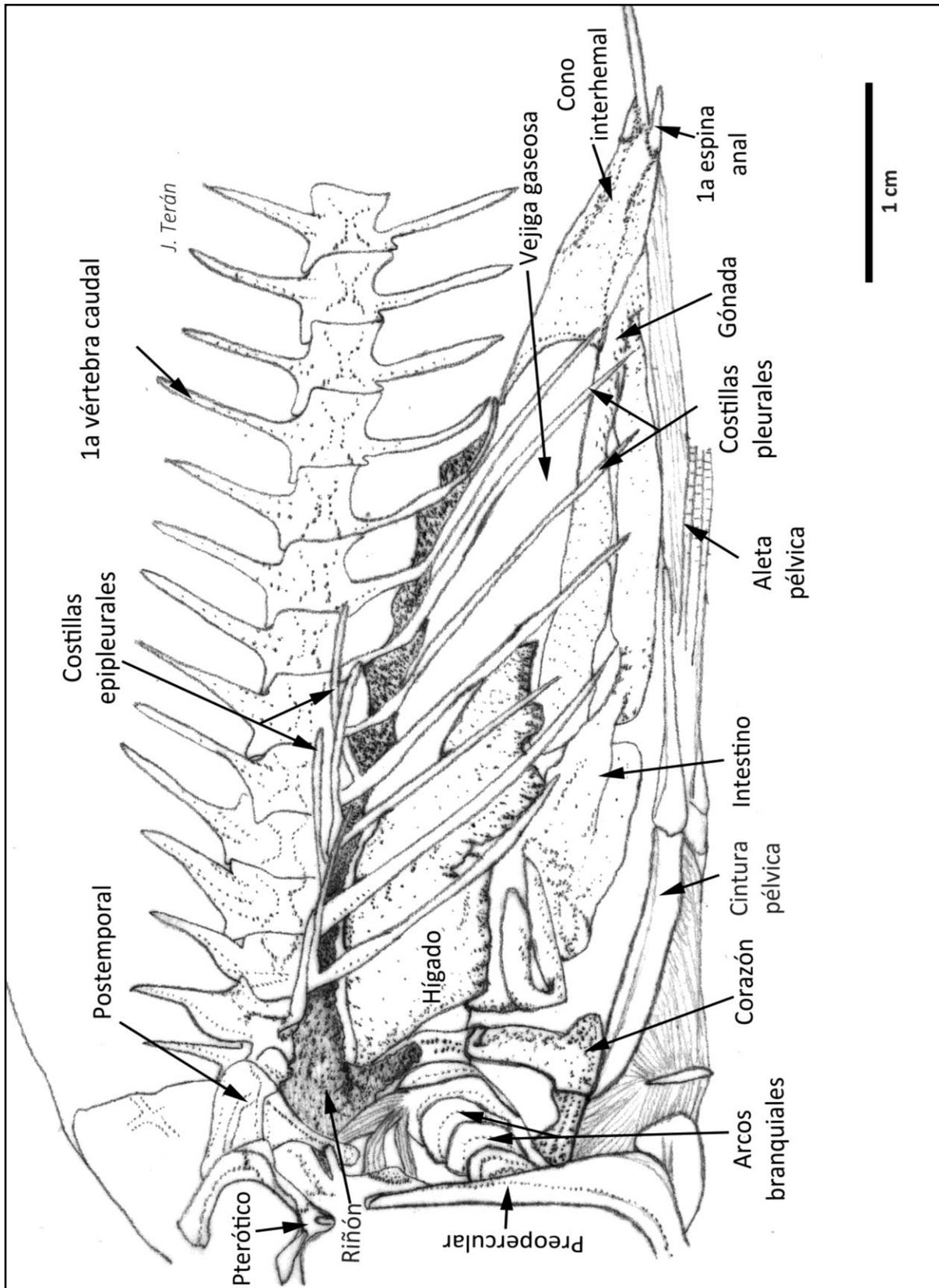


Figura 13. Organografía de la cavidad visceral de *Eucinostomus dowii*. Vista lateral izquierda.

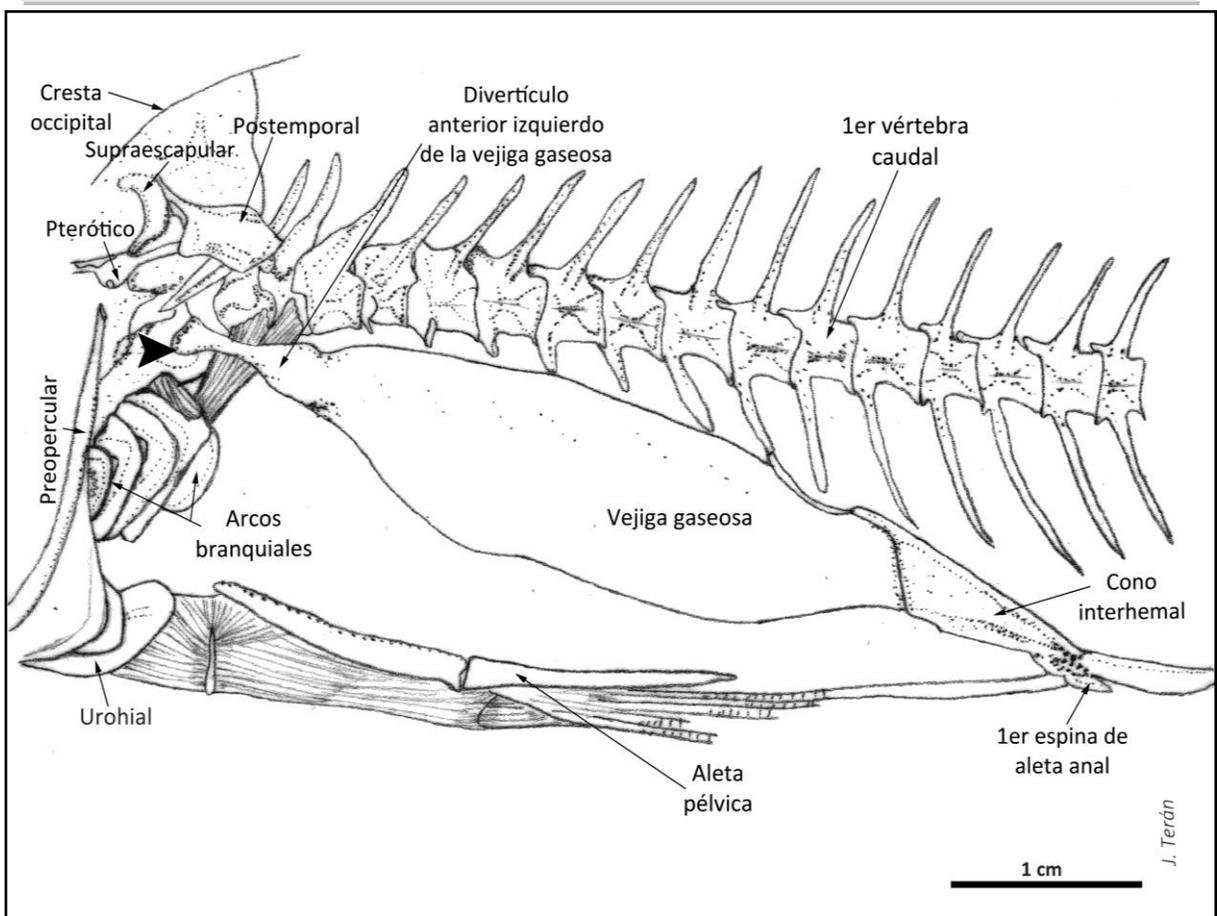


Figura 14. Posición de la vejiga gaseosa dentro de la cavidad visceral de *Eucinostomus dowii*. Vista lateral izquierda. El símbolo triangular indica la unión de la vejiga gaseosa con el oído interno.

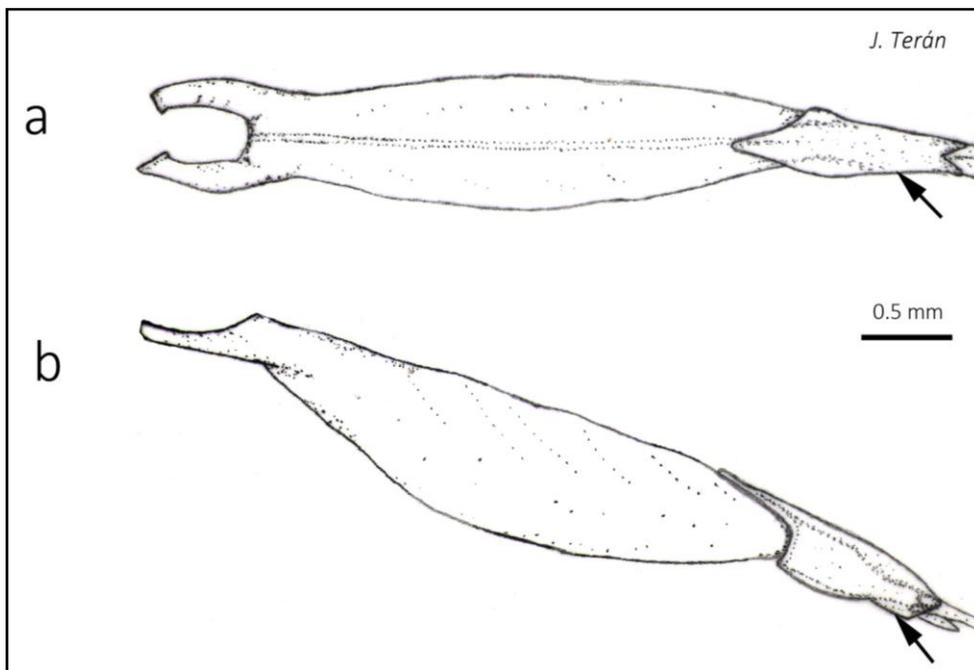


Figura 15. Vejiga gaseosa de *Eucinostomus dowii*. a) Vista dorsal. b) Vista lateral izquierda. Las flechas indican la posición del cono interhemal.

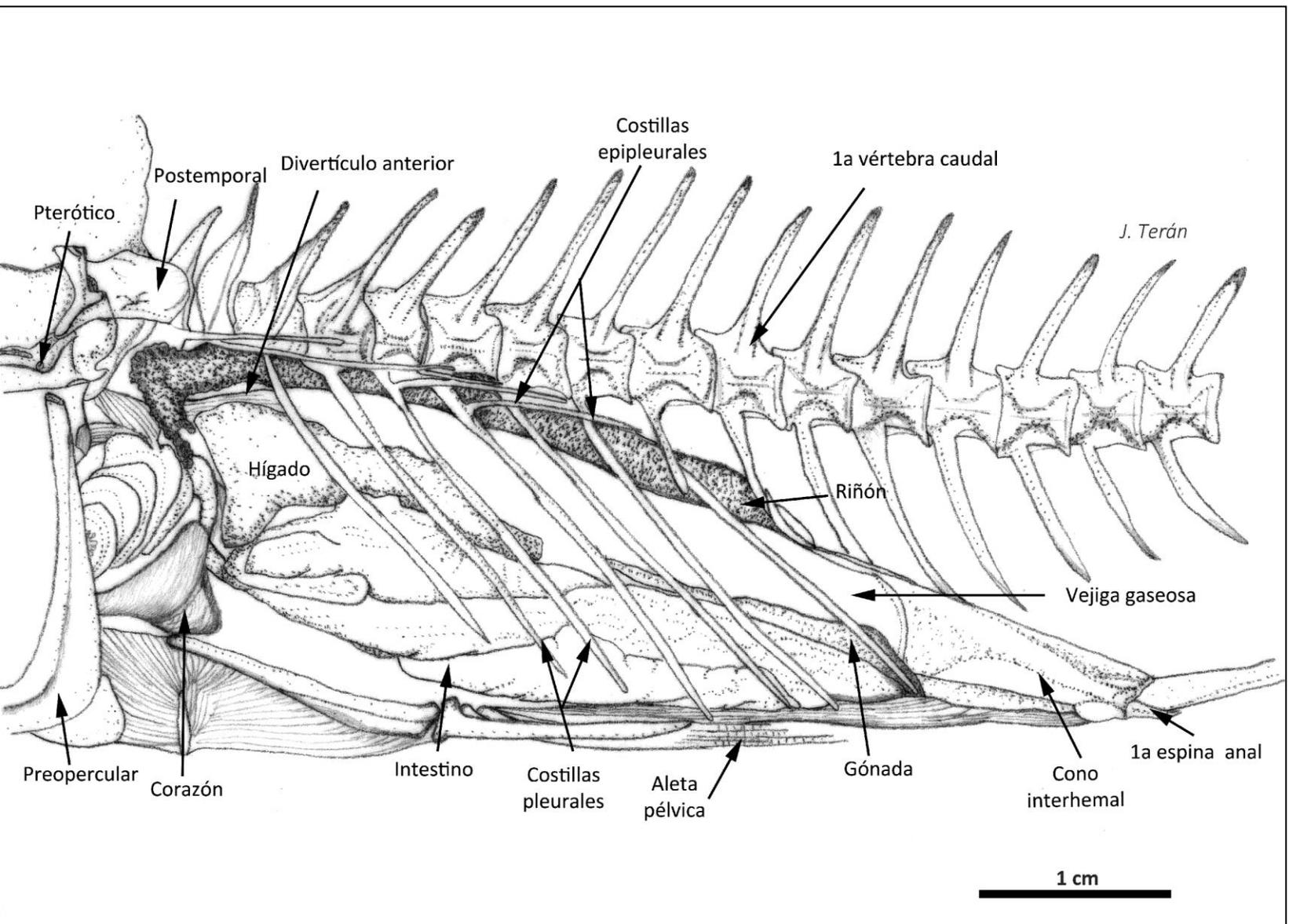


Figura 16. Organografía de la cavidad visceral de *Eucinostomus entomelas*. Vista lateral izquierda.

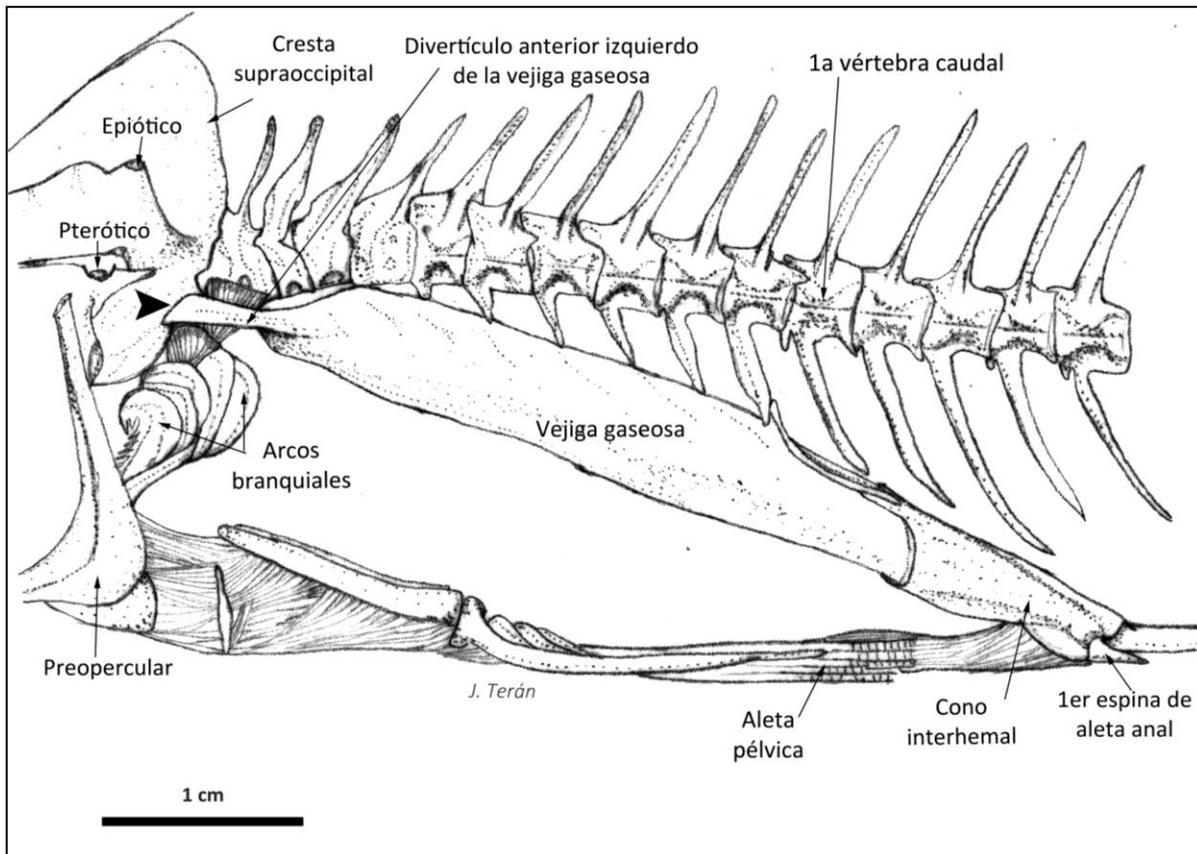


Figura 17. Posición de la vejiga gaseosa dentro de la cavidad visceral de *Eucinostomus entomelas*. Vista lateral izquierda. La marca indica la unión de la vejiga gaseosa con el oído interno.

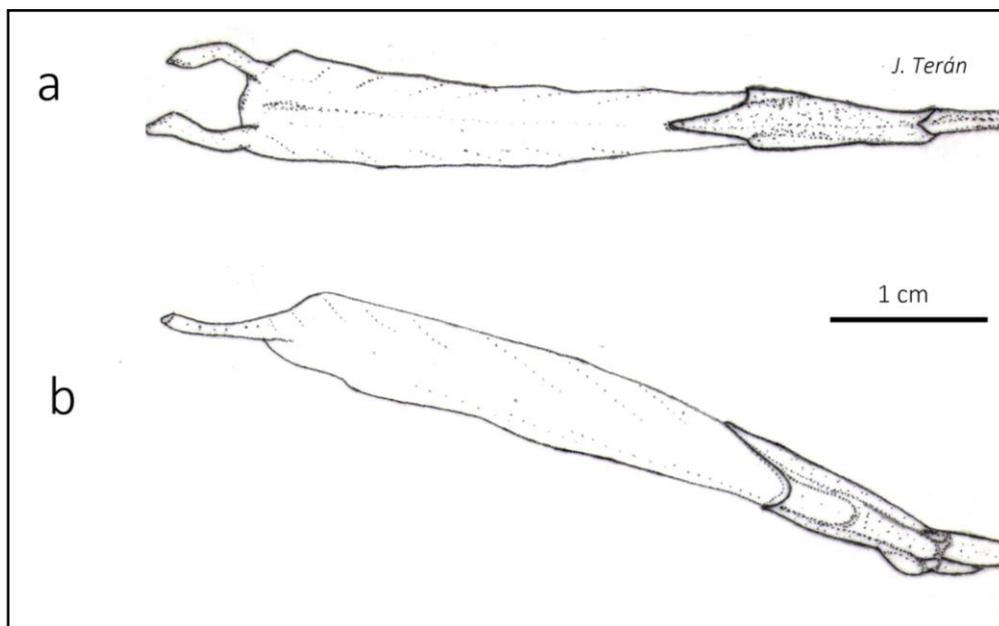


Figura 18. Vejiga gaseosa de *Eucinostomus entomelas*. a) Vista dorsal. b) Vista lateral izquierda.

5.1.2.7. *Eugerres plumieri*

La vejiga gaseosa de la mojarra rayada, se localiza dorsal en la cavidad visceral desde el nivel de la vértebra 1 hasta la vértebra 13 (Figura 19). La vejiga gaseosa es semilunar, su porción anterior se divide en dos divertículos tubulares anteriores, los cuales se dirigen hacia los costados del cuerpo y cuyo extremo anterior es extravisceral, plano, oblicuo y está cubierto por una delgada membrana llamada pseudotímpano. El extremo de cada divertículo anterior se encuentra rodeado por las dos primeras costillas epipleurales, atraviesa la musculatura *hypaxialis* y se separa del hueso supracleitrum por una delgada capa de fibras musculares, piel y escamas; dicho pseudotímpano no está en contacto con el neurocráneo, por lo que no hay conexión con el oído interno (Figura 22). En las figuras 20 y 21, se representa la posición del pseudotímpano en *E. plumieri*, muy similar al que se presenta en las otras especies analizadas del género *Eugerres*.

La parte posterior es redondeada, no presenta divertículos posteriores (Figura 23), está dirigida hacia la primera espina anal pero sin tocar el piso de la cavidad visceral y se encuentra en contacto con el primer pterigióforo anal.

5.1.2.8. *Eugerres castroaguirrei*

La vejiga gaseosa en la mojarra lacandona, se localiza dorsalmente en la cavidad visceral entre el nivel de la vértebra 1 y la vértebra 12 (Figura 24). La vejiga gaseosa es alargada, en su parte anterior se desarrollan dos divertículos anteriores tubulares, los cuales se dirigen a cada costado del cuerpo; el ápice es plano, oblicuo, extravisceral y está cubierto por una membrana llamada pseudotímpano (Figura 25), el cual se encuentra rodeado por las dos primeras costillas epipleurales. Dichos pseudotímpanos están cubiertos por una delgada capa de músculo, piel, escamas; así mismo, atraviesan la musculatura *hypaxialis*, se encuentran por debajo de los huesos supracleitrum y no están en contacto con el neurocráneo, por lo que no se conectan con el oído interno (Figuras 20 y 21).

La parte posterior es redondeada, no presenta divertículos posteriores (Figura 26) y se orienta hacia la base del primer pterigióforo anal, alcanzando el piso de la cavidad visceral en donde se fija por medio de la túnica externa. En la porción posterodorsal, por debajo de la túnica externa, se inserta un músculo intrínseco bien desarrollado, que se origina en

el piso de la cavidad visceral donde es más robusto, posiblemente derivado del músculo *infracarinalis medio*. No se observó ningún otro tipo de conexión muscular entre la vejiga gaseosa y el cuerpo.

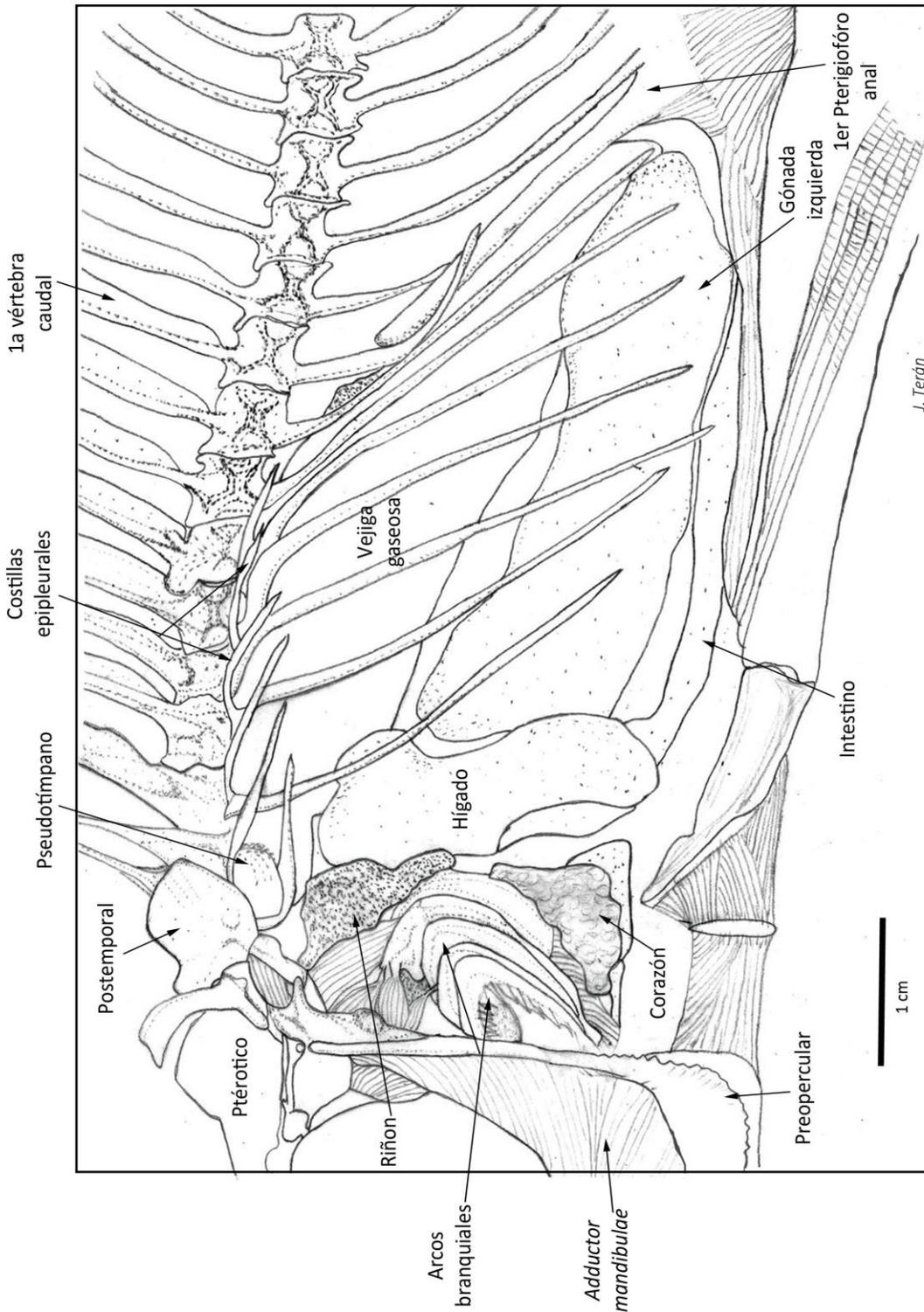


Figura 19. Organografía de la cavidad visceral de *Eugerres plumieri*. Vista lateral izquierda.

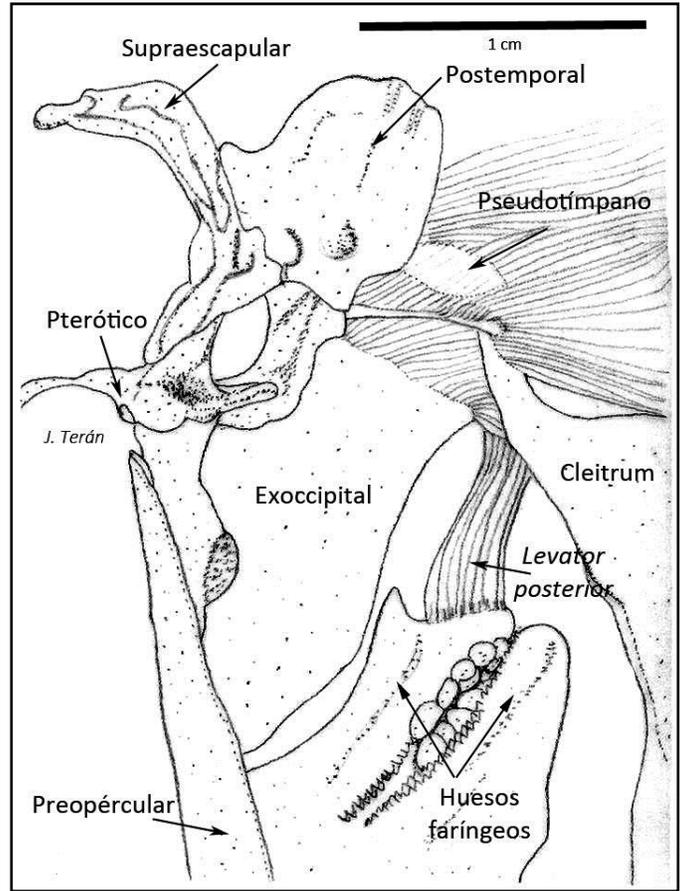
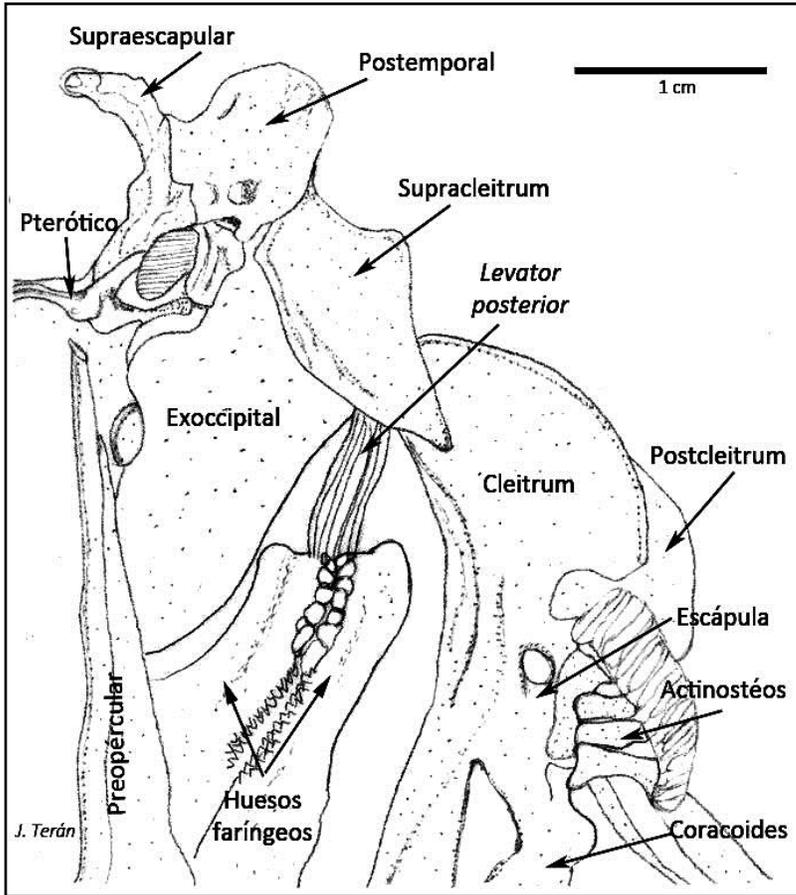


Figura 20. Región opercular (sin opérculo y sin arcos branquiales) de *Eugerres plumieri*. Vista lateral izquierda.

Figura 21. Región opercular (sin el supraclitrum) de *Eugerres plumieri*. Vista lateral izquierda.

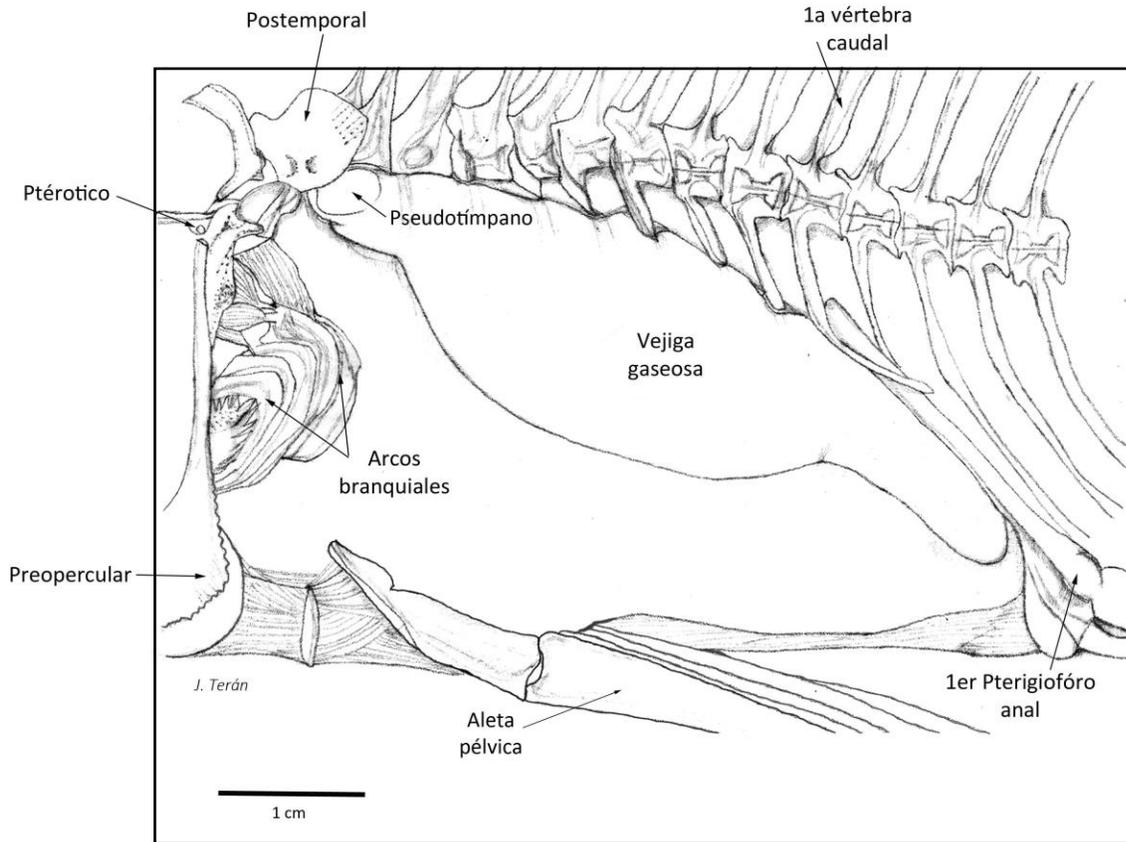


Figura 22. Posición de la Vejiga gaseosa dentro de la cavidad visceral de *Eugerres plumieri*. Vista lateral izquierda.

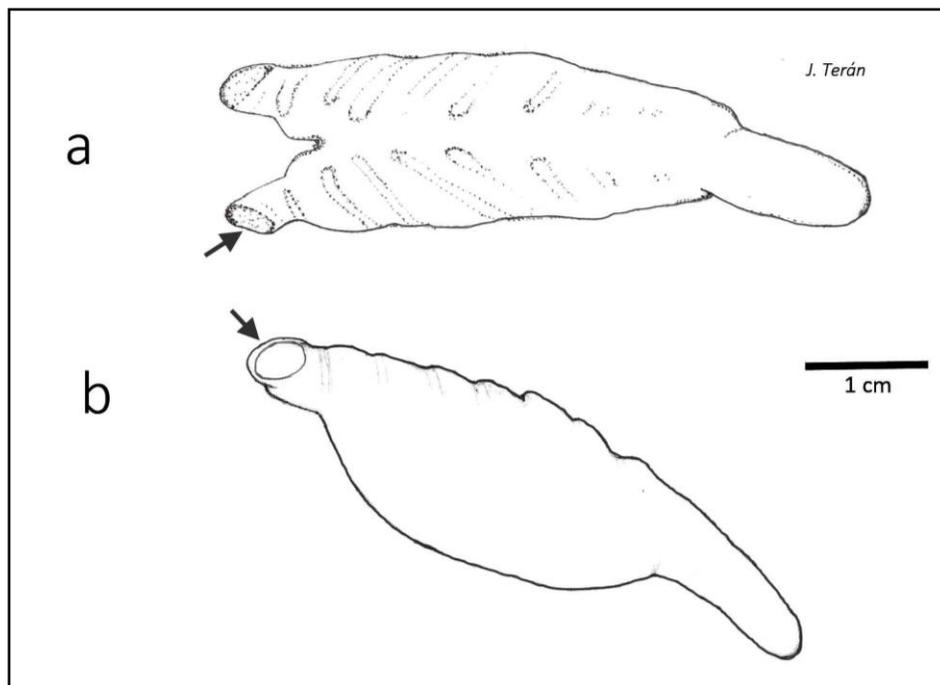


Figura 23. Vejiga gaseosa de *Eugerres plumieri*. a) Vista dorsal. b) Vista lateral izquierda. Las flechas indican la posición del pseudotímpano.

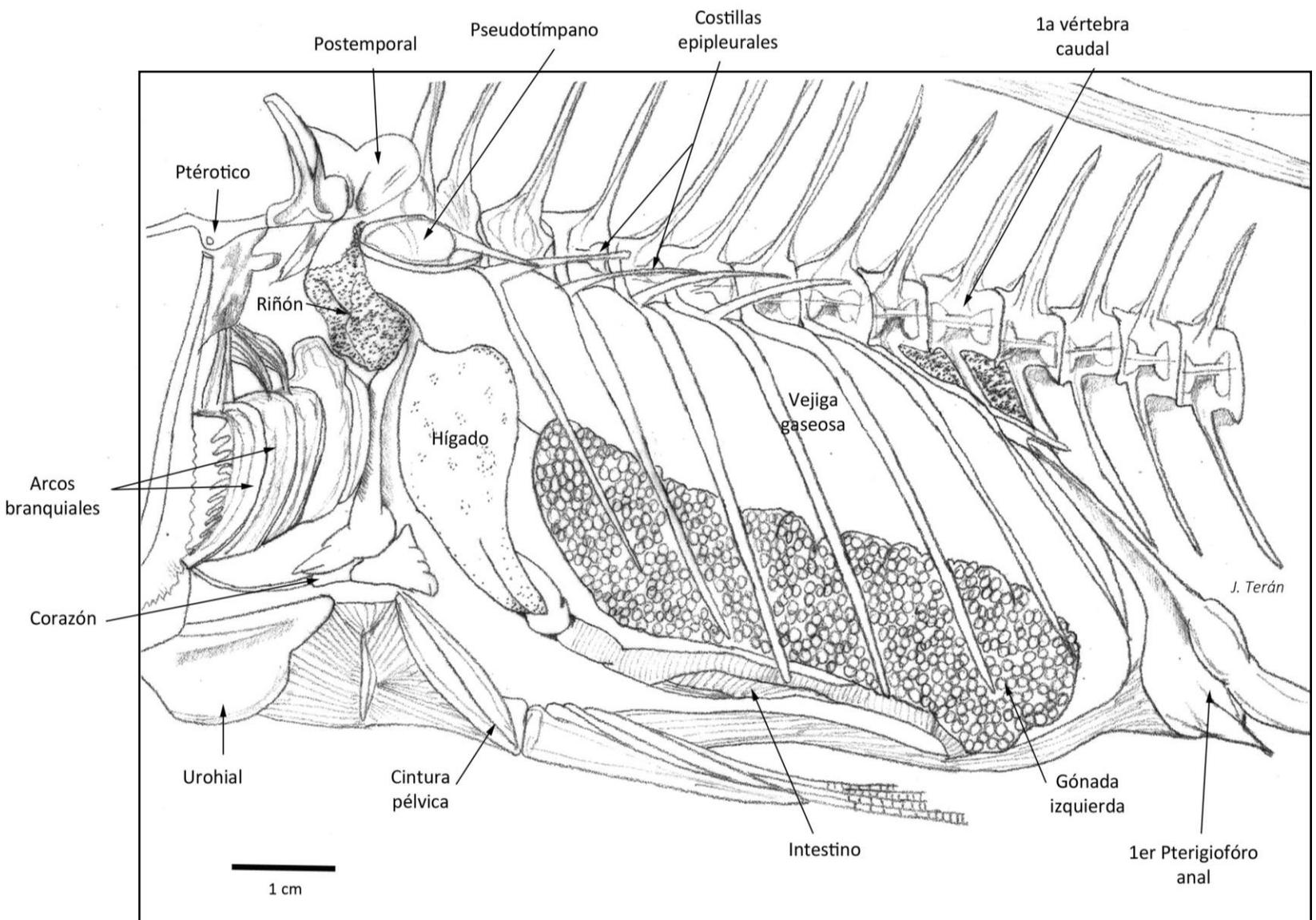


Figura 24. Organografía de la cavidad visceral de *Eugeres castroaquirrei*. Vista lateral izquierda.

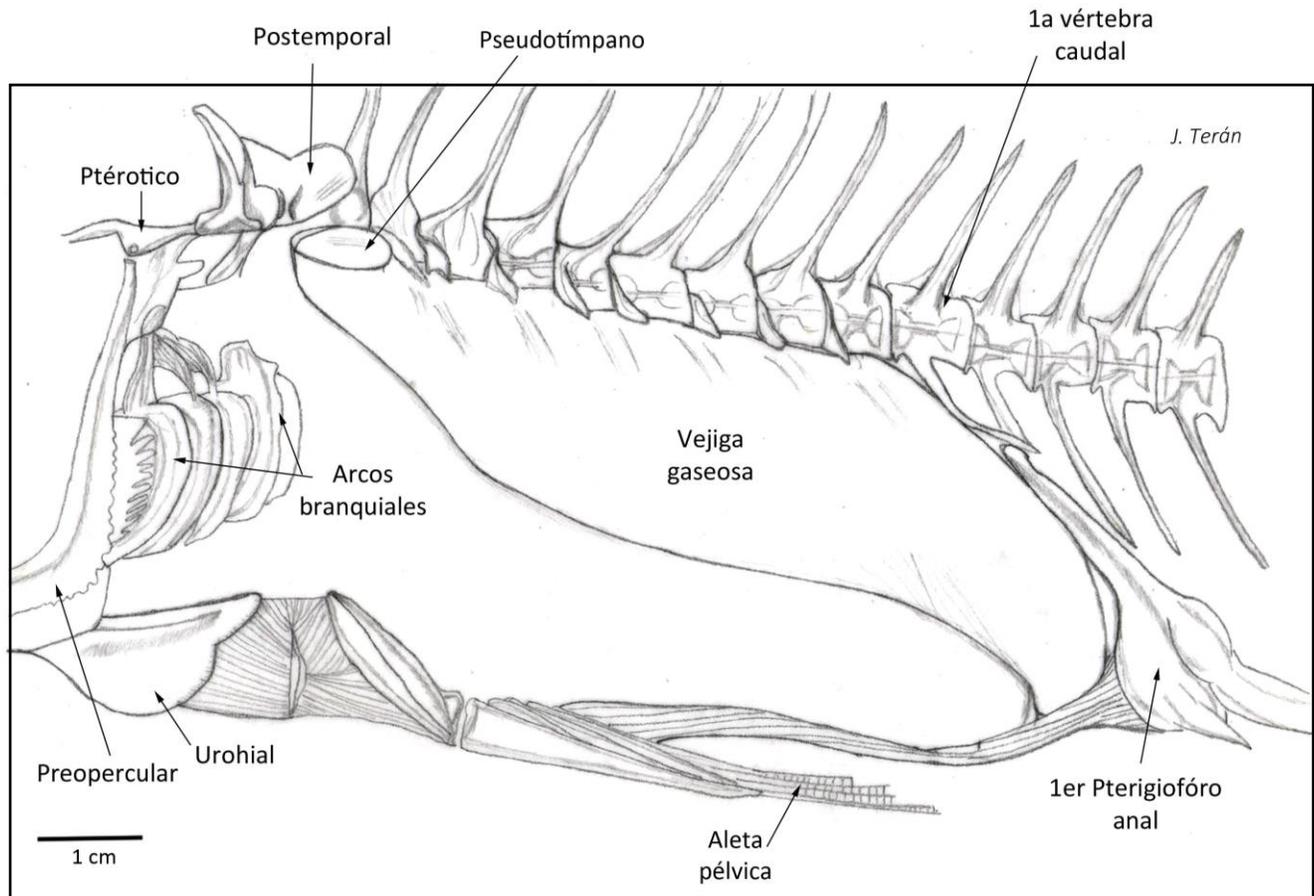


Figura 25. Posición de la vejiga gaseosa dentro de la cavidad visceral de *Eugerres castroaguirrei*. Vista lateral izquierda.

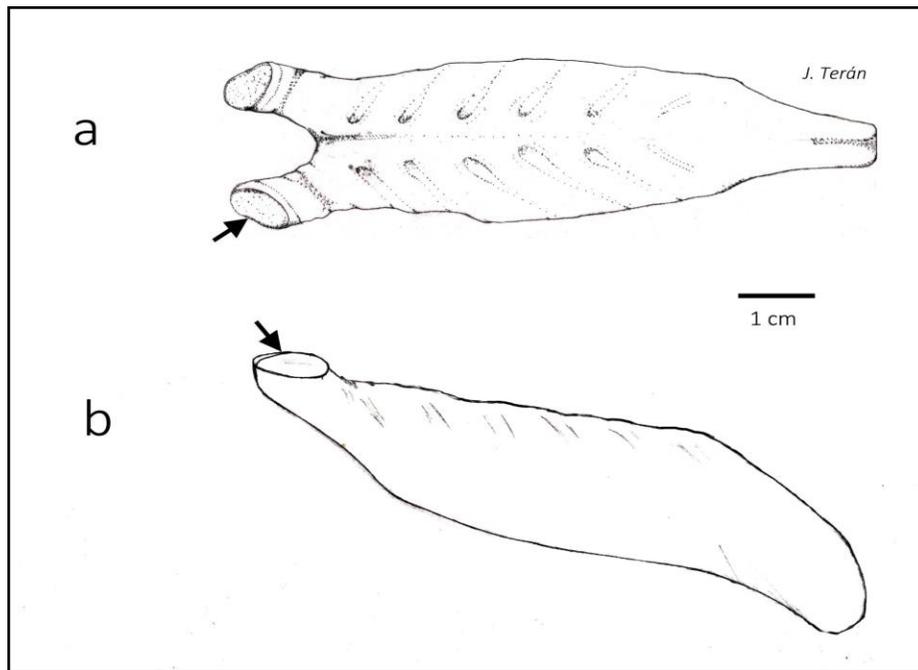


Figura 26. Vejiga gaseosa de *Eugerres castroaguirrei*. a) Vista dorsal. b) Vista lateral izquierda. Las flechas indican la posición del pseudotímpano.

5.1.2.9. *Eugerres lineatus*

La vejiga gaseosa de la mojarra china, se encuentra en posición dorsal en la cavidad visceral, entre el nivel de la vértebra 1 y la vértebra 14 (Figura 27). La vejiga gaseosa es alargada, de su porción anterior se desarrollan dos divertículos anteriores cilíndricos extraviscerales, los cuales se dirigen a los costados del cuerpo; la parte terminal es plana, ovalada, con una delgada membrana llamada pseudotímpano y se encuentra rodeada por las dos primeras costillas epipleurales. Estas costillas presentan una curvatura que rodea la porción final del divertículo anterior de la vejiga gaseosa dándole una forma oblicua; el ápice atraviesa la musculatura *hypaxialis* y llega al nivel del hueso supracleitrum. El divertículo anterior no está en contacto con el neurocráneo, por lo tanto no se encontró contacto con el oído interno (Figura 28).

La porción posterior, presenta un único divertículo tubular (Figura 29), el cual se fija por medio de la capa más externa de la vejiga gaseosa en la periferia de la abertura genital en el caso de las hembras, y en la periferia de la abertura urogenital en los machos. Internamente, el divertículo presenta fibras musculares que se originan en el piso de la cavidad visceral y se fijan en la región posterodorsal de la vejiga gaseosa, por debajo de la túnica externa.

5.1.2.10. *Eugerres mexicanus*

La vejiga gaseosa en la mojarra mexicana, se localiza dorsal en la cavidad visceral al nivel de las vértebras 1 y 12 (Figura 30). La vejiga gaseosa es curvada, en su porción anterior se desarrollan dos divertículos anteriores tubulares, los cuales se dirigen a cada costado del cuerpo; el ápice es plano, oblicuo, extravisceral y está cubierto por una membrana llamado pseudotímpano, el cual se encuentra rodeado por las dos primeras costillas epipleurales. Dichos pseudotímpanos están cubiertos por una delgada capa de músculo, piel, escamas; así mismo, atraviesan la musculatura *hypaxialis*, se encuentran por debajo de los huesos supracleitrum y no están en contacto con el neurocráneo, no hay conexión con el oído interno (Figura 31).

La parte posterior es redondeada, no presenta divertículos posteriores (Figura 32) y se orienta hacia la base del primer pterigióforo anal, alcanzando el piso de la cavidad visceral

en donde se fija por medio de la túnica externa. En la porción posterodorsal, por debajo de la túnica externa, se inserta un músculo intrínseco poco desarrollado, originándose en el piso de la cavidad visceral donde es más robusto, posiblemente derivado del músculo

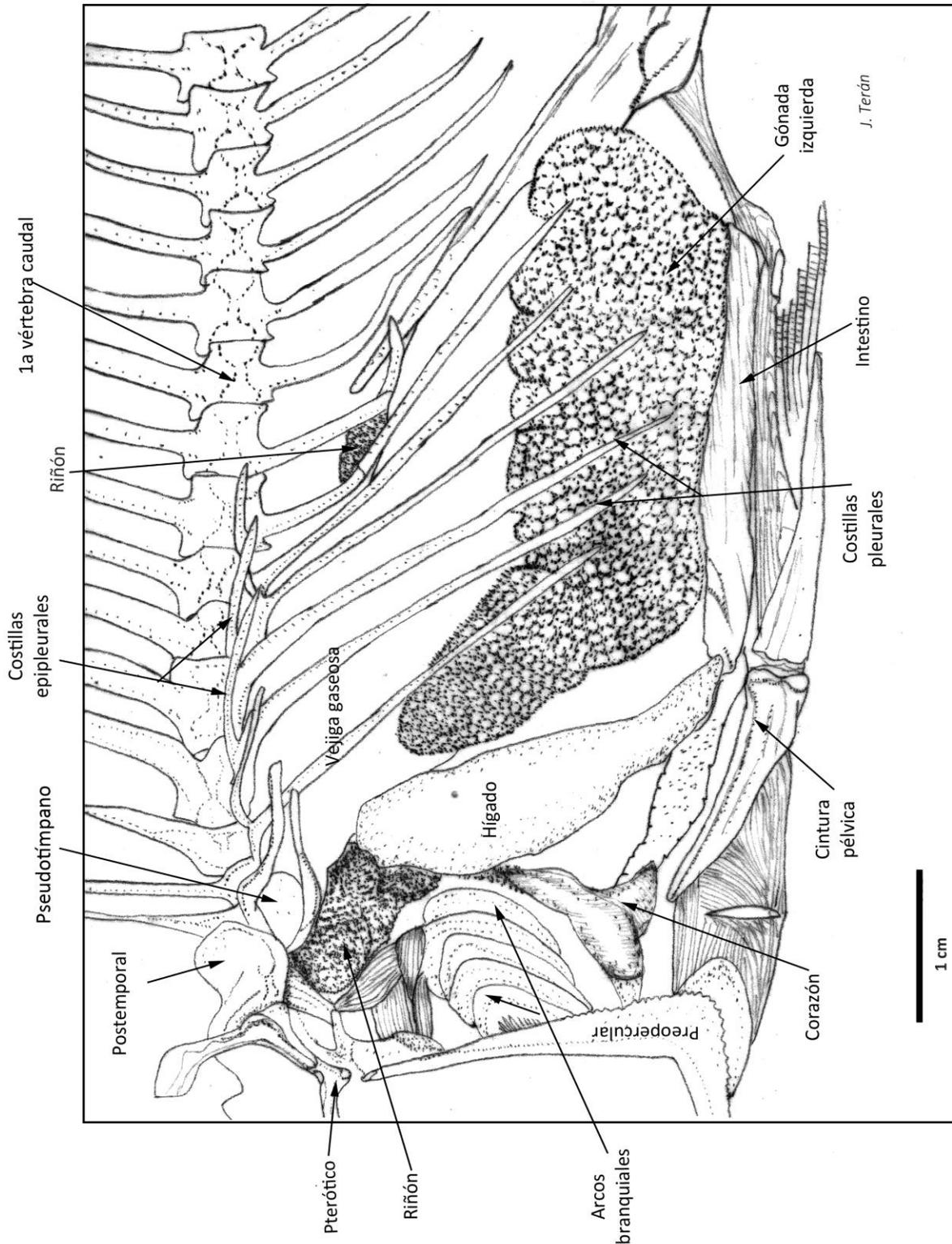


Figura 27. Organografía de la cavidad visceral de *Eugerres lineatus*. Vista lateral izquierda.

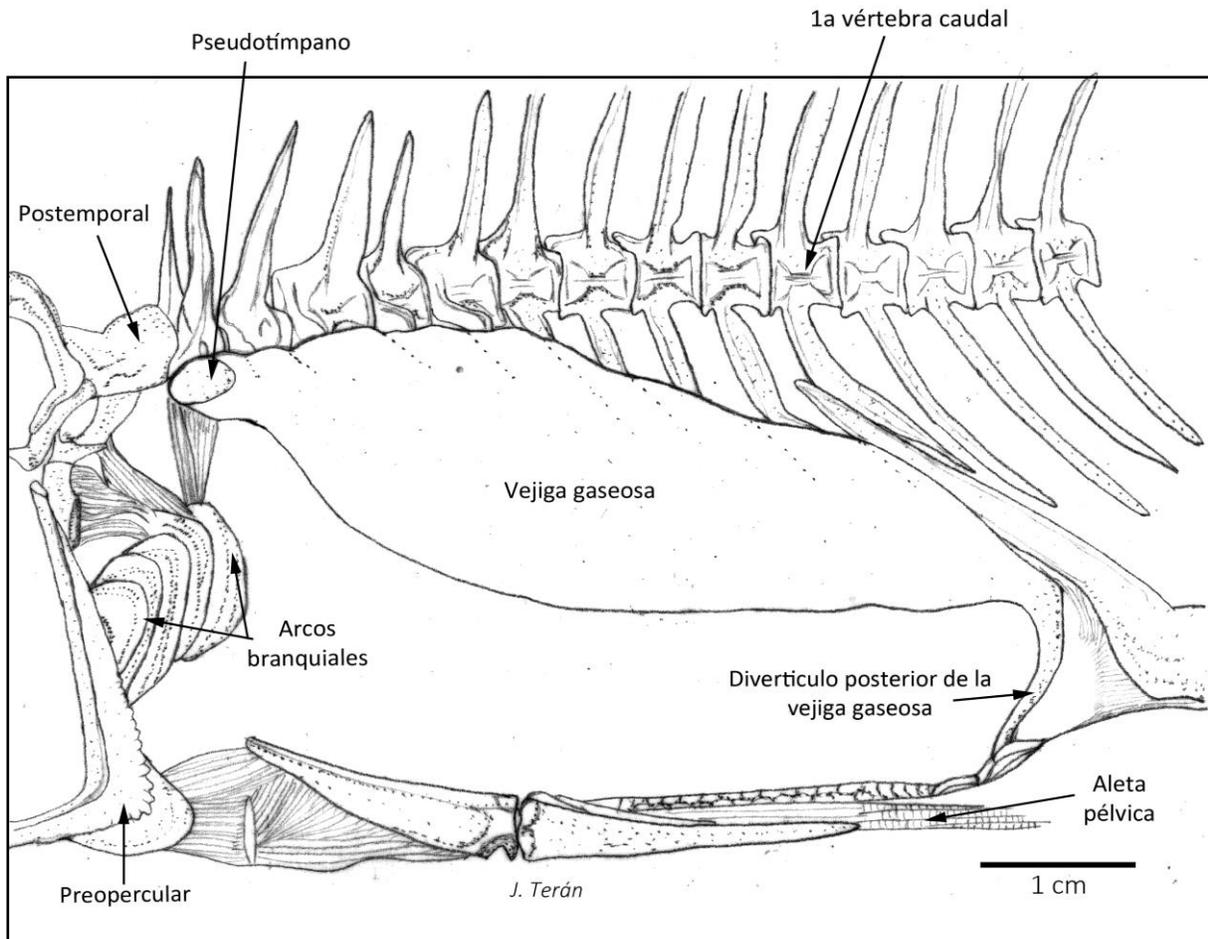


Figura 28. Posición de la vejiga gaseosa dentro de la cavidad visceral de *Eugerres lineatus*. Vista lateral izquierda.

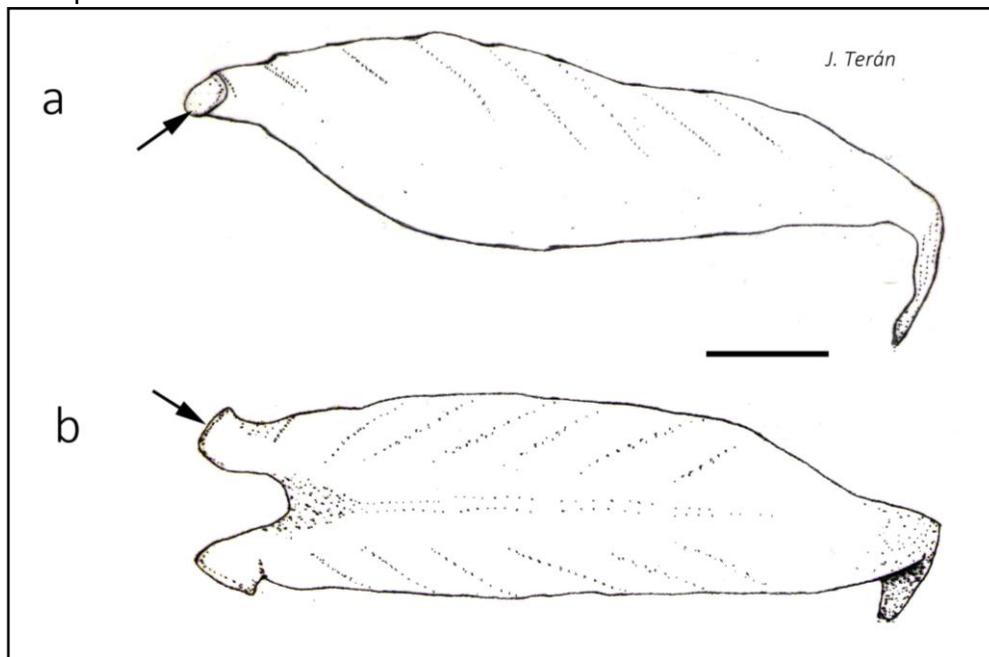


Figura 29. Vejiga gaseosa de *Eugerres lineatus*. a) Vista lateral izquierda. b) Vista dorsal. Las flechas indican la posición del pseudotímpano.

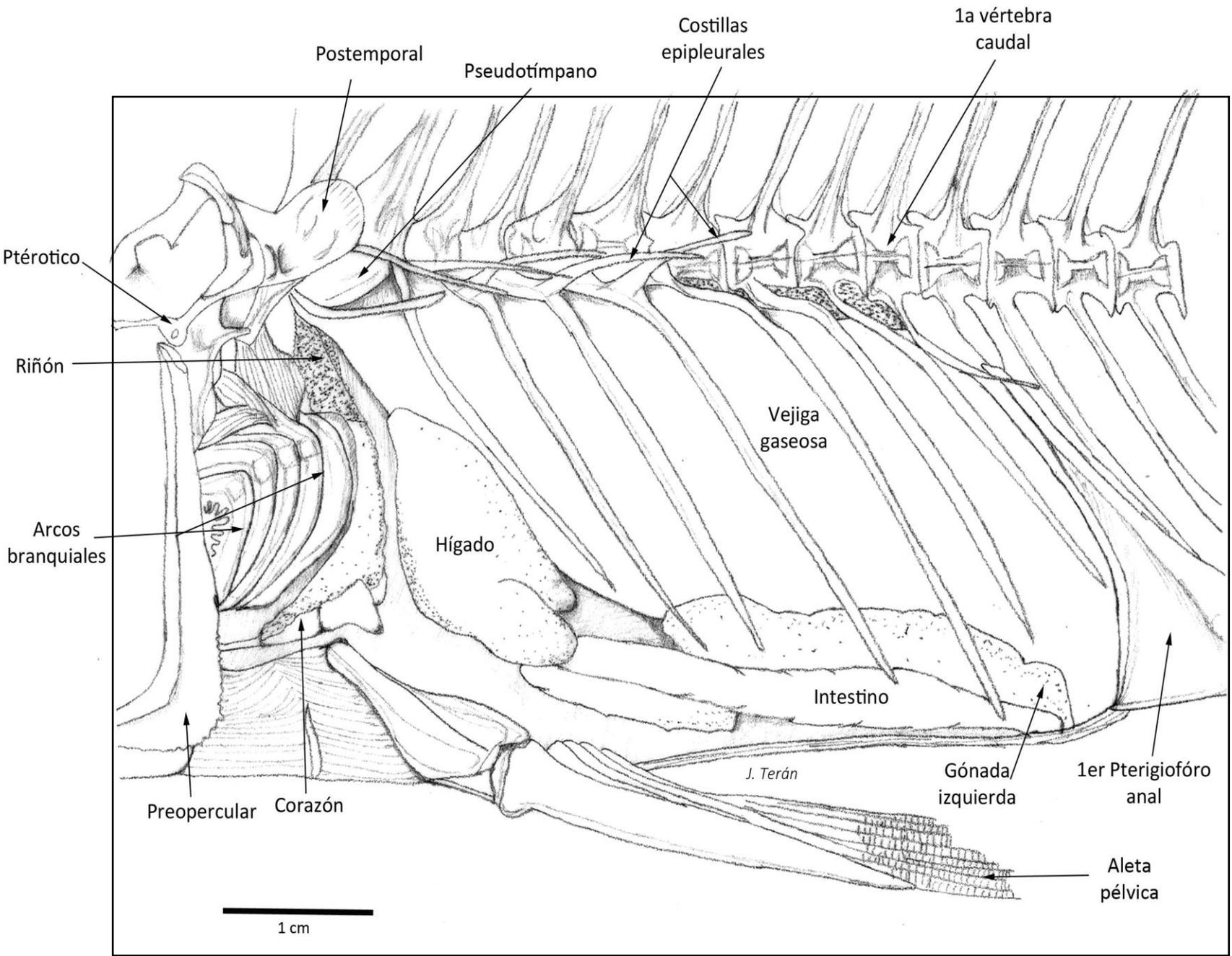


Figura 30. Organografía de la cavidad visceral de *Eugerres mexicanus*. Vista lateral izquierda.

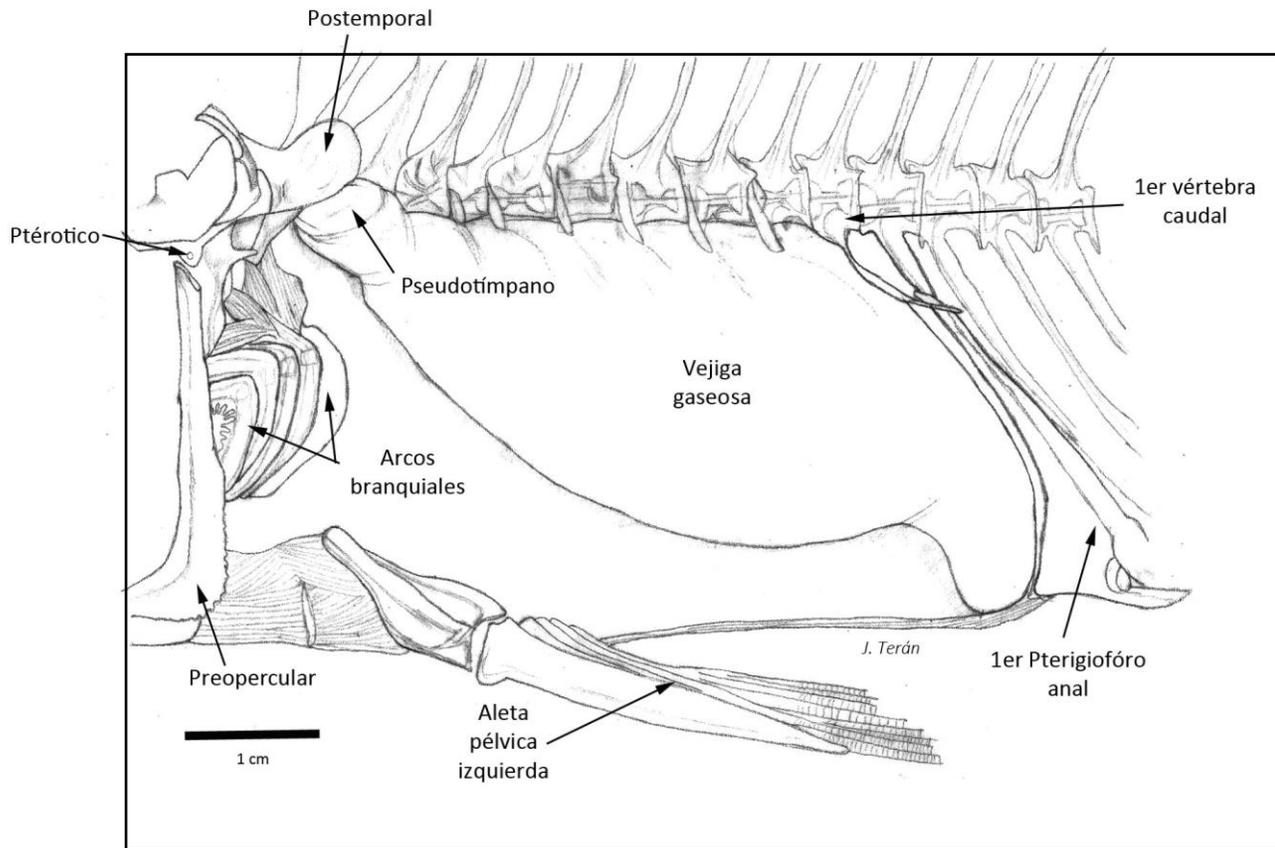


Figura 31. Posición de la vejiga gaseosa dentro de la cavidad visceral de *Eugerres mexicanus*. Vista lateral izquierda.

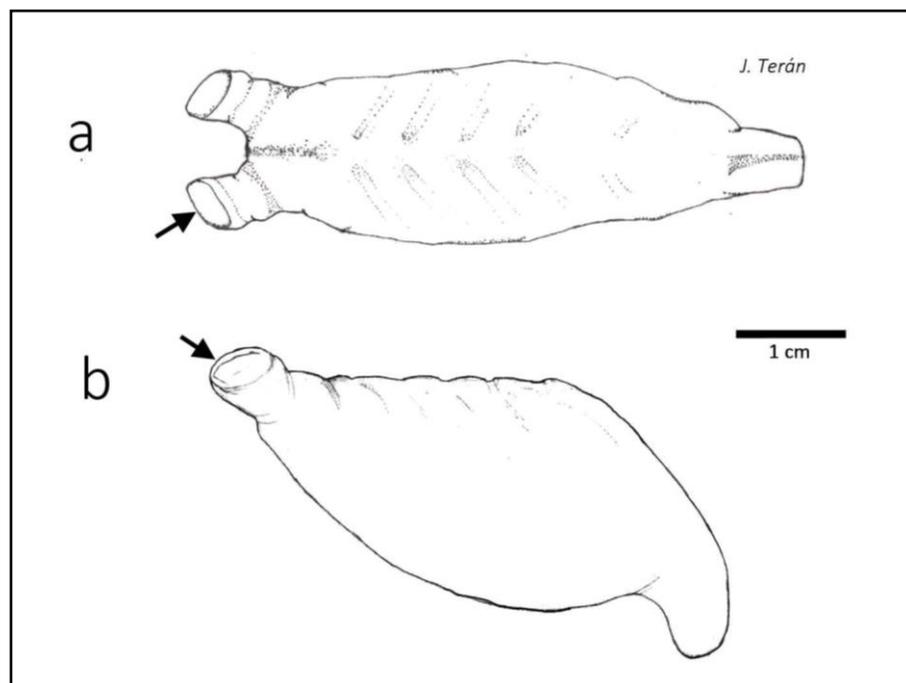


Figura 32. Vejiga gaseosa de *Eugerres mexicanus*. a) Vista dorsal. b) Vista lateral izquierda. Las flechas indican la posición del pseudotímpano.

5.1.2.11. *Gerres cinereus*

La vejiga gaseosa de la mojarra trompetera, se encuentra en posición dorsal en la cavidad visceral y se localiza entre el nivel de la vértebra 2 y la 12 (Figura 33). La vejiga gaseosa es alargada, la parte anterior de la vejiga es bifurcada por la presencia de dos divertículos ciegos extraviscerales, en forma de cuernos, los cuales se dirigen hacia la región anterior del cuerpo, haciendo contacto con las cápsulas óticas mediante los forámenes delimitados por los huesos basioccipital, epiótico y proótico (Figura 34). La conexión con el oído interno, es a nivel de los otolitos *asteriscus* y la parte posterior del *sagitta*. Los divertículos pasan por encima de los músculos *retractor dorsalis* y el cuarto *levator interni*, y por debajo de la porción anterior del lóbulo renal.

La parte posterior está dividida en dos divertículos posteriores extraviscerales, ciegos, uno a cada lado del cuerpo, los cuales se adelgazan en su porción distal (Figura 35). Los divertículos posteriores se inician a nivel de la parte media del primer pterigióforo anal, llegan hasta el nivel del proceso hemal de la vértebra 16 y se unen fuertemente a este.

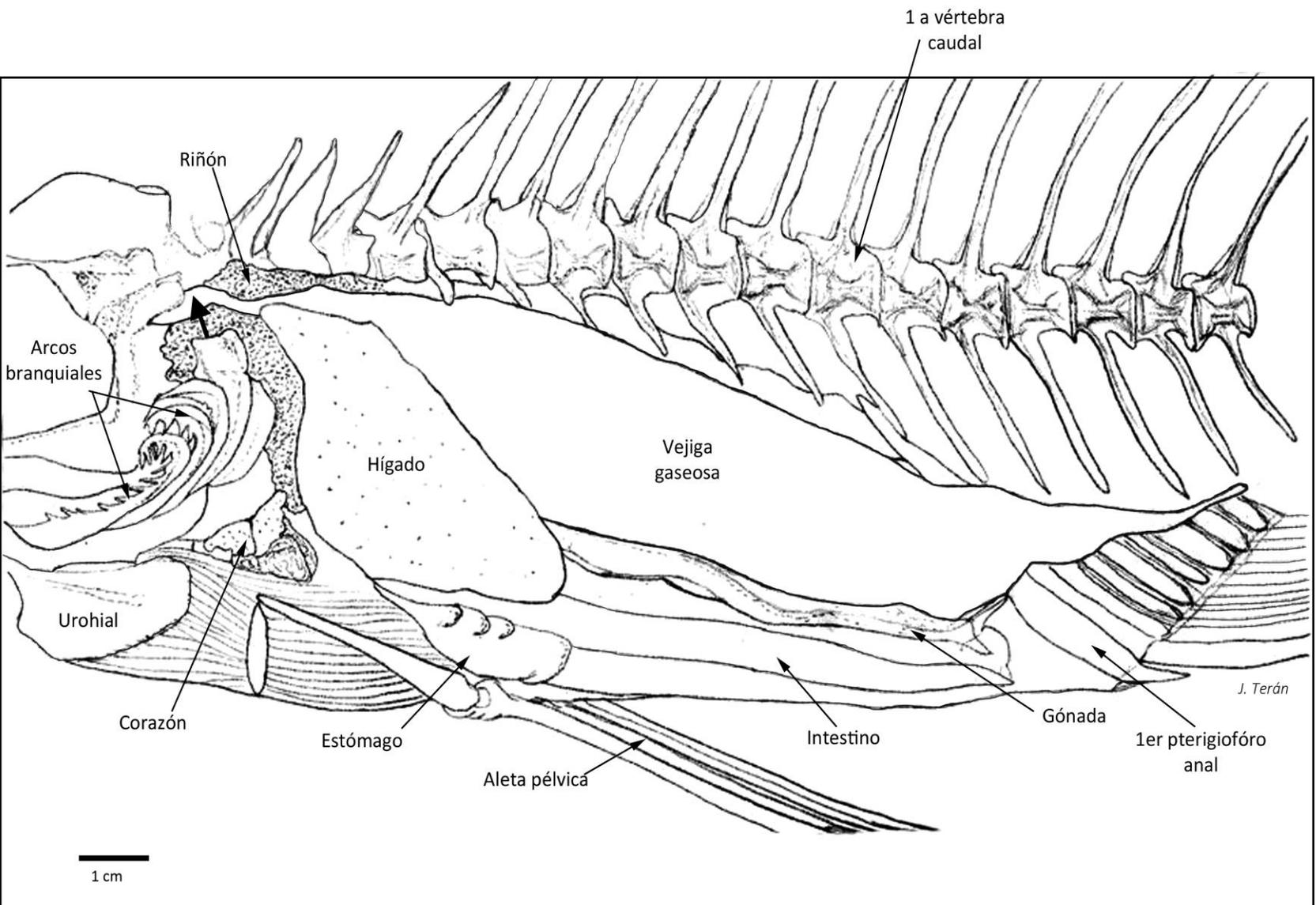


Figura 33. Organografía de la cavidad visceral de *Gerres cinereus*. Vista lateral izquierda. Flecha de mayor tamaño indica la unión de la vejiga gaseosa con el oído interno

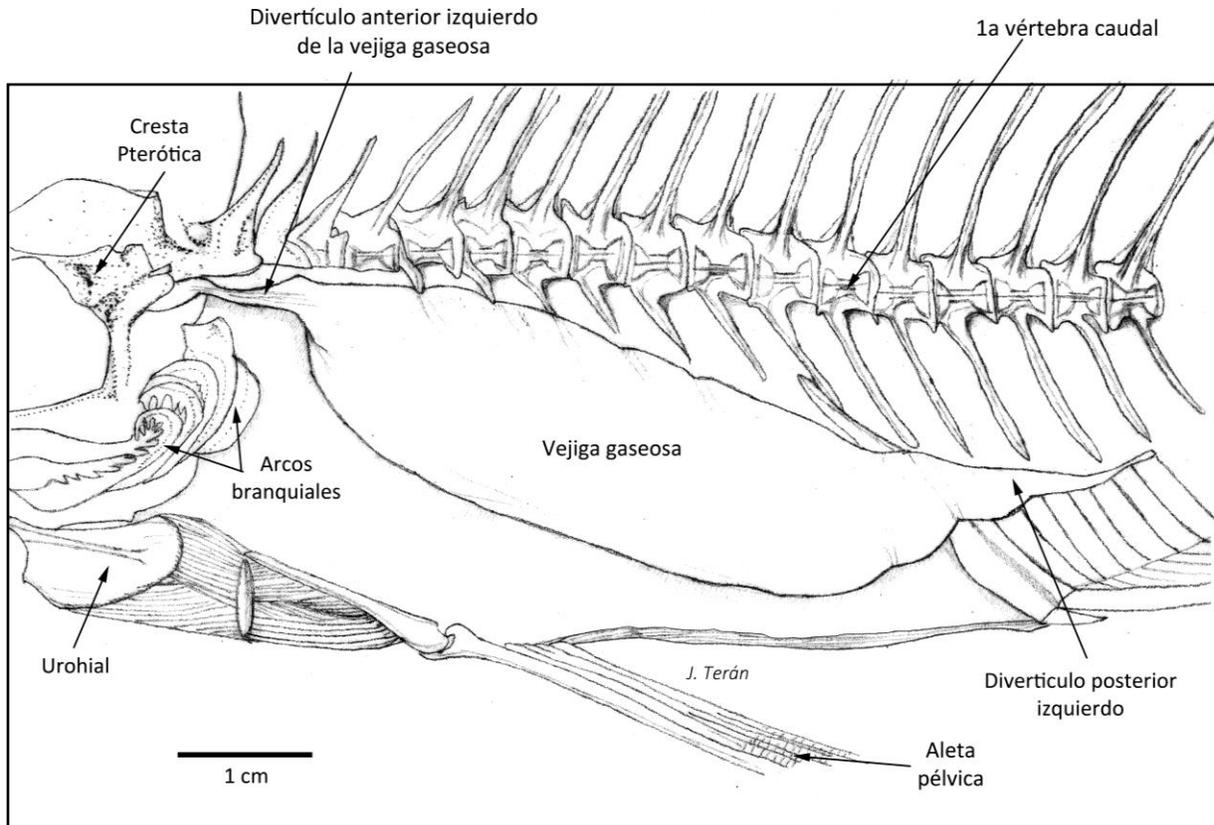


Figura 34. Posición de la vejiga gaseosa dentro de la cavidad visceral sin órganos de *Gerres cinereus*. Vista lateral izquierda.

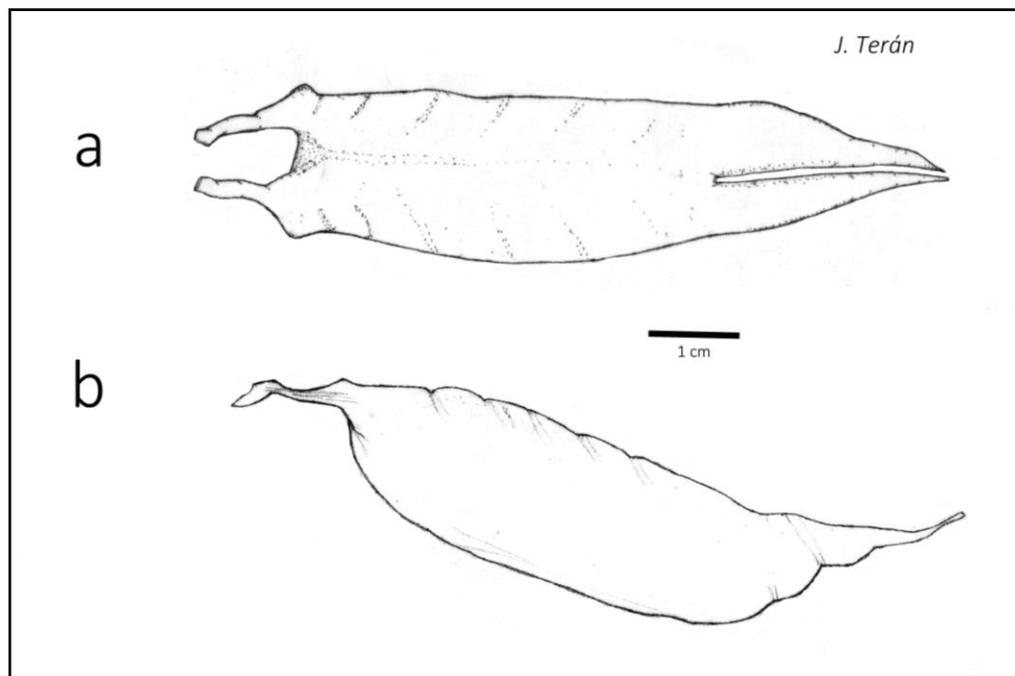


Figura 35. Vejiga gaseosa de *Gerres cinereus*. a) Vista dorsal. b) Vista lateral izquierda.

5.1.3. Características generales de la vejiga gaseosa de las especies analizadas de la familia Gerreidae

En la Tabla 1 se resumen las características morfológicas de la vejiga gaseosa de las especies analizadas de la familia Gerreidae, la presencia de cada característica en las respectivas especies se representa con la letra "X".

Se evaluaron como características distintivas, la forma general, el número de vértebras precaudales que abarca la vejiga gaseosa en la cavidad visceral, la forma de sus partes anterior y posterior, así como también, la dirección, tamaño, posición de los divertículos anteriores y posteriores, y si presenta conexión con el oído interno. Dichas regiones son las que presentan las mayores diferencias a nivel de género y especie (Figuras 36 y 37).

Tabla 1. Continuación.

ESPECIE CARÁCTER	<i>D.</i> <i>auratus</i>	<i>D.</i> <i>brevirostris</i>	<i>D.</i> <i>rhombeus</i>	<i>E.</i> <i>currani</i>	<i>E.</i> <i>entomelas</i>	<i>E.</i> <i>dowii</i>	<i>E.</i> <i>castroaguirrei</i>	<i>E.</i> <i>lineatus</i>	<i>E.</i> <i>mexicanus</i>	<i>E.</i> <i>plumieri</i>	<i>G.</i> <i>cinereus</i>
Forma de la vejiga gaseosa región posterior redondeada llega al piso de la cavidad visceral							X	X	X		
Forma de la vejiga gaseosa región posterior redondeada con cono interhemal				X	X	X					
Forma de la vejiga gaseosa región posterior redondeada sin llegar al piso de la cavidad visceral	X		X							X	
Forma de la vejiga gaseosa región posterior bifurcada, presencia de dos divertículos, llegan al pedúnculo caudal		X									
Forma de la vejiga gaseosa región posterior bifurcada, presencia de dos divertículos, sin llegar al pedúnculo caudal											X
Con músculos intrínsecos en la región posterodorsal evidentes							X				

Tabla 1. Continuación.

CARÁCTER	ESPECIE	<i>D. auratus</i>	<i>D. brevisrostris</i>	<i>D. rhombeus</i>	<i>E. currani</i>	<i>E. entomelas</i>	<i>E. dowii</i>	<i>E. castroaguirrei</i>	<i>E. lineatus</i>	<i>E. mexicanus</i>	<i>E. plumieri</i>	<i>G. cinereus</i>
Con músculos intrínsecos en la región posterodorsal poco desarrollados									X	X		
Divertículos anteriores dirigidos hacia la región cefálica					X	X	X					X
Divertículos anteriores dirigidos hacia la región caudal		X	X	X								
Divertículos anteriores dirigidos hacia los lados del cuerpo								X	X	X	X	
Divertículos anteriores gruesos con respecto a la vejiga gaseosa								X	X	X	X	
Divertículos anteriores delgados con respecto a la vejiga gaseosa		X	X	X	X	X	X					X
Forma de los divertículos anteriores cónica			X	X								
Forma de los divertículos anteriores tubular		X			X	X	X	X	X	X	X	X
Extremo final del divertículo anterior terminado en punta		X	X	X								

Tabla 1. Continuación.

ESPECIE	<i>D. auratus</i>	<i>D. brevirostris</i>	<i>D. rhombeus</i>	<i>E. currani</i>	<i>E. entomelas</i>	<i>E. dowii</i>	<i>E. castroaguirrei</i>	<i>E. lineatus</i>	<i>E. mexicanus</i>	<i>E. plumieri</i>	<i>G. cinereus</i>
CARÁCTER											
Extremo final del divertículo anterior plano				X	X	X	X	X	X	X	X
Presencia de conexión con oído interno llegando a la lagena				X							
Presencia de conexión con oído interno llegando al <i>sagitta</i> y lagena					X	X					X

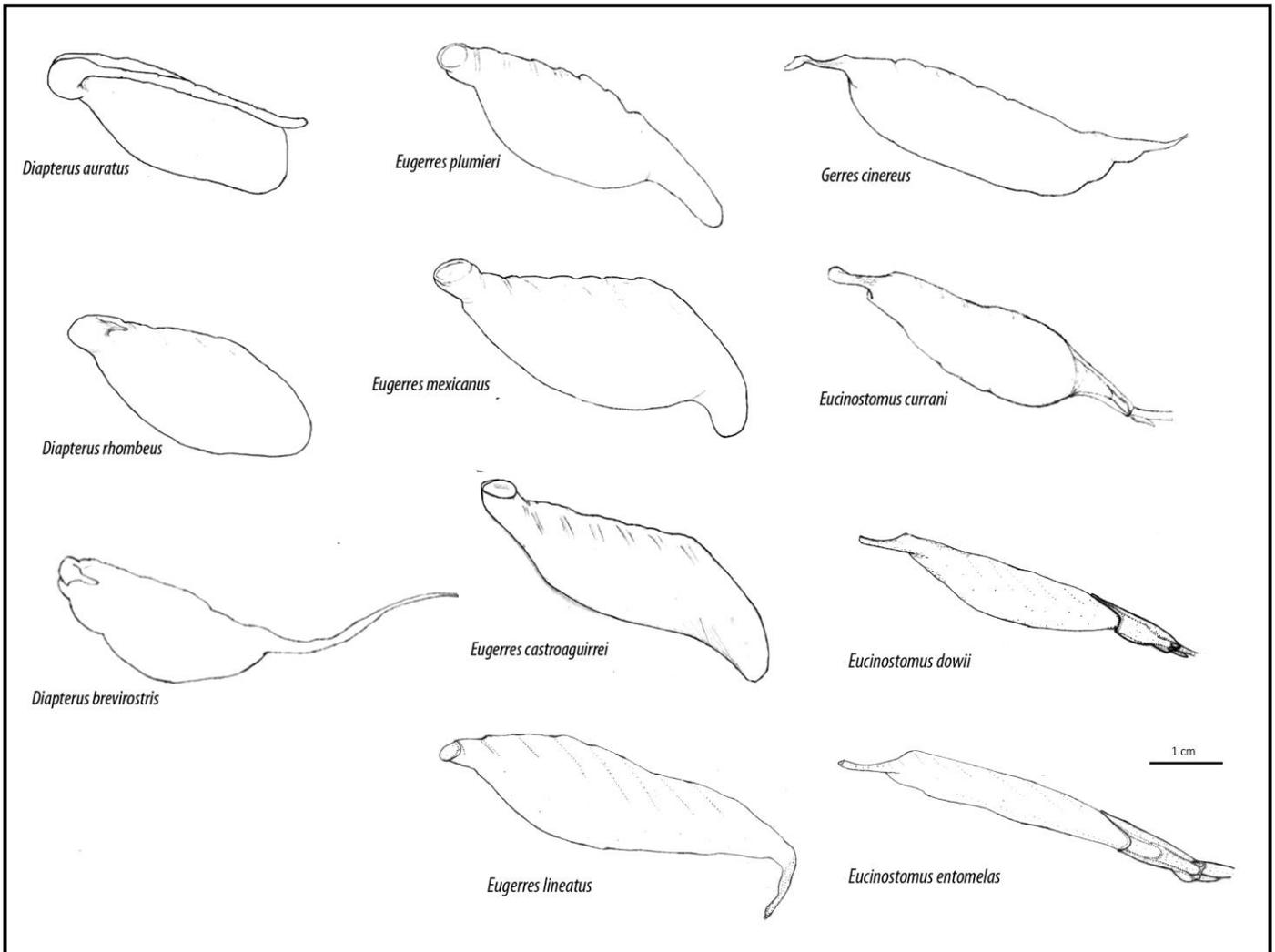


Figura 36. Vejiga gaseosa de: *D. auratus*, *D. rhombeus*, *D. brevirostris*, *E. currani*, *E. dowii*, *E. entomelas*, *E. castroaguirrei*, *E. lineatus*, *E. mexicanus*, *E. plumieri* y *G. cinereus*. Vista lateral izquierda.

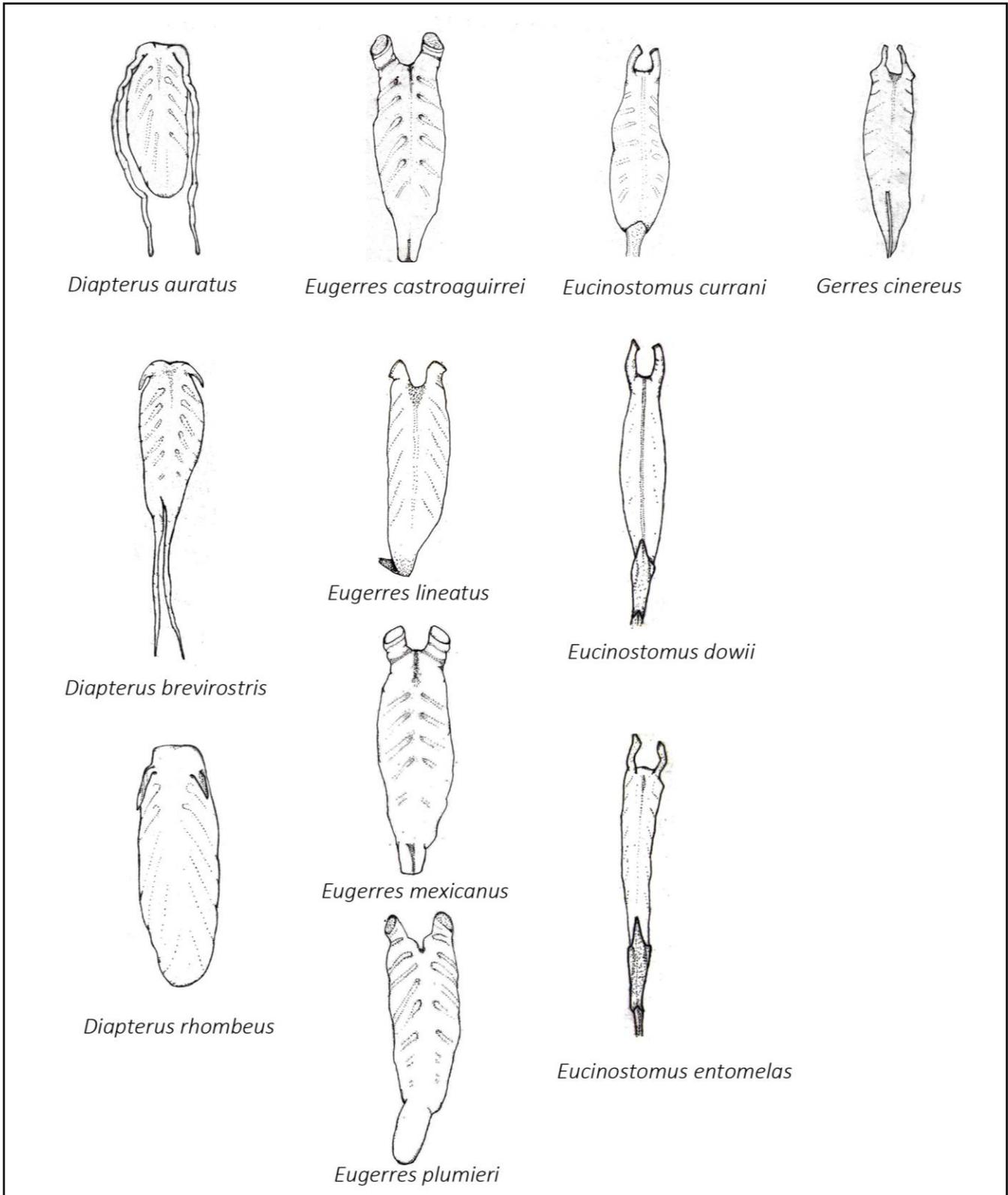


Figura 37. Vejiga gaseosa de: *D. auratus*, *D. rhombeus*, *D. brevirostris*, *E. currani*, *E. dowii*, *E. entomelas*, *E. castroaguirrei*, *E. lineatus*, *E. mexicanus*, *E. plumieri* y *G. cinereus*. Vista dorsal.

5.2. Oído interno

5.2.1. Patrón morfológico del oído interno en la familia Gerreidae

El oído típico de teleósteos consiste en una serie de vesículas, tres conductos semicirculares, los cuales contienen un líquido llamado endolinfa, además de tres otolitos. Estos últimos se encuentran encerrados en una región epitelial o mácula que contienen una gran cantidad de células sensoriales, las cuales están separadas del otolito por una membrana otolítica. El aparato auditivo se encuentra situado en el interior de cápsulas óticas en ambos lados de la caja craneana.

5.2.2. Descripción del oído interno en especies seleccionadas de la familia Gerreidae

5.2.2.1. *Eucinostomus currani*

El oído interno de la mojarra tricolor, sigue el patrón morfológico de los teleósteos. Sin embargo se diferencia por estar en contacto directo con la vejiga gaseosa, a través de un divertículo anterior localizado a cada lado de la cabeza, el cual se conecta con la cápsula ótica por medio de un foramen cubierto por una membrana y tejido blando rodeado por los huesos basioccipital, epiotico y proótico.

El divertículo anterior de la vejiga gaseosa en *E. currani*, se inserta en la región central de la lagena, cubriendo totalmente al otolito *asteriscus* (Figura 38). La porción final del divertículo anterior de la vejiga gaseosa, donde se conecta con la cápsula ótica es de sección circular.

La altura de los conductos semicirculares verticales, en comparación con los órganos otolíticos, es mayor, siendo el otolito *sagitta* el de mayor tamaño, el cual se encuentra contenido en el sáculo (Figura 39 A).

El otolito *lapillus*, está contenido en el utrículo, se encuentra en posición anterodorsal la *sagitta*, mientras que el otolito *asteriscus* se encuentra posterodorsal al otolito *sagitta*. El ángulo que se forma entre los dos conductos semicirculares verticales en *E. currani*, medido en su cercanía con el conducto común, es mayor a 90° (Figura 39 B).

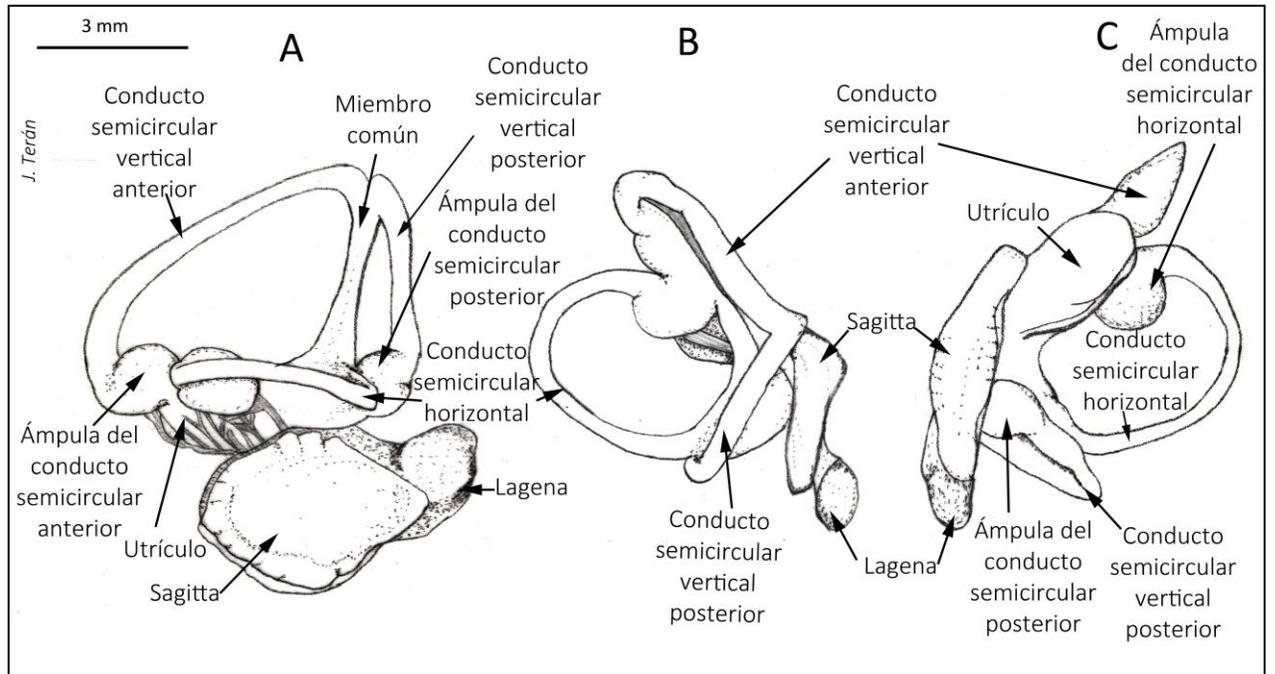


Figura 39. Oído interno de *Eucinostomus currani*. A. Vista lateral. B. Vista dorsal. C. Vista ventral.

5.3.2.2 *Eucinostomus dowii*

El oído interno de la mojarra manchita, también sigue el patrón morfológico de los teleósteos. Sin embargo, se comunica con la vejiga gaseosa por medio de dos divertículos, uno a cada lado de la cabeza; a través de un foramen la cual está cubierta por membranas y se encuentra rodeado por los huesos basioccipital, epiotico y proótico.

Los divertículos anteriores de la vejiga gaseosa se insertan en la región posterior de la *sagitta* y la parte anterior de la lagena, cubriendo totalmente al otolito *asteriscus* y la parte posterior de la *sagitta* (Figura 40). La porción distal del divertículo anterior de la vejiga gaseosa que se conecta con la cápsula ótica, presenta una terminación de sección circular.

La altura de los conductos semicirculares verticales, en comparación con el tamaño de los órganos otolíticos es superior, el otolito de mayor tamaño es la *sagitta*, la cual se encuentra contenido en el sáculo (Figura 41 A). El *lapillus* está situado anterodorsal a la *sagitta* y por debajo de las ámpulas del conducto semicircular anterior y conducto

semicircular horizontal, mientras que el *asteriscus* se sitúa posterodorsal al otolito *sagitta*. El ángulo que se forma entre los dos conductos verticales en *E. dowii* medido, en su cercanía con el conducto común, es mayor a los 90° (Figura 41 B).

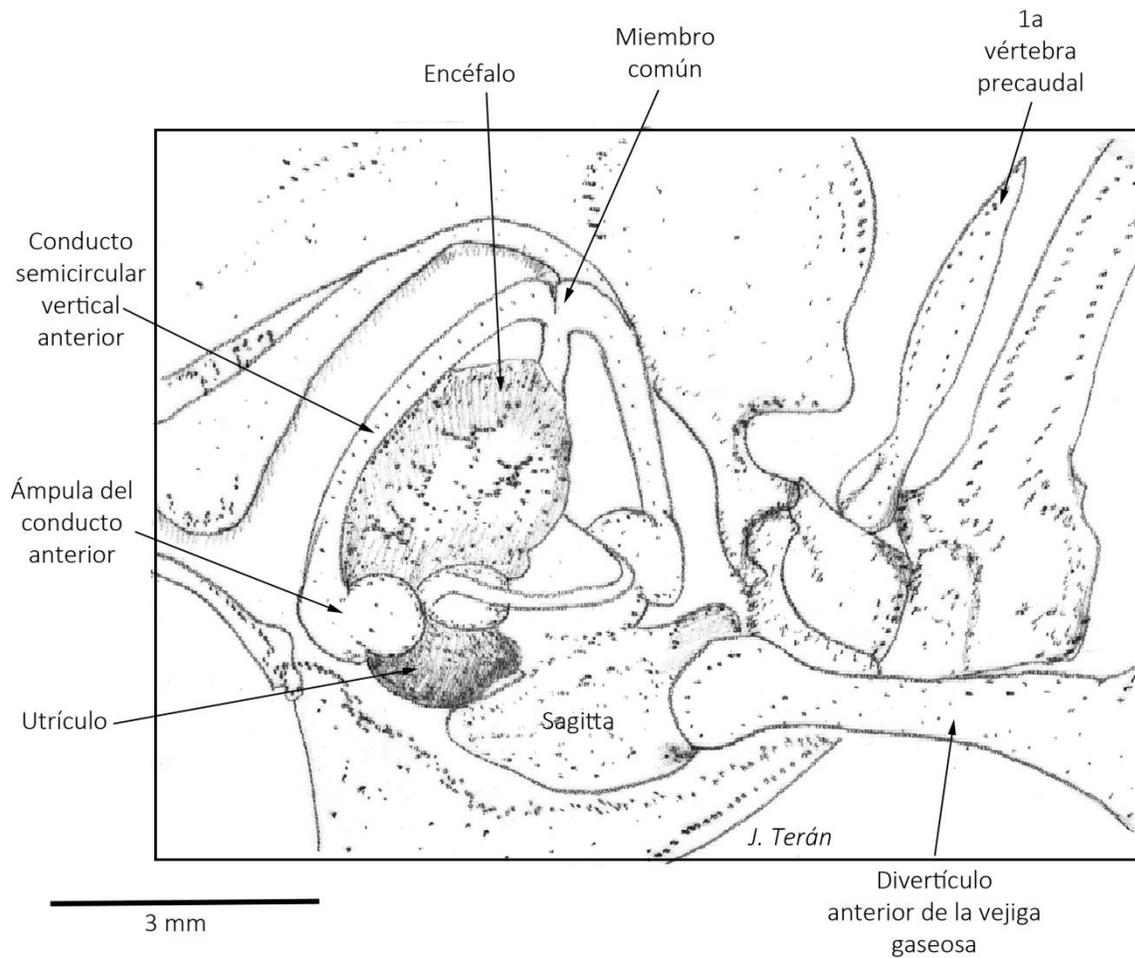


Figura 40. Vista lateral izquierda del oído interno, dentro del neurocráneo de *Eucinostomus dowii*.

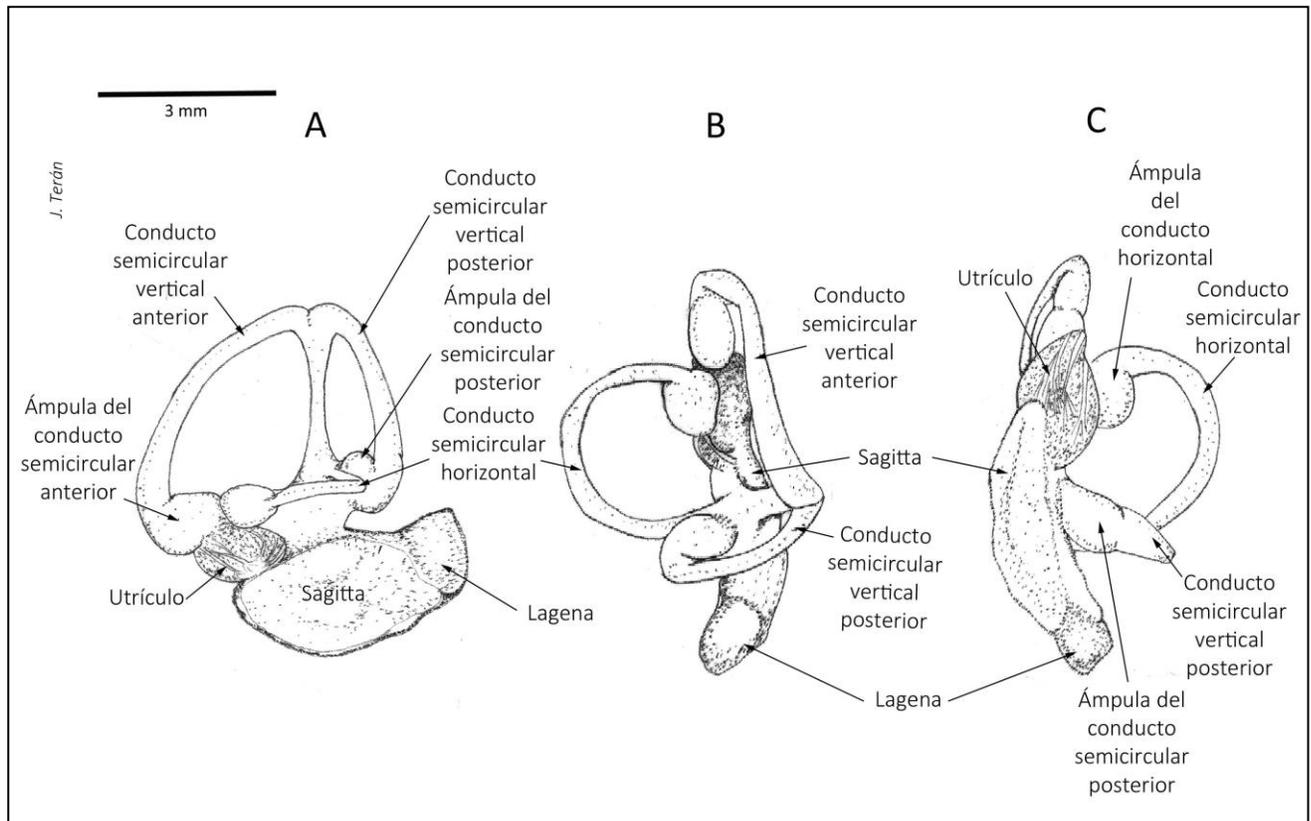


Figura 41. Oído interno de *Eucinostomus dowii*. A. Vista lateral. B. Vista dorsal. C. Vista ventral.

5.3.2.3 *Eucinostomus entomelas*

El oído interno de la mojarra manchita, sigue el patrón morfológico de los teleósteos. Sin embargo, se comunica con la vejiga gaseosa a través de dos divertículos anteriores situados a cada lado de la cabeza, el cual se conecta en la cápsula ótica por medio de un foramen cubierto por membranas y tejido blando, rodeado por los huesos basioccipital, epiótico y proótico. El divertículo anterior de la vejiga gaseosa, se inserta en la región anteroventral de la lagena y la región posterior del otolito *sagitta* (Figura 42).

La porción final del divertículo anterior de la vejiga gaseosa, se conecta con la cápsula ótica y termina en sección triangular.

La altura de los conductos verticales, en comparación con el tamaño de los órganos otolíticos, es mayor; el otolito de mayor tamaño es el *sagitta*, el cual se encuentra

contenido en el sáculo (Figura 43 A). El otolito *asteriscus* está situado dorsalmente en comparación con la mácula del *sagitta*.

El ángulo que se forma entre los dos conductos verticales de *E. entomelas*, medido en su cercanía con el conducto común, es cercano a los 90° (Figura 43 B).

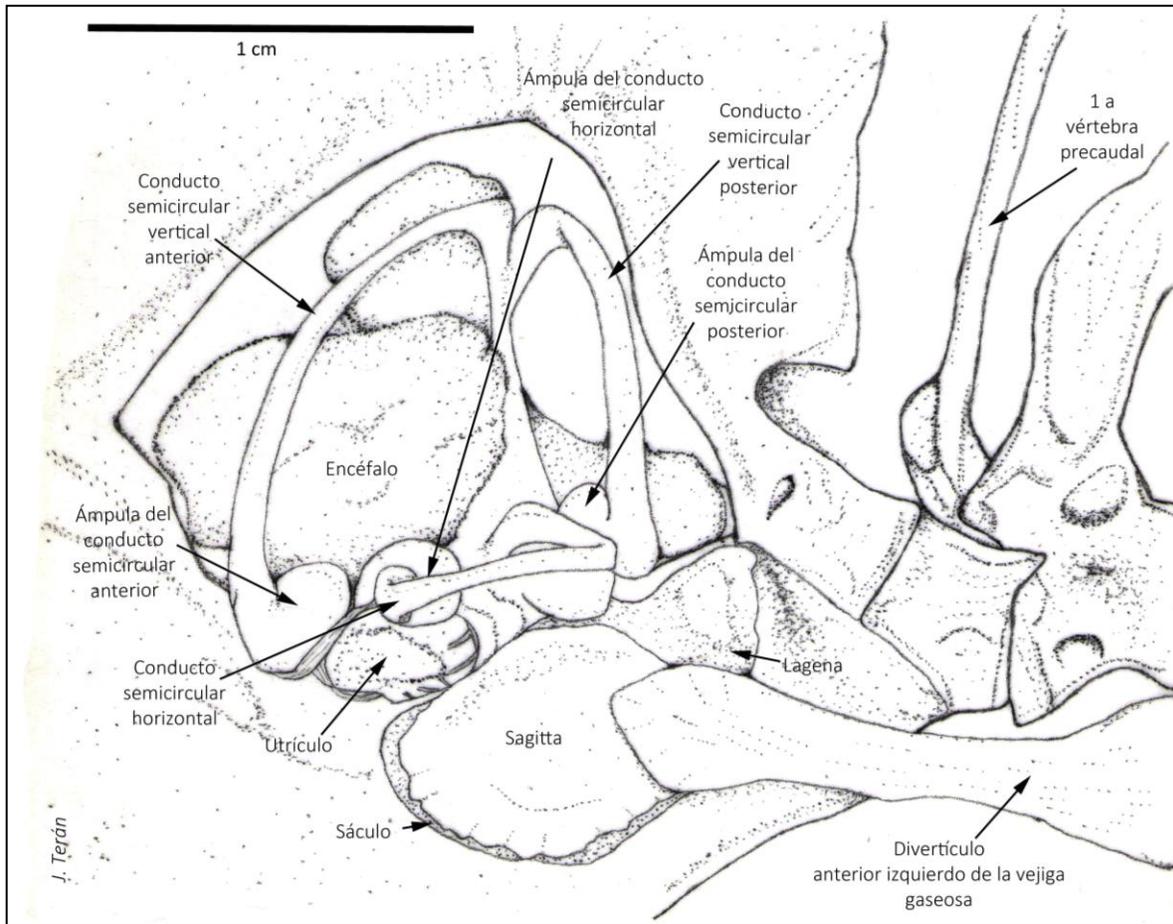


Figura 42. Vista lateral izquierda del oído interno, dentro del neurocráneo de *Eucinostomus entomelas*.

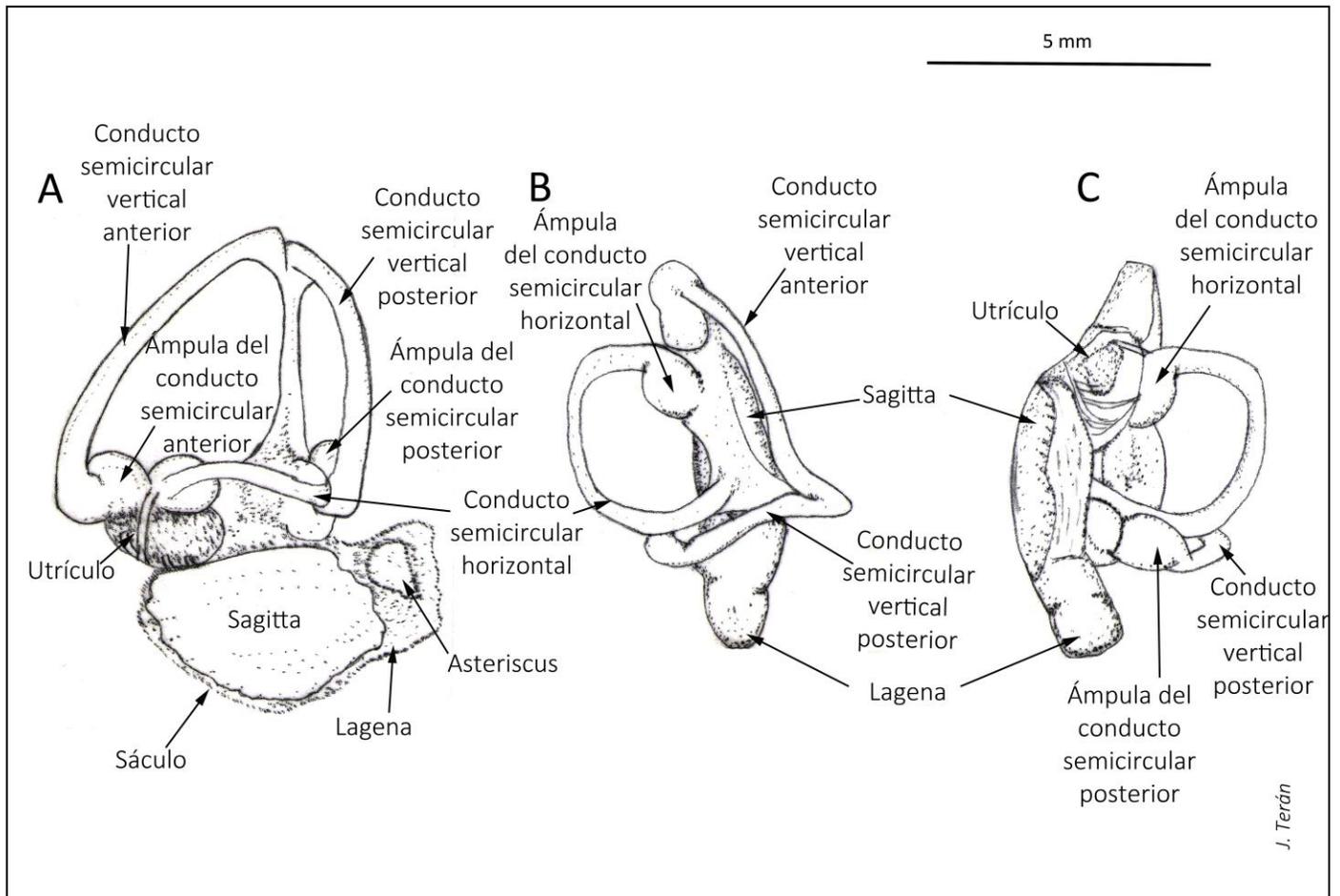


Figura 43. Oído interno de *Eucinostomus entomelas*. A. Vista lateral. B. Vista dorsal. C. Vista ventral.

5.3.2.4 *Gerres cinereus*

El oído interno de la mojarra trompetera, sigue el patrón morfológico de los teleósteos. Se diferencia por presentar conexión con la vejiga gaseosa mediante un divertículo anterior, el cual se inserta por medio de membranas en la cápsula ótica a través de un foramen, el cual está rodeado por los huesos basioccipital, epiotico y proótico.

El divertículo anterior de la vejiga gaseosa en *G. cinereus*, se inserta en la región anterior de la lagena cubriendo totalmente al otolito *asteriscus* y en la parte posterior del *saggitta* (Figura 44).

La porción distal del divertículo anterior de la vejiga gaseosa, se conecta con la cápsula ótica y es de forma ovalada.

La altura de los conductos verticales en comparación con los órganos otolíticos es considerablemente superior, el otolito de mayor tamaño es el *sagitta*, el cual se encuentra contenido en el sáculo (Figura 45 A).

El otolito *lapillus* contenido en el utrículo, se encuentra en posición anterodorsal al otolito *sagitta*, mientras que el otolito *asteriscus* se encuentra posterodorsal al otolito *sagitta*. El ángulo que se forma entre los dos conductos semicirculares verticales de *G. cinereus* es menor a 90° (Figura 45 B).

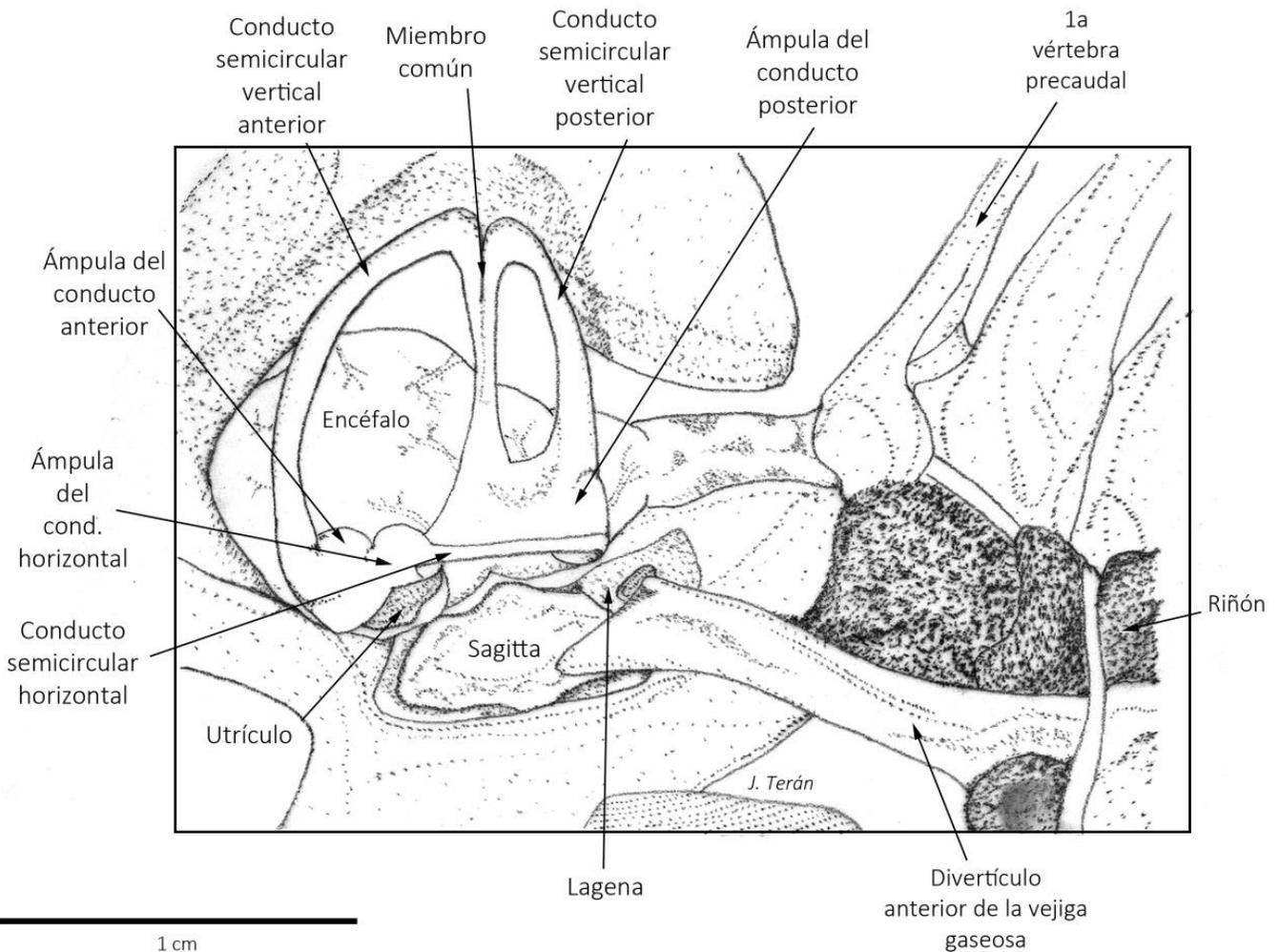


Figura 44. Vista lateral izquierda del oído interno, dentro del neurocráneo de *Gerres cinereus*.

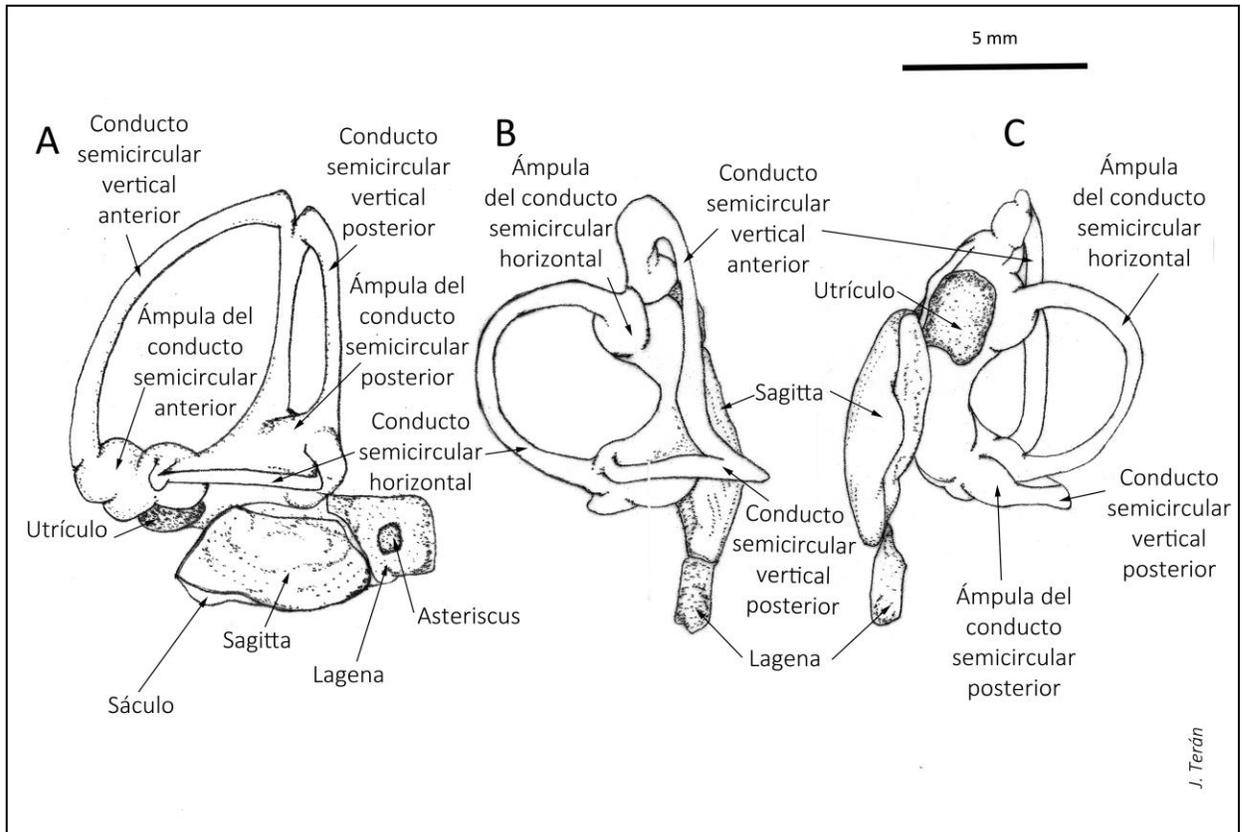


Figura 45. Oído interno de *Gerres cinereus*. A. Vista lateral. B. Vista dorsal. C. Vista ventral.

5.2.3. Características generales del oído interno en especies seleccionadas de la familia Gerreidae

En la Tabla 2, se resumen las características morfológicas del oído interno de algunas especies de la familia Gerreidae, en las que este órgano se encuentra en conexión con la vejiga gaseosa.

Tabla 2. Características generales del oído interno en especies seleccionadas de la familia Gerreidae.

Características	<i>Eucinostomus currani</i>	<i>Eucinostomus dowii</i>	<i>Eucinostomus entomelas</i>	<i>Gerres cinereus</i>
Divertículo anterior cubre la región central de la lagena	X			
Divertículo anterior cubre la parte posterior del sáculo y región central de la lagena		X	X	X
Forma circular del extremo del divertículo anterior	X	X		
Forma triangular del extremo del divertículo anterior			X	
Forma ovalada del extremo del divertículo anterior				X
Angulo entre conductos semicirculares verticales mayor a 90°	X	X		
Angulo entre conductos semicirculares verticales menor a 90°				X
Angulo entre conductos semicirculares verticales 90°			X	

6. DISCUSIÓN

En la familia Gerreidae, se reconoce un patrón general en la organografía de la cavidad visceral. Dicho patrón, consiste en la posición dorsal del riñón, entre las vértebras precaudales y la vejiga gaseosa, la posición anterior del hígado, el estómago en posición medioanterior, el intestino en posición ventral y así como las gónadas y la vejiga urinaria en posición posteroventral. La vejiga gaseosa es una estructura característica de la mayoría de los Teleostei (Liem, 1989), la cual presenta una gran variedad de formas, espacio que ocupa en la cavidad visceral y adaptaciones. El patrón morfológico que se pudo reconocer en la vejiga gaseosa consta de una sola cámara ovoide, en posición dorsal a lo largo de la cavidad visceral y la presencia de dos divertículos anteriores en los lados del cuerpo.

Se pudieron observar cinco formas principales de la vejiga gaseosa entre las especies aquí analizadas. Forma ovoide en: *Diapterus auratus*, *D. rhombeus*, *D. brevirostris* y *Eucinostomus dowii*; alargada en: *E. entomelas*, *E. castroaguirrei*, *E. lineatus* y *Gerres cinereus*; curvada posteriormente en: *E. plumieri*; curvada en: *E. mexicanus*; y piriforme en: *E. currani*. Si bien, se observó coincidencias en la forma general de la vejiga, en cada especie se observó una forma particular, lo cual podría estar relacionado con su hábitat y por consiguiente con sus hábitos alimenticios, por lo que cada especie presenta una dieta particular, Clarke et al. (1975), demostraron que formas diferentes de la vejiga gaseosa responden de manera diferencial a las vibraciones del medio circundante, esto para encontrar alimento enterrado o en otros lugares, diversos experimentos han demostrado que la vejiga gaseosa juega un papel importante en el comportamiento acústico de los peces (Clarke et al., 1975), con lo anterior se podría inferir que diferentes formas de la vejiga gaseosa, estaría relacionado con su posición en la red trófica.

La morfología de la vejiga gaseosa de los gerreidos está afectada por la presencia de órganos adyacentes; por ejemplo, se pueden observar las marcas del riñón en la región dorsal y las marcas de las costillas pleurales, en las cuales se fija fuertemente la vejiga gaseosa. También se observaron variaciones en el tamaño de la vejiga gaseosa en ejemplares con gónadas maduras, las cuales ocupan un mayor espacio en la cavidad visceral y por ende generan un desplazamiento de los demás órganos, incluida la vejiga gaseosa. Por otra parte, la vejiga gaseosa de los teleósteos presentó variaciones de

tamaño, debidas a los cambios de presión entre el medio acuático y cuando se exponen al medio externo durante su captura (Clarke et al., 1975). Si bien los cambios de presión representan un factor importante, particularmente en peces de zonas abisales, en el caso de los gerreidos, al parecer no se presentan cambios sustanciales en su tamaño y forma debidos a su distribución dentro de la zona nerítica (0 a 200 m de profundidad) y porque los cambios de tamaño que son causados por las diferencias de presión, no modifican la forma general de la vejiga gaseosa en este grupo de peces.

Así también, se pudo reconocer que existe una diferencia en el volumen que ocupa la vejiga gaseosa en la cavidad visceral, que es menor en *E. entomelas*, y mayor en *E. mexicanus*, lo anterior probablemente esté relacionado con el hábitat que ocupan, siendo que el peso específico de cada organismo con respecto al medio es diferente, de tal manera que la flotación por diferencia de densidad es mayor en agua salina que en agua dulce. De igual manera, el número de vértebras que abarca la vejiga gaseosa, representa un atributo morfológico que se relaciona con su longitud relativa en la cavidad visceral. En el grupo estudiado se observaron cuatro condiciones diferentes: 1) las que se extienden a lo largo de 11 vértebras (*D. auratus*, *E. currani* y *G. cinereus*), 2) a lo largo de 12 vértebras (*D. brevirostris*, *D. rhombeus*, *E. dowii*, *E. entomelas*, *E. castroaguirrei* y *E. mexicanus*), 3) a lo largo de 13 vértebras (*E. plumieri*) y 4) a lo largo de 14 vértebras (*E. lineatus*).

Estas diferencias en tamaño implican distintas capacidades de flotabilidad debido a que pueden contener diferentes volúmenes de gases, con lo cual se modificaría el peso específico del organismo dentro del cuerpo de agua; lo que se traduce en una flotación con mayor o menor esfuerzo muscular (Aleev, 1969). Tal condición, no es exclusiva de especies que presentan vejiga gaseosa para la regulación de su flotabilidad, ejemplo de esto es el grupo de los Chondrichthyes; los cuales flotan por el contenido de lípidos producidos por el hígado (Lagler, 1984). Así también, el grupo de los Pleuronectiformes, al no presentar vejiga gaseosa, regulan su posición en la columna de agua por acción muscular.

Se reconoció la presencia de dos divertículos anteriores, presentes uno a cada lado del cuerpo, como un patrón morfológico característico de la región anterior de la vejiga gaseosa en las especies analizadas, a partir de lo cual se determinó que hay dos grupos principales, en el primero que corresponde al género *Diapterus*, los divertículos se dirigen

hacia la parte posterior del cuerpo. El segundo grupo compuesto por los géneros *Eucinostomus*, *Eugerres* y *Gerres*, los divertículos anteriores están dirigidos hacia la región cefálica, dicha condición involucra una bifurcación en la región anterior de la vejiga gaseosa que difiere del patrón observado en el género *Diapterus*, donde es redondeada.

En *Diapterus* spp., se observaron divertículos con diferente longitud y forma, destaca por su amplia longitud el divertículo anterior de *D. auratus*, el cual llega a nivel de la vértebra 13, es de forma tubular y con el extremo ciego. Este tipo de divertículos, con morfología similar, los describe Sasaki (1989), en particular en la especie *Bahaba polykladisko* perteneciente a la familia Sciaenidae. Es importante destacar que la longitud del divertículo fue variable entre las especies bajo estudio, tales son los casos de *D. rhombeus* y *D. brevirostris* cuya longitud de los divertículos abarcó el espacio comprendido entre dos vértebras del esqueleto; tales divertículos de forma cónica, son de naturaleza extravisceral, de características análogas a los flotadores y están situados por encima de las costillas pleurales, entre los miotomos de la musculatura *hypaxialis*. En este sentido, el género *Diapterus* es el que presentó mayores diferencias interespecíficas en la morfología de su vejiga gaseosa.

Por otro lado, en los miembros del género *Eugerres*, donde se observó la región apical del divertículo anterior desprovista de la túnica externa y cubierta por las capas más interiores de la vejiga gaseosa, y separada del medio externo por una delgada capa de músculo, piel y escamas; semejaría la forma de un tímpano, esta región posiblemente percibe sonidos y los amplifica a través de la vejiga gaseosa, para su posterior interpretación en el oído interno (Moreira-Dutra et al., 2014). En el grupo de los Gymnotiformes, específicamente en el género *Electrophorus*, Moreira-Dutra et al. (2014), describen una condición similar de la vejiga gaseosa, que se extiende a través de la musculatura axial y en su región anterior se limita en un *hiatus*. Dicha condición se describe como una hendidura, fisura o hueco. A esta característica se le da el nombre de pseudotímpano, el cual es considerado en el presente trabajo como una condición equivalente al ápice del divertículo anterior en los miembros del género *Eugerres*.

Los géneros *Eucinostomus* y *Gerres*, forman un grupo en el que los divertículos anteriores hacen contacto directo con las cápsulas óticas, lo que les brinda una ventaja adaptativa para la recepción del sonido externo y, de esta manera, interpretar y responder de forma

eficiente a los estímulos externos, en comparación con los géneros *Diapterus* y *Eugerres* los cuales no presentan conexión entre la vejiga gaseosa y el oído interno. Dicha organización coincide con lo propuesto por diversos autores, los cuales consideraron otros caracteres morfológicos (*e.g.*, Kobelkowsky, 2004) y diversos análisis comparativos (*e.g.*, De la Cruz-Agüero, 2001 y Miranda-Marín, 2014), o bien, realizaron trabajos de índole genético (*e.g.*, Ruiz-Carus y Uribe-Alcocer, 2003 y Chen et al., 2007).

La presencia de divertículos anteriores en la vejiga gaseosa, se ha observado en otros grupos de teleósteos (*e.g.*, Holocentridae, Gadidae, Ciclidae, Sciaenidae, Notopteridae y Clupeomorpha), en los cuales dicha estructura puede estar cercana o directamente conectada con el oído interno, como en *Eucinostomus* spp y *G. cinereus*. En el caso de la familia Cichlidae, los divertículos se conectan directamente con el oído interno y se ha demostrado que su tamaño constituye una característica importante para la detección de determinadas frecuencias (Schultz-Mirbach et al., 2012), dicha característica no es considerada en los trabajos de Green (1971) y Parmentier et al. (2011). A este respecto es importante considerar que los divertículos anteriores en las especies *E. currani*, *E. entomelas* y *G. cinereus*, se observaron parcialmente cubiertos por el lóbulo renal anterior, a diferencia de la especie *E. dowii*, donde se observa completamente cubierto por este lóbulo, esta condición podría indicar que el tamaño del divertículo anterior es diferente entre estas especies, esto debido a que el lóbulo renal se desarrolla de acuerdo al espacio disponible, por lo que en un espacio mayor el lóbulo se desarrolla en mayor medida tal como se observa en *E. dowii*, en contraste con un espacio menor. Estas diferencias podrían representar capacidades diferentes para la detección de ondas sonoras tal como lo menciona Schultz-Mirbach et al. (2012), para la familia Cichlidae.

Si bien, Parmentier et al. (2007), describió los divertículos anteriores en el género *Eucinostomus*, no considera la morfología de esta región de la vejiga gaseosa en otros géneros, lo que es importante, debido a que existen diferencias notables entre las especies de la familia analizadas en el presente trabajo, por ejemplo los divertículos anteriores que presentaron el género *Eugerres* que se dirigen hacia adelante, pero sin tocar la capsula ótica y con la presencia del pseudotímpano, o bien la presencia de divertículos dirigidos hacia atrás.

Sasaki (1989), considera, entre otros caracteres, la presencia o ausencia de divertículos anteriores conectados al oído interno para la reconstrucción de la filogenia y el establecimiento de las relaciones entre los miembros de la familia Sciaenidae, de tal modo que en la familia Gerreidae, podría considerarse características propias de la vejiga gaseosa como caracteres que contribuyan al establecimiento de relaciones filogenéticas.

Con relación a la región posterior de la vejiga gaseosa, se pudieron reconocer dos grupos morfológicos, en el primero esta región es redondeada, y se distingue por presentar tres condiciones principales: 1) redondeada y sin tocar el piso de la cavidad visceral (*D. auratus*, *D. rhombeus* y *E. plumieri*); 2) redondeada y tocando el piso de la cavidad visceral (*E. castroaguirrei*, *E. lineatus* y *E. mexicanus*) y 3) embebida por el cono interhemal (género *Eucinostomus*). En el segundo grupo, la vejiga gaseosa se encuentra bifurcada, este grupo lo componen las especies *D. brevirostris* y *G. cinereus*; en la primera especie el divertículo posterior se encontró muy próximo a la piel y escamas, muy próximo al medio externo a diferencia de *G. cinereus* donde se encontró fuertemente unido a las espinas hemales, esta característica podría indicar la percepción diferencial de sonidos externos por medio de esta región de la vejiga gaseosa, siendo más perceptivo en el caso de *D. brevirostris*.

Tominaga et al. (1996), describió en *Gerres japonicus* y *G. oyena*, la presencia de una bifurcación localizada en la región posterior de la vejiga gaseosa; sin embargo, el extremo distal del divertículo posterior se ubica cercano a la primer espina anal y cubierto por una capa delgada de piel y escamas; lo que difiere de la especie anfiamericana *G. cinereus*, donde se presentó por debajo de la musculatura *hypaxialis*; lo cual sugiere que los miembros de la especie *G. japonicus* y *G. oyena* reciben de forma directa los estímulos del medio ambiente, por la condición posterior de la vejiga gaseosa. No obstante Tominaga et al. (1996), no mencionó la presencia de una conexión de la vejiga gaseosa con el oído interno, lo cual es importante por la ventaja adaptativa que representa dicha conexión, debido a que en esta porción de la vejiga gaseosa se perciben las vibraciones del medio, que después son amplificadas por la vejiga gaseosa y transferidas al oído interno, para su posterior interpretación (Clarke et al., 1975; Allen et al., 1976; Lechner y Ladich, 2008 y Parmentier et al., 2011).

En los casos de *E. castroaguirre*, *E. lineatus* y *E. mexicanus*, se presentaron una serie de fibras musculares en la región posterior de la vejiga gaseosa, las cuales se originan del músculo *infracarinalis medio*; dicho músculo se inserta en la región posterodorsal de la vejiga gaseosa y por debajo de la túnica externa. La presencia de músculos de tipo intrínseco o extrínseco en la vejiga gaseosa, se han observado en familias como Batrachoididae (Kobelkowsky y Ortíz-Burgos, 2008), Centropomidae (Greenwood, 1976), Sciaenidae (Sasaki, 1989), Serranidae (Hazlett y Winn, 1962) y Triglidae (Evans, 1973), cuya principal función es la de producir sonido al contraerse y expulsar el aire contenido en la vejiga. Sin embargo, en el caso de los integrantes de la familia Gerreidae, no se había registrado la presencia de esta musculatura y por ende, se desconoce su función, aunque no se sabe del registro de producción de sonido en este grupo de peces.

En lo que respecta a los miembros del género *Eucinostomus*, existen una serie de características de la vejiga gaseosa que comparten, tales como, la presencia del cono interhemal que es una modificación del primer y segundo pterigióforo anal y que recibe la parte posterior de la vejiga gaseosa y la conexión con el oído interno por medio de los divertículos anteriores. Sin embargo, se observó que existen diferencias en cuanto al tamaño relativo del cono interhemal, siendo *E. currani* la especie que presentó la menor dimensión y *E. entomelas* la especie que presentó el mayor tamaño. También se observaron diferencias respecto al modo de inserción de la vejiga gaseosa dentro del cono; en *E. entomelas*, esta inserción es posterior en comparación con las otras especies. Tal condición involucra una deformación en la región posterior de la vejiga adoptando la forma interna del cono, así mismo, le confiere una posición más cercana con el exterior que permite recibir mayores estímulos externos. Esta modificación de los primeros pterigióforos anales es compartida por los miembros del género *Calamus* (Sparidae) y *Polimixia japónica* (Polymixiidae) (Tominaga et al., 1996) lo que podría representar en peces superiores, adaptaciones específicas al medio.

La descripción de la morfología del oído interno de *E. currani*, *E. dowii*, *E. entomelas* y *G. cinereus*, coincide en lo general con lo descrito por Green (1971) y Parmentier et al. (2011), para las especies del género *Eucinostomus*. Sin embargo, la mayor variación interespecífica observada involucra los otolitos contenidos en el saculus y la lagena, los cuales están involucrados directamente con la audición; a diferencia del utrículo que

participa en la recepción de la gravedad (Popper y Coombs, 1980), por lo que las diferencias estarían más relacionadas con las capacidades auditivas que con la recepción de la gravedad. Por un lado, en *E. currani* el divertículo anterior solo estimula a la lagena, mientras que en el resto de las especies analizadas, el divertículo anterior estimula la lagena y la región posterior de la *sagitta*, lo que estimula un área mayor del oído interno. Las especies que presentan relación directa de la vejiga gaseosa con el oído interno (*Eucinostomus* spp. y *G. cinereus*), muestran una adaptación importante, de modo tal que las vibraciones captadas por la vejiga gaseosa se transmiten directamente hasta el aparato auditivo, ya que la vejiga gaseosa está llena de gases y tiene una densidad menor que la de los tejidos corporales del pez y es más sensible a los sonidos; por consiguiente actúa como una caja de resonancia que incrementa la capacidad de detección de sonidos (Popper, 1982).

La recepción de sonido en los peces, puede ser interpretada como un mecanismo para encontrar alimento, para defenderse de depredadores, o bien, para comunicarse con otros miembros de su especie (Nelson, 1955). De este modo, las especies con este tipo de adaptaciones morfológicas podrían responder de distinta forma a los estímulos externos, que aquellas especies que no las presentan (Parmentier et al., 2011). Green (1971) y Parmentier et al. (2011), sugieren que la conexión con la cápsula ótica del divertículo ayuda en la localización de comida dentro del sustrato. Así mismo, Parmentier et al. (2011), realizaron pruebas de comportamiento, a partir de lo cual identificaron patrones de movimiento relacionados con la búsqueda de alimento enterrado en la arena, debido a que aparentemente el organismo no utiliza la visión para encontrarlo.

7. CONCLUSIONES

La vejiga gaseosa de los Gerreidae es un órgano de una cámara con forma ovoide, que presenta dos divertículos anteriores.

Considerando la relación de la vejiga gaseosa con el oído interno, se pueden reconocer dos grupos: el primero compuesto por los géneros *Gerres* y *Eucinostomus*, los cuales se conectan al oído interno por medio de dos divertículos anteriores; en el segundo *Diapterus* y *Eugerres*, donde no existe conexión entre la vejiga gaseosa y el oído interno.

Considerando la presencia y forma de los divertículos anteriores, se forman dos grupos morfológicos: 1) el compuesto por los miembros del género *Diapterus*, en donde los divertículos se dirigen hacia la región posterior del cuerpo; 2) el compuesto por los géneros *Eucinostomus*, *Eugerres* y *Gerres*, donde los divertículos anteriores se proyectan hacia la región anterior del cuerpo.

Considerando la forma de la región posterior del cuerpo se forman dos grupos: 1) con la región posterior redondeada, compuesto por las especies: *Diapterus auratus*, *D. rhombeus*, género *Eugerres* y género *Eucinostomus*; 2) con la región posterior bifurcada por la presencia de divertículos posteriores extraviscerales, el segundo grupo compuesto por las especies *Diapterus brevirostris* y *Gerres cinereus*, en este segundo grupo los divertículos están relacionados con una mayor superficie de la vejiga gaseosa que estaría en contacto con medio externo, lo que podría favorecer la recepción de ondas sonoras.

El género *Diapterus*, fue el que presentó las mayores diferencias interespecíficas en la morfología de su vejiga gaseosa.

El extremo de los divertículos anteriores en el género *Eugerres*, presenta una forma semejante a un tímpano, el cual se propone denominar aquí como pseudotímpano.

Solo las especies *Eucinostomus currani*, *E. dowii*, *E. entomelas* y *Gerres cinereus*, presentaron una relación directa de la vejiga gaseosa con el oído interno, lo que favorece la percepción de sonidos en su medio.

Las diferencias en el tamaño y forma de la vejiga gaseosa de los miembros de la familia Gerreidae, podrían representar capacidades diferentes para la detección de ondas sonoras, posiblemente para la detección de alimento.

8. LITERATURA CITADA

- Abaret, J.J. y Desfossez, P.** 1988. Biologie et écologie des Gerreidae (Pisces: Teleostei) en lagune Ebríé (Côte d'Ivoire). Revue d'Hydrobiologie Tropicale, 21(1): 71-88.
- Aguirre-León, A.** 1984. Aspectos taxonómicos, ecología, biología y dinámica trófica de las poblaciones de mojarra de la Laguna de Términos, sur del Golfo de México (Pisces Gerreidae). Tesis Maestría (Maestría en Ciencias del Mar, Oceanografía Biológica y Pesquera). México, Universidad Nacional Autónoma de México, Colegio de Ciencias y Humanidades, Unidad Académica de los Ciclos Profesional y de Posgrado. 202 p.
- Aguirre-León, A. y A. Yañez-Arancibia.** 1986. Las mojarra de la laguna de Términos; Taxonomía, biología, ecología y dinámica trófica (Pisces: Gerreidae). Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología UNAM, 1: 369-444.
- Aguirre-León, A., A. Yañez-Arancibia y F. Amezcua-Linares.** 1982. Taxonomía, diversidad, distribución y abundancia de las mojarra de la laguna de Términos, Campeche (Pisces: Gerreidae). Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología UNAM, 9(1): 213-250.
- Aleev, Y.G.** 1969. Function and gross morphology in fish. Smithsonian institution. 560 p.
- Allen, J. M., J. H. S. Blaxter y E. J. Denton.** 1976. The functional anatomy and development of the swimbladder-inner ear-lateral line system in herring and sprat. Journal. Marine Biological Association (United Kingdom), 56: 471-486.
- Álvarez-Pliego, N.** 2004. Desarrollo osteológico de *Diapterus peruanus* Cuvier, 1830 (Percoidae: Gerreidae). Tesis (Maestría en Ciencias). La Paz, Baja California Sur, México, Instituto Politécnico Nacional- CICIMAR. 94 p.
- Álvarez-Pliego, N.** 2009. Análisis filogenético y biogeográfico de los peces del género *Diapterus* Ranzani 1892 (Percoidae: Gerreidae). Tesis (Doctorado en Ciencias Marinas). La Paz, Baja California Sur, México, Instituto Politécnico Nacional- CICIMAR. 142 p.
- Andreata, J. V.** 1979. Osteología da nadadeira caudal de *Diapterus Ranzani* e *Eucinostomus* Baird y Girard (Perciformes, Percoidae, Gerreidae). Revista Brasileira de Biología, 39(1):237-258.
- Andreata, J. V. y L. R. R. Barbieri.** 1981. Osteología do cráneo de *Diapterus brasilianus* (Cuvier, 1830) (Perciformes, Gerreidae). Revista brasileira de Biología, 41(3):565-574.
- Andreata, J. V.** 1988. Consideracoes sobre a osteologia cefalica do gênero *Diapterus* Ranzani, 1840 (Pisces, Perciformes, Gerreidae). Acta biológica Leopoldensia, 10(2): 183-222.
- Andreata, J. V.** 1989. Sobre a osteologia cefalica das especies de *Gerres* Quoy y Gaimard, 1824 (Pisces, Perciformes, Gerreidae) que ocorrem aguas brasileiras. Acta biológica Leopoldensia, 11(2): 87-128.
- Arenas-Granados, P. y A. Acero-Pizarro.** 1992. Organización trófica de las mojarra (Pisces: Gerreidae) de la Ciénaga Grande de Santa Marta (Colombia). Revista de Biología Tropical, 40: 287-302.
- Austin, H.** 1973. Northern Range Extension of the Rhomboid Mojarra, *Diapterus rhombeus* Cuvier and Valenciennes (Gerreidae). Chesapeake Science, 14 (3): 222
- Ávila-Poveda, O. H. y S. L. Lamouroux-López.** 2007. Saline acclimation of striped mojarra *Eugerres plumieri* Cuvier 1830) and optimal dosage of carp pituitary extract (CPE) to induce spawning. Reviews in Fish Biology and Fisheries, 17: 11-19
- Ayala-Pérez, L. A., B. A. Gómez-Montes y J. Ramos-Miranda.** 2001. Distribución, abundancia, y parámetros poblacionales de la mojarra *Diapterus rhombeus* (Pisces: Gerreidae) en la Laguna de Términos, Campeche, México. Revista de biología tropical, 49 (2): 567-575
- Barceló-Márquez, M. C.** 1998. Osteología de *Diapterus rhombeus* (Valenciennes, 1830) (Pisces: Gerreidae). Tesis de grado en Biología Marina, Universidad de Oriente, Nueva Esparta, Escuela de Ciencias Aplicadas del Mar, Venezuela. 99p.
- Bonilla-Gómez, J. L., M. Badillo-Alemán, A. Gallardo-Torres y X. Chiappa-Carrara.** 2013. Variación temporal, crecimiento y mortalidad natural de las especies de mojarra (Perciformes: Gerreidae) de una laguna costera tropical: La Carbonera, Yucatán, México. Revista Ciencias Marinas y Costeras, 5: 57-67.
- Bridge, T. W.** 1899. The air-bladder and its connection with the auditory organ in *Notopterus borneensis*. Philosophical Transactions of the Royal Society of London Series B—Biological Sciences, 27: 503-540.
- Bridge, T. W. y A. C. Haddon.** 1893. Contributions to the anatomy of fishes.-II. The air-bladder and Weberian ossicles in the siluroid fishes. Philosophical Transactions of the Royal Society of London Series B—Biological Sciences, 184 : 65-333.

- Bussing, W. A.** 1995. Gerreidae, Mojarra, pp 1114-1128. En W. Fischer, F. Krupp, W. Scheinder, C. Sommer, K.E. Carpenter y V.H. Niem (Editores). Guía FAO para la identificación de especies para los fines de la pesca. Pacífico-Oriental. Roma FAO II. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura Alimentación, Roma, Italia.
- Castro-Aguirre, J.L., H. S. Espinosa-Pérez y J. J. Schmitter-Soto.** 1999. Ictiofauna estuarino-lagunar y vicaria de México. Ed. Limusa-Noriega-Instituto Politécnico Nacional. 711 p.
- Chávez-Comparán, J. C. y M. G. Hammann.** 1989. Dieta de las mojarra, *Gerres cinereus* y *Diapterus peruvianus* (Pisces: Gerreidae) en la Laguna de Cuyutlan, Colima, México, durante verano. Ciencias marinas, 15(3):71-80.
- Chen, W. J., R. Ruiz-Carus y G. Ortiz.** 2007. Relationships among four genera of mojarra (Teleostei: Perciformes: Gerreidae) from the western Atlantic and their tentative placement among Percomorph fishes. Journal of Fish Physiology, 70 (suplement B): 202-218
- Chollet-Villalpando, J. G.** 2012. El hueso urohial en la familia Gerreidae (Teleostei: Perciformes): Análisis taxonómico y filogenético. Tesis de Maestría en Ciencias en Manejo de Recursos Marinos. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas-IPN. México. 83 p.
- Clarke, N., A. Popper y J. A. Mann.** 1975. Laser light-scattering investigations of the teleost swimbladder response to acoustic stimuli. Biophysical journal, 15: 307-318.
- Cohn, L.** 1907. Die Schwimmblase einiger Sciaeniden. Zoological Studies, 32:433-441.
- Cyrus, D. P. y S. J. M. Blaber.** 1982. Mouthpart structure and function and the feeding mechanisms of *Gerres* (Teleostei). South Africa Journal of Zoology, 17:117-121.
- Decker, G. D. y D. W. Greenfield.** 1987. A review of the western Atlantic species of the genera *Diapterus* and *Eugerres* (pisces: Gerreidae). Copeia, (1):182-194.
- Dehadrai, P. V.** 1957. On the swim-bladder and its relation with the internal ear in genus *Notopterus* (Lacepède). Journal of the Zoological Society of India, 9: 50-61.
- Dehadrai, P. V.** 1960. On the swim bladder and its posterior communication with the exterior in an indian clupeoid fish, *Ilisha indica*. Copeia, (2): 125-130.
- Dehadrai, P. V.** 1962. Respiratory function of the swimbladder of *Notopterus* (Lacepède). Philosophical Transactions of the Royal Society of London Series B—Biological Sciences, 139:341-357.
- De La Cruz-Agüero, J.** 2001. Sistemática y biogeografía de las especies del género *Eucinostomus* (Teleostei: Gerreidae). Tesis doctorado en Ciencias Marinas, Centro interdisciplinario de Ciencias Marinas del Instituto Politécnico Nacional, 181 p.
- De La Cruz-Agüero, J.** 2013. The caudal skeleton of Mojarra from Genus *Eucinostomus* (Perciformes: Gerreidae) and related species. Journal of Ichthyology, 53 (1): 994–1006.
- De La Cruz-Agüero, J., F. J. García-Rodríguez, G. De La Cruz-Agüero y B. P. Díaz-Murillo.** 2012. Identification of gerreid species (Actinopterygii: Perciformes: Gerreidae) from the Pacific coast of Mexico based on sagittal otolith morphology analysis. Acta Ichthyologica et Piscatoria, 42 (4): 297–306.
- De La Cruz Agüero, J., F. J. García Rodríguez, V. M. Cota-Gómez, J. G. Chollet-Villalpando y F. J. Vergara-Solana.** 2011. Length–weight relations of selected species of the family Gerreidae. Acta Ichthyologica et Piscatoria, 41(1): 67-69.
- Diogo, R.** 2009. Origin, evolution and homologies of the weberian apparatus: A new insight. International Journal of Morphology, 27(2): 333-354.
- Etchevers, S. L.** 1978. Contribution to the biology of *Diapterus rhombeus* (Cuvier) (Pisces: Gerreidae) south of margarita Island, Venezuela. Bulletin of Marine Science, 28 (2): 385-389.
- Evans, R. R.** 1973. The swimbladder and associated structures in western atlantic sea robins (Triglidae). Copeia, 1973 (2): 315-321.
- Evverman, B. W. y S. E. Meek.** 1886. A revision of the American species of the genus *Gerres*. Proceedings Academy of Natural Sciences of Philadelphia, 38: 256-272.
- Fänge, R. y J. Witternber.** 1958. The swimbladder of the toadfish (*Opsanus tau* L.). Marine Biological Laboratory, 115 (2): 172-179.
- González-Acosta, A. F.** 2005. Estudio Sistemático y biogeográfico del género *Eugerres* (Perciformes: Gerreidae). Tesis de Doctorado en Ciencias Marinas, Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas. Instituto Politécnico Nacional, Baja California Sur. México. 207 p.

- González-Acosta, A. F., J. De la Cruz-Agüero y J. L. Castro-Aguirre.** 2005. A review of earthen pacific species of the genus *Eugerres* (Perciformes: Gerreidae). Bulletin of Marine Sciences, 76(3): 661-673.
- González-Acosta, A. F., J. De la Cruz-Agüero y J. L. Castro-Aguirre.** 2007. A review of the marine western Atlantic species of the genus *Eugerres* (Perciformes: Gerreidae) Bulletin of Marine Science, 80(1):109-124.
- González-Acosta, A. F. y R. Rodiles-Hernández.** 2013. New species of *Eugerres* from the Usumacinta Province, México and Guatemala with a redescription of *E. mexicanus* (Steindachner, 1863) (Teleostei: Gerreidae). Neotropical Ichthyology, 11(2):307-318.
- Green, J. M.** 1971. Studies on the swim bladders of *Eucinostomus gula* and *E. argenteus* (Pisces: Gerreidae). Bulletin of Marine Science, 21: 567-590.
- Greenwood, P. H.** 1963. The swimbladder in African Notopteridae (Pisces) and its bearing on the taxonomy of the family. Bulletin of the British Museum of Natural History (Zoology), 11: 379-412.
- Greenwood, P. H.** 1976. A revision of the family Centropomidae (Pisces, Perciformes). Bulletin of the British Museum of Natural History (Zoology), 29: 1-81.
- Gregory, W. K.** 1933. Fish skulls. A study of the evolution of natural mechanisms. Eric Lundberg. Laurel, Florida, 481 p.
- Hall, F. G.** 1924. The function of the swimbladder of fishes. Biological Bulletin, 47: 79-126.
- Hazlett, B. y H. E. Winn.** 1962. Sound producing mechanisms of the nassau grouper, *Epinephelus striatus*. Copeia, 447-449.
- Iwatsuki, Y. y P. Heemstra.** 2001. *Gerres phaiya*: A new species of gerreid fish (Teleostei: Perciformes: Gerreidae) from India, with comments on *Gerres poieti* and the *Gerres erythrourus* Complex. Copeia, 2001 (4): 1043-1049.
- Kobelkowsky, A y M. Alemán-Rivero.** 2000. Branquiocráneo de la mojarra de mar, *Diapterus auratus* Ranzani (Pisces Gerreidae). Universidad y Ciencia, 16(32): 19-26.
- Kobelkowsky, A.** 2003. Relaciones anatómicas de la vejiga natatoria del ronco *Bardiella chrysura*. Archivos Mexicanos de Anatomía, 1(2): 53-60.
- Kobelkowsky, A.** 2004. Osteología de la mojarra de mar *Diapterus auratus* Ranzani (Teleostei: Gerreidae). Hidrobiología, 14 (1): 1-10.
- Kobelkowsky, A. y S. Ortíz-Burgos.** 2008. Morfología de la vejiga gaseosa de los peces de la familia Batrachoididae. Vertebrata Mexicana, 21: 11-18.
- Lagler, K., J. Bardach, R. Millar y D. Passino.** 1977. Ictiología, AGT, Editor, México 489 p.
- Lechner, W. y F., Ladich.** 2008. Sizes matters: diversity in swimbladders and weberian ossicles affects hearing in catfishes. The Journal of Experimental Biology, 211: 1681- 1689.
- Liem, K. F.** 1989. Respiratory gas bladders in teleosts: functional conservatism and morphological diversity. American Zoologist, 29:333-352.
- Matheson, R. E.** 1981. The distribution of the Flagfin Mojarra, *Eucinostomus melanopterus* (Pisces:Gerreidae) with ecological notes on Texas and Florida populations. Northeast Gulf Science Journal, 5 (1):63-66.
- Matheson, R. E.** 1983. Taxonomic studies of the *Eucinostomus argenteus* complex (Pisces: Gerreidae) Tesis doctoral. Texas A M University 196p.
- Matheson, R. y J. McEachran.** 1984. Taxonomic Studies of the *Eucinostomus argenteus* Complex (Pisces: Gerreidae): Preliminary studies of external morphology. Copeia, (4): 893-902.
- Miranda-Marín, M. I.** 2012. Filogenia molecular del género *Eugerres* Jordan y Evermann, 1927 (Teleostei:Gerreidae) Tesis (Maestría en Ciencias). La Paz B.C.S, México. Instituto Politécnico Nacional-CICIMAR. 104 p.
- Moreira-Dutra, G., F. C. Jerep, R. P. Vari y C. D. de Santana.** 2014. The pseudotympanum in the Gymnotiformes (Teleostei, Ostariophysi, Otophysi): homology and evolution of a previously unexplored system in Neotropical electric fishes. Zoological Journal of the Linnean Society, 174 (1): 114-129.
- Nelson, E. M.** 1955. The morphology of the swim bladder and auditory bulla in the Holocentridae. Fieldiana Zoology, 37:121-137.
- Nelson, J.** 2006. Fishes of the world. 6ta edición. Ed. John Wiley y Sons Inc., 601 p.
- Ortíz-Galindo, J. L.** 1991. Ontogenia inicial de la mojarra rayada *Eugerres axilaris*, Günther, 1864. Tesis de Maestría en Ciencias Marinas. Centro interdisciplinario de Ciencias Marinas del Instituto Politécnico Nacional, México, 36 p.

- Ortíz-Galindo, J. L.** 2009. Ontogenia y sistemática filogenética de la familia Gerreidae (Teleostei: Percodei). Tesis de Doctorado en Ciencias. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. México, DF, 149 p.
- Ortíz-Galindo, J. L., J. L. Castro-Aguirre, E. F. Balart y N. Álvarez-Pliego.** 2008. Description of early ontogeny and osteological development of streaked mojarra *Eugerres lineatus* (Teleostei: Percoidae: Gerreidae). *Zootaxa*, 1911: 1-30.
- Parmentier, E., K. Mann y D. Mann.** 2011. Hearing and morphological specializations of the mojarra (*Eucinostomus argenteus*). *Journal of Experimental Biology*, 214: 2697-2701.
- Pérez-Hernández, H. y J. A. Zavala-Hurtado.** 1993. Biometry of the *Eugerres plumieri*, *Eugerres brasiliensis* (Pisces: Gerreidae) complex from the Gulf of México. A multivariate approach. *Revista de Biología tropical*, 41 (1):121-130.
- Picciolo, A.** 1960. The development of the anterior interhaemal cone of *Eucinostomus argenteus* Baird and Girard. *Copeia*, 1960 (1): 70-71.
- Popper, A.** 1982. The morphology and evolution of the ear in actinopterygians fishes. *American Zoologist*, 22(2): 311-328.
- Popper, A. y S. Coombs.** 1980. Auditory mechanisms in Teleost fishes: significant variations in both hearing capabilities and auditory structures are found among species of bony fishes. *American Scientist*, 68 (4): 429-440.
- Rodríguez-Romero, J., D. S. Palacios-Salgado y E. E. De la Vega-Meza.** 2009. Record size of yellowfin mojarra *Gerres cinereus* (Percoidae:Gerreidae) off the west coast of the Baja California Peninsula. *Marine Biodiversity Records*, 2: 1-2.
- Romer, A.** 1973. Anatomía compara de vertebrados. 4ta edición. Editorial interamericana, México. 435p.
- Ross, S.** 1980. Sexual and developmental changes in swimbladder size of the Leopard Searobin, *Prionotus scitillus* (Pisces:Triglidae). *Copeia*, 1980 (4): 611-615.
- Rubio, C. E.** 1975. Crecimiento, sexualidad y desarrollo gonadal de la mojarra rayada *Eugerres plumieri* (Cuvier) de la Ciénega Grande de Santa Marta con anotaciones sobre su biología. *Divulgación pesquera*, 9 (1):37-45.
- Ruiz-Carus, R. y M. Uribe-Alcocer.** 2003. Phylogenetic assessment of *Eucinostomus gula*, *Eugerres plumieri* and *Diapterus auratus* (Pisces: Gerreidae) based on allozyme and mtDNA analyses. *Caribbean Journal of Science*, 39(1): 109-115.
- Ruiz-Carus, R. y M. Uribe-Alcocer.** 2004. karyotype analysis of *Eucinostomus argenteus*, *E. gula*, *E. harengulus* and *Eugerres plumieri* (Perciformes: Gerreidae) from Florida and Puerto Rico. *Environmental Biology of Fishes*, 67:269-273.
- Sasaki, K.** 1989. Phylogeny of the family Sciaenidae with notes on its zoogeography (Teleostei: Perciformes). *Memoirs of the Faculty of Fisheries, Hokkaido University*, 36 (1-2): 1-137.
- Schulz-Mirbach, T., B. Metscher y F. Ladich.** 2012. Relationship between swim bladder morphology and hearing abilities a case study on Asian and African cichlids. *PLOS ONE*, 7(8): 1-14.
- Srivastava, P. N.** 1955. Morphology and histology of the air-bladder of certain sciaenoid fishes with the description of a new type of ear-air bladder connection. *Proceedings of the National Institute of Sciences of India*, 21: 74-78.
- Tapia-García, M. y L. A. Ayala-Pérez.** 1996. Clave para la determinación de las especies de mojarras de México (Pisces: Gerreidae). *Revista de Biología Tropical*, 45 (1): 519-526
- Terán-Martínez, J.** 2012. Musculatura de la mojarra rayada *Eugerres plumieri* (Cuvier, 1830) (Pisces:Teleostei) . Tesis (Licenciatura), México, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. 58 p.
- Tominaga, Y., K. Sakamoto y K. Matsuura.** 1996. Posterior extension of the swimbladder in percoid fishes, with a literature survey of other teleosts. The University Museum; The University of Tokyo. Bulletin No. 36, 52 p.
- Valdez-Zenil, J., R. Rodiles-Hernández, A. F. González-Acosta, M. Mendoza-Carranza y E. Barba-Macías.** 2013. Length-Weight and length-length relationship, gonadosomatic indices and sizes at first maturity of *Eugerres mexicanus* (Steindachner, 1863) (Percoidae: Gerreidae) from the Usumacinta river, Mexico. *Journal of applied ichthyology*, 30 (2014): 218-220.
- Veerappan, N., V. Pandi y T. Balasubramanian.** 2009. Sound production behaviour in a marine croaker fish, *Kathala axilaris* (Cuvier). *World Journal of Fish and Marine Sciences*, 1 (3): 206-211.

- Vergara-Solana, F. J.** 2012. Sistemática del Género *Diapterus* Ranzani, 1842 (Perciformes: Gerreidae): Análisis morfométricos y moleculares. Tesis de maestría en Ciencias Marinas. Centro interdisciplinario de Ciencias Marinas, Instituto Politécnico Nacional, México, 124 p.
- Whitehead, P. J. P. y J. H. S Blaxter.** 1989. Swimbladder form in clupeoid fishes. Zoological Journal of the Linnean Society, 97: 299-372.
- Winterbottom, R.** 1974. A descriptive synonymy of the striated muscles of the Teleostei. Proceedings of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia, 125 (12):225-317
- Yáñez-Arancibia, A.** 1978. Taxonomía, ecología y estructura de las comunidades de peces en lagunas costeras con bocas efímeras del Pacífico de México. Anales del Centro de Ciencias del Mar y Limnología Universidad Nacional Autónoma de México, Publicación especial, 2: 1-306.

9. Anexos

Anexo 1. Técnica de disección de la vejiga gaseosa en *Diapterus auratus*.

Colocar el ejemplar previamente fijado y conservado de *Diapterus auratus* con el costado izquierdo hacia arriba (Figura 46), retirar la piel y las escamas de todo el costado, con el objeto de exponer la musculatura superficial.

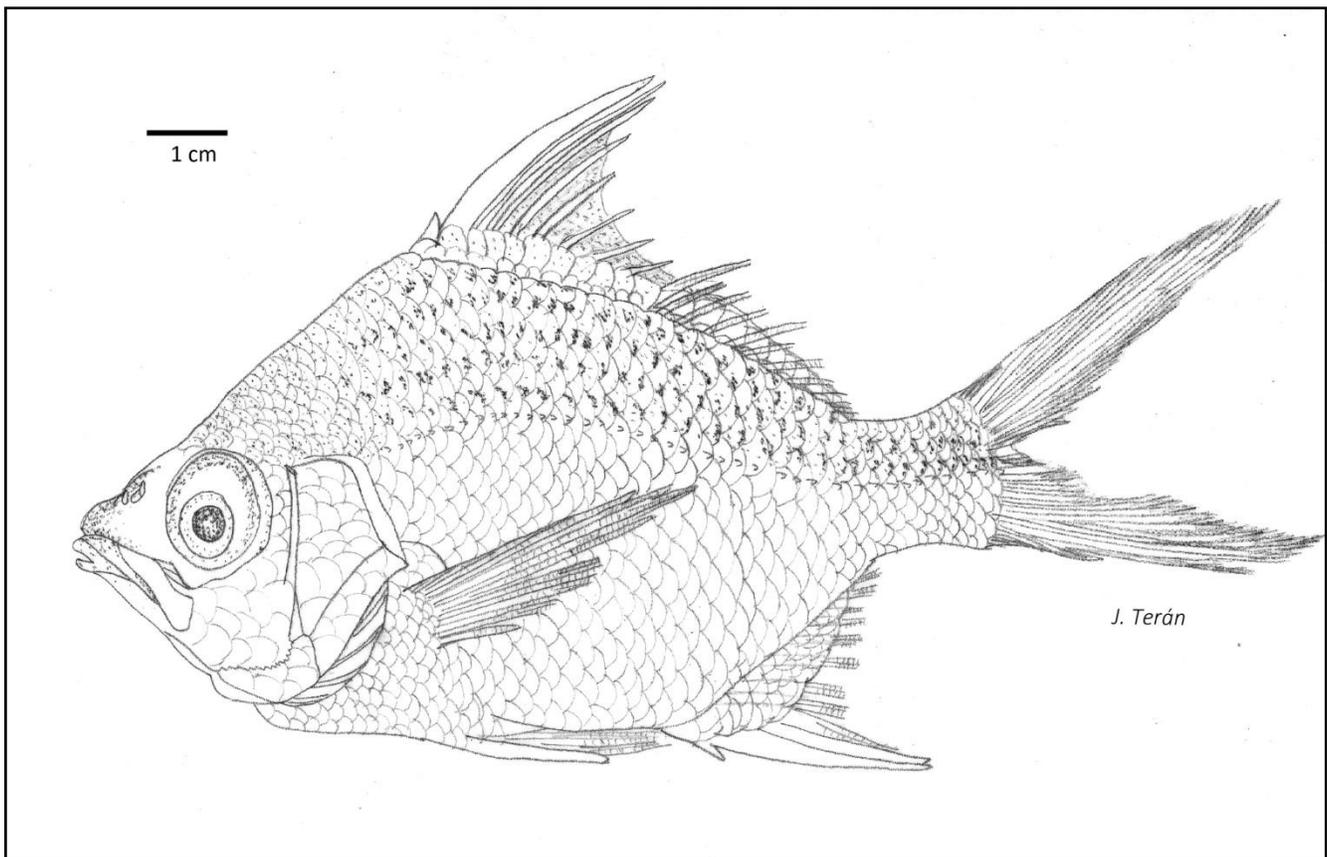


Figura 46. *Diapterus auratus*, vista lateral izquierda. El recuadro representa el área de la figura 47

Retirar la piel y escamas del área entre los huesos suborbitales, posttemporal y la cintura pectoral para descubrir los músculos: *levator arcus palatini*, *adductor mandibulae*, *abductor superficialis* y parte del *epaxialis* (Figura 47).

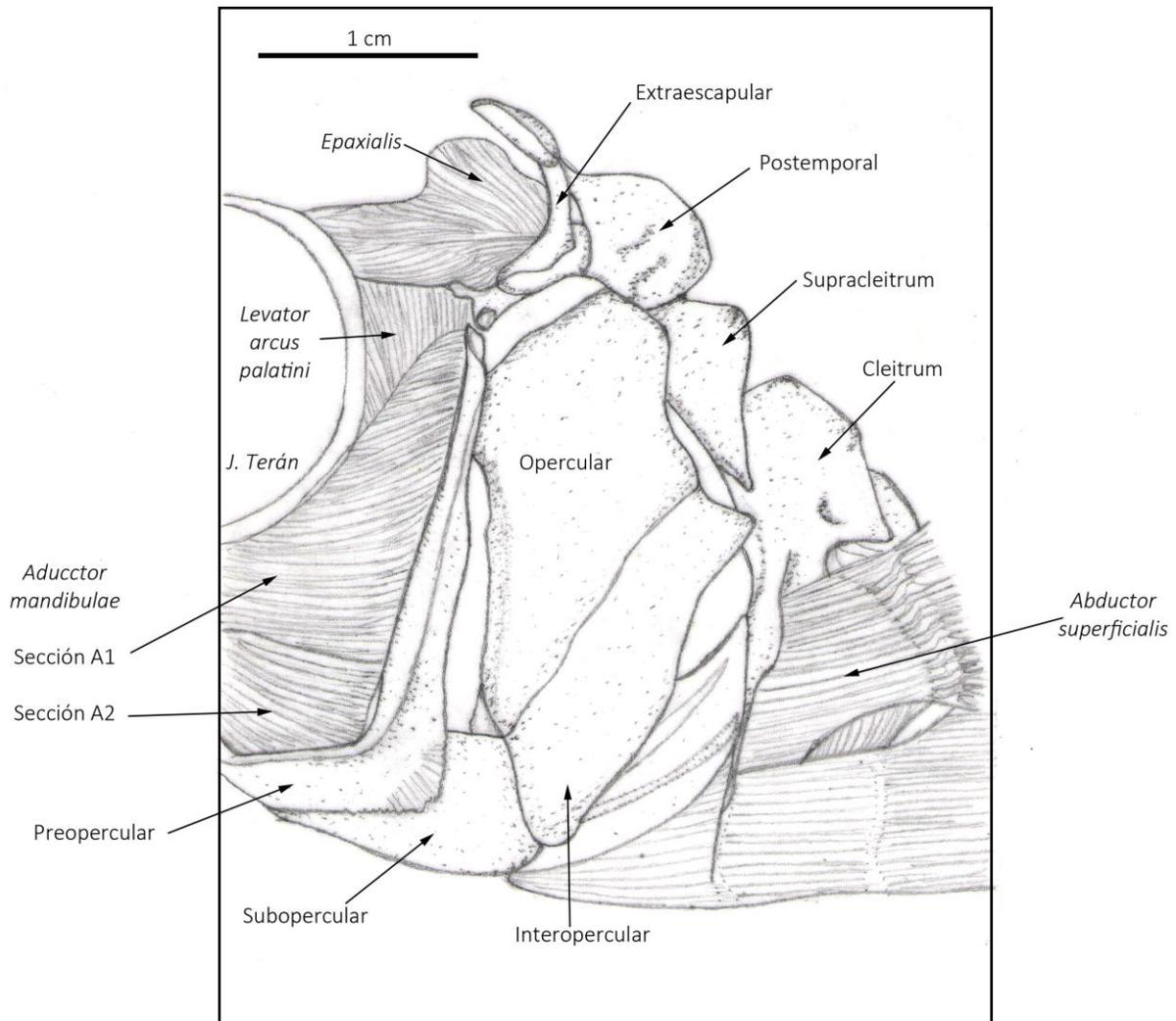


Figura 47. Región opercular y de la cintura escapular sin escamas y sin piel de *Diapterus auratus*. Vista lateral izquierda.

Desarticular el hueso opercular de su unión con el preopercular, y con el subopercular y, separando la inserción del músculo *levator operculi*. Con el objeto de observar la cámara branquial y la posición de los filamentos branquiales y los radios branquiostégos, además se descubre parte del músculo *sternohyoideus* que se encuentra entre el cleitrum y el hueso urohial (Figura 48).

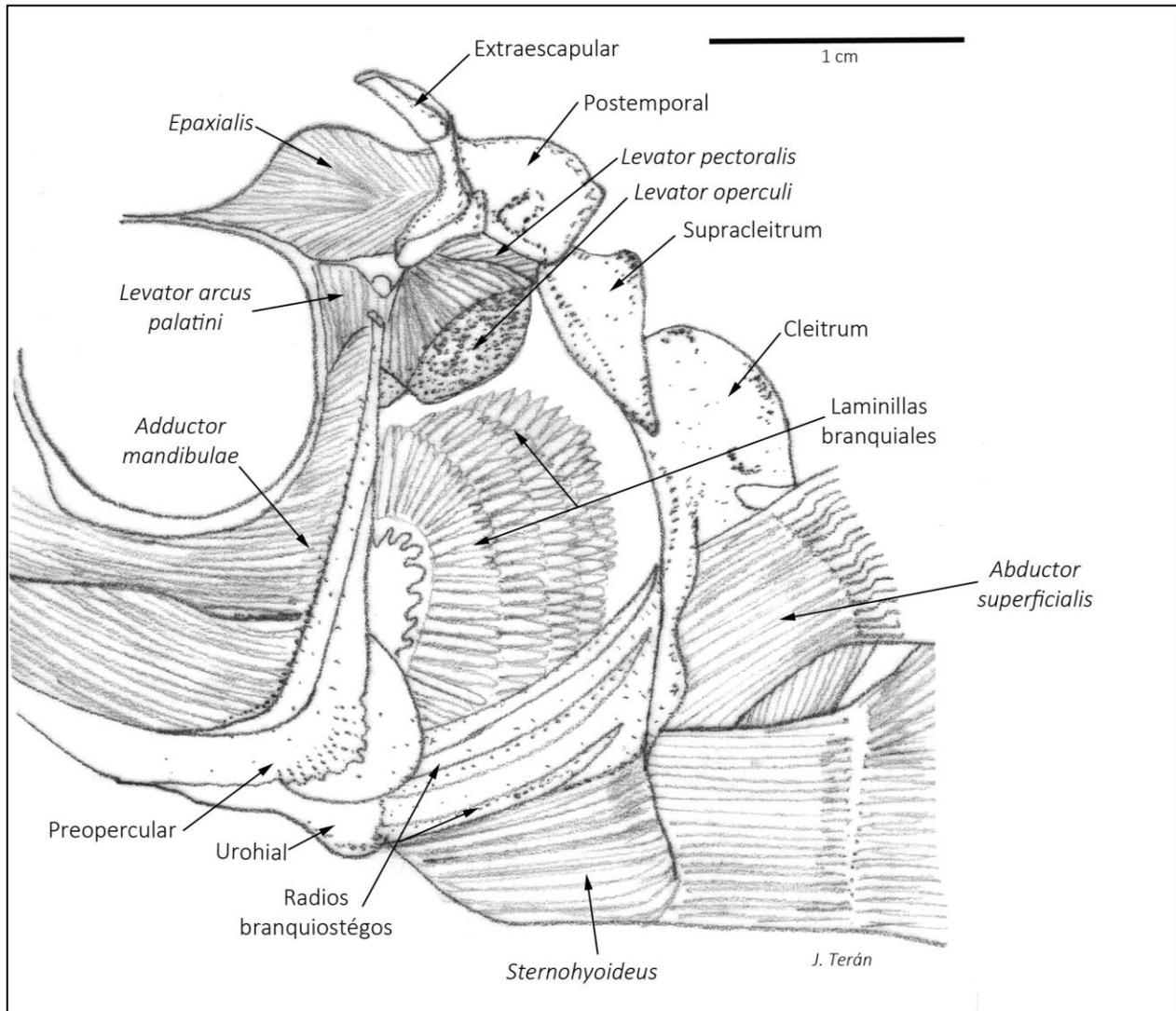


Figura 48. Región opercular y de la cintura escapular después de retirar el opérculo de *Diapterus auratus*. Vista lateral izquierda.

Retirar los filamentos branquiales, los radios branquiostégos, los músculos: *levator operculi*, *abductor superficialis*, *sternohyoideus*, parte de la musculatura *hypaxialis* ubicada entre el cleitrum, el hueso postcleitrum inferior y el basipterigium de la aleta pélvica. Retirar además, la membrana que cubre la musculatura entre la cintura pectoral y los arcos branquiales. Se retiran los músculos: *pharyngoclavicularis externus e internus*, *rectus communis* y los tendones entre los arcos branquiales y el cleitrum (Figura 49). Al retirar estos elementos se puede observar la cavidad pericárdica, el seno venoso, la porción más anterior del hígado, estómago y el lóbulo renal anterior izquierdo.

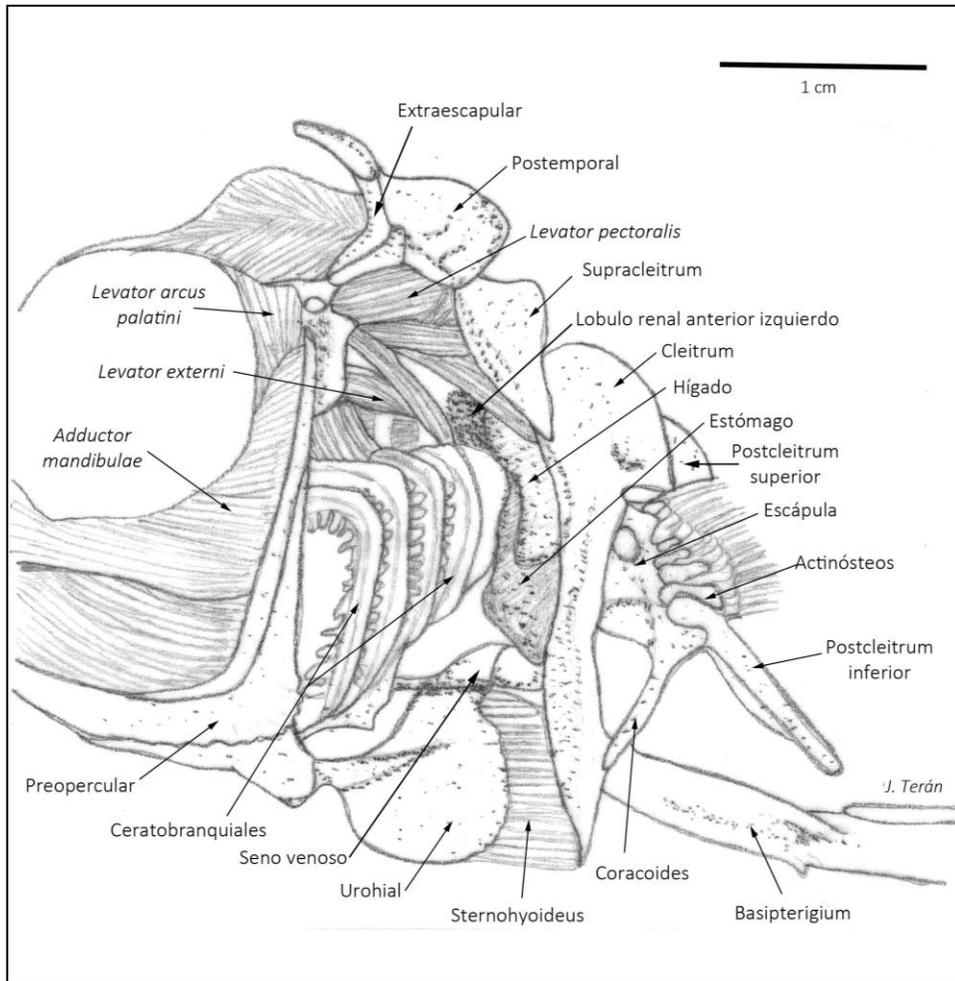


Figura 49. Región opercular sin filamentos branquiales de *Diapterus auratus*. Vista lateral izquierda.

Desarticular el hueso supracleitrum del hueso posttemporal, cortar el ligamento de Baudelot, retirar los nervios de la cintura pectoral y separar el basipterigium del cleitrum.

Una vez retirada la cintura escapular se observa con mayor detalle el hígado, estómago y ciegos pilóricos, el lóbulo renal anterior izquierdo y la musculatura *hypaxial* (Figura 50). Posteriormente se retiran los miotomos, que se encuentran a nivel del hueso posttemporal y la porción anterior del riñón, descubriendo así la primera costilla epipleural y la porción anterior del divertículo anterior de la vejiga gaseosa (Figura 51).

Conforme se retira la musculatura axial, se descubre el divertículo anterior de la vejiga gaseosa que se encuentra entre esta musculatura y por encima de las costillas pleurales (Figura 52) llegando a la porción posterior de la cavidad visceral.

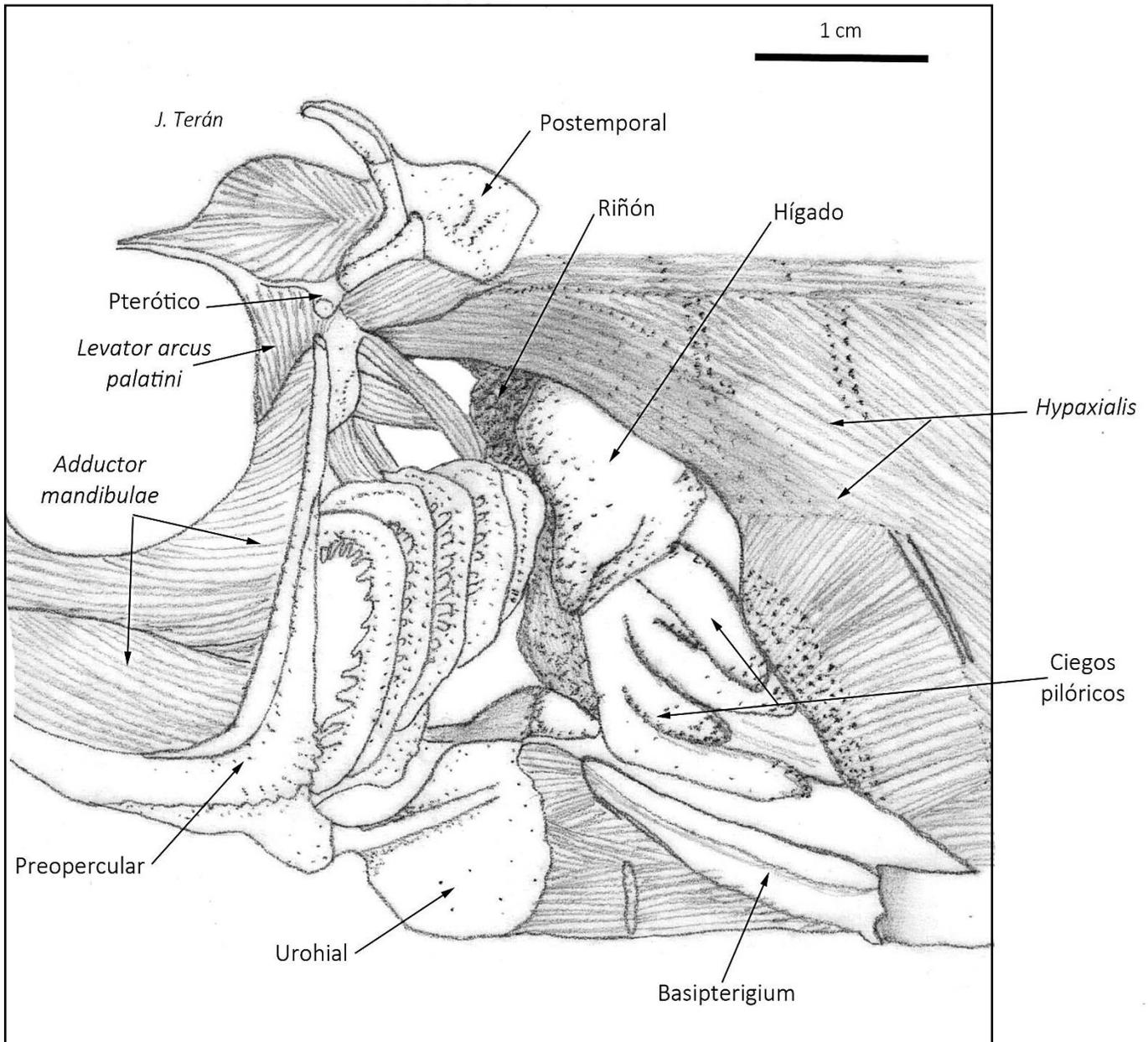


Figura 50. Región opercular sin cintura escapular de *Diapterus auratus*, vista lateral izquierda.

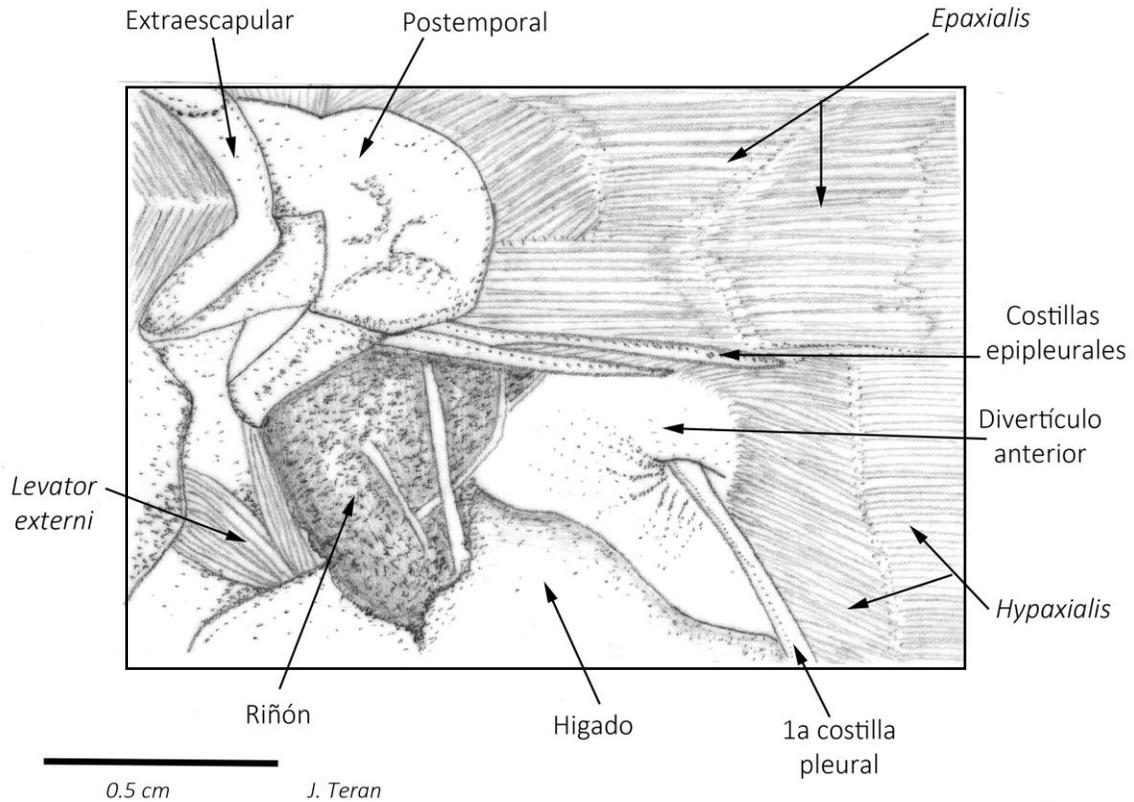


Figura 51. Localización del divertículo anterior de *Diapterus auratus*, entre la musculatura del cuerpo y las primeras costillas epipleurales. Vista lateral izquierda.

Así, al retirar toda la musculatura de esta región y el peritoneo, observar los órganos de la cavidad visceral. Reconocer que la vejiga gaseosa hace contacto en su superficie dorsal con los riñones, en la región anteroventral con el tubo digestivo y el hígado y en la posteroventral con las gónadas, en donde se desprende el mesenterio dorsal que sostiene al tubo digestivo, de la superficie lateroventral se desprenden en las hembras los mesovaria y en los machos los mesorquia (Figura 53).

Posteriormente, desarticular las costillas epipleurales y pleurales, desprender el tejido de la vejiga gaseosa que se encuentra unido a estas, teniendo precaución de no perforar la vejiga.

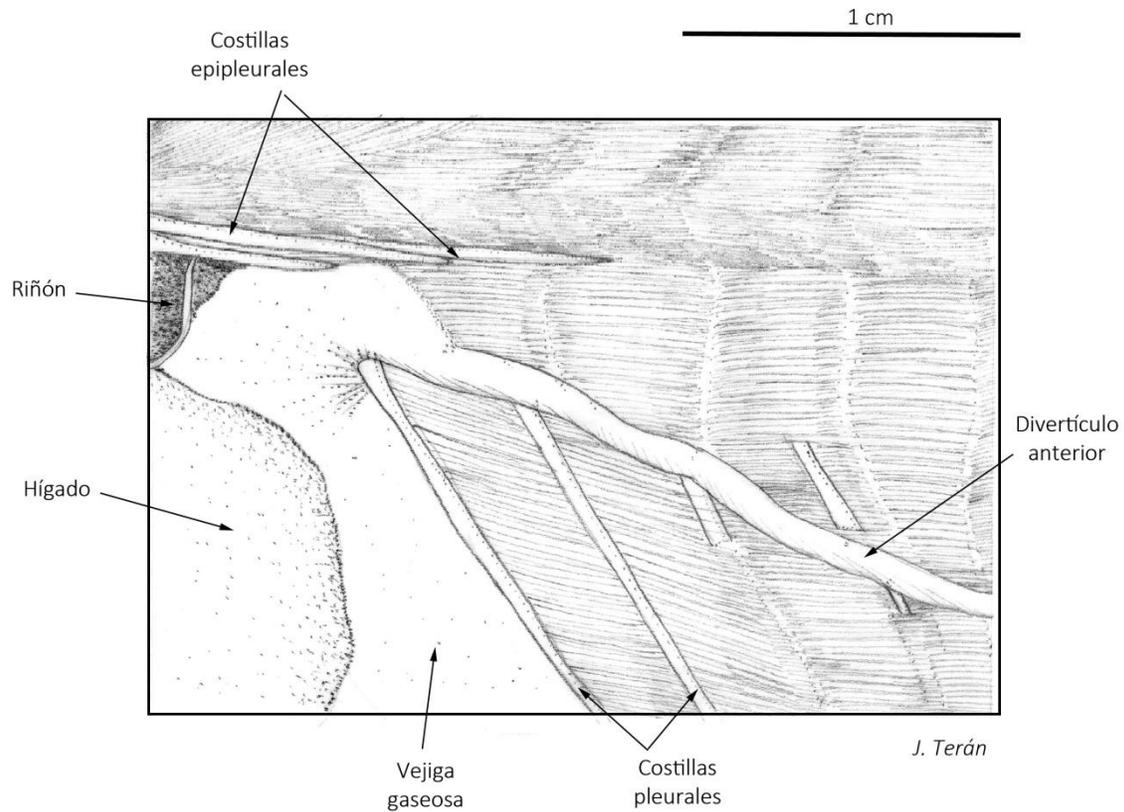


Figura 52. Divertículo anterior de *Diapterus auratus*, después de retirar parte de la musculatura del cuerpo. Vista lateral izquierda.

Retirar los órganos de la cavidad visceral, mediante un corte transversal, separar el esófago de los arcos branquiales, observar ventralmente el ano y la papila urinaria con las aberturas genitales y cortar el intestino y los conductos de la gónada de estas aberturas, al retirarlos es necesario tener particular atención de la unión del mesenterio con la vejiga gaseosa en su región ventral.

Al retirar los órganos se puede observar la disposición de la vejiga gaseosa dentro de la cavidad visceral (Figura 54), así como su orientación y el tamaño que abarca dentro de esta.

Para retirar la vejiga gaseosa de la cavidad visceral, se procede a remover la unión con el riñón y con el primer pterigióforo anal, de esta manera se puede observar la vejiga gaseosa fuera de la cavidad visceral (Figura 55).

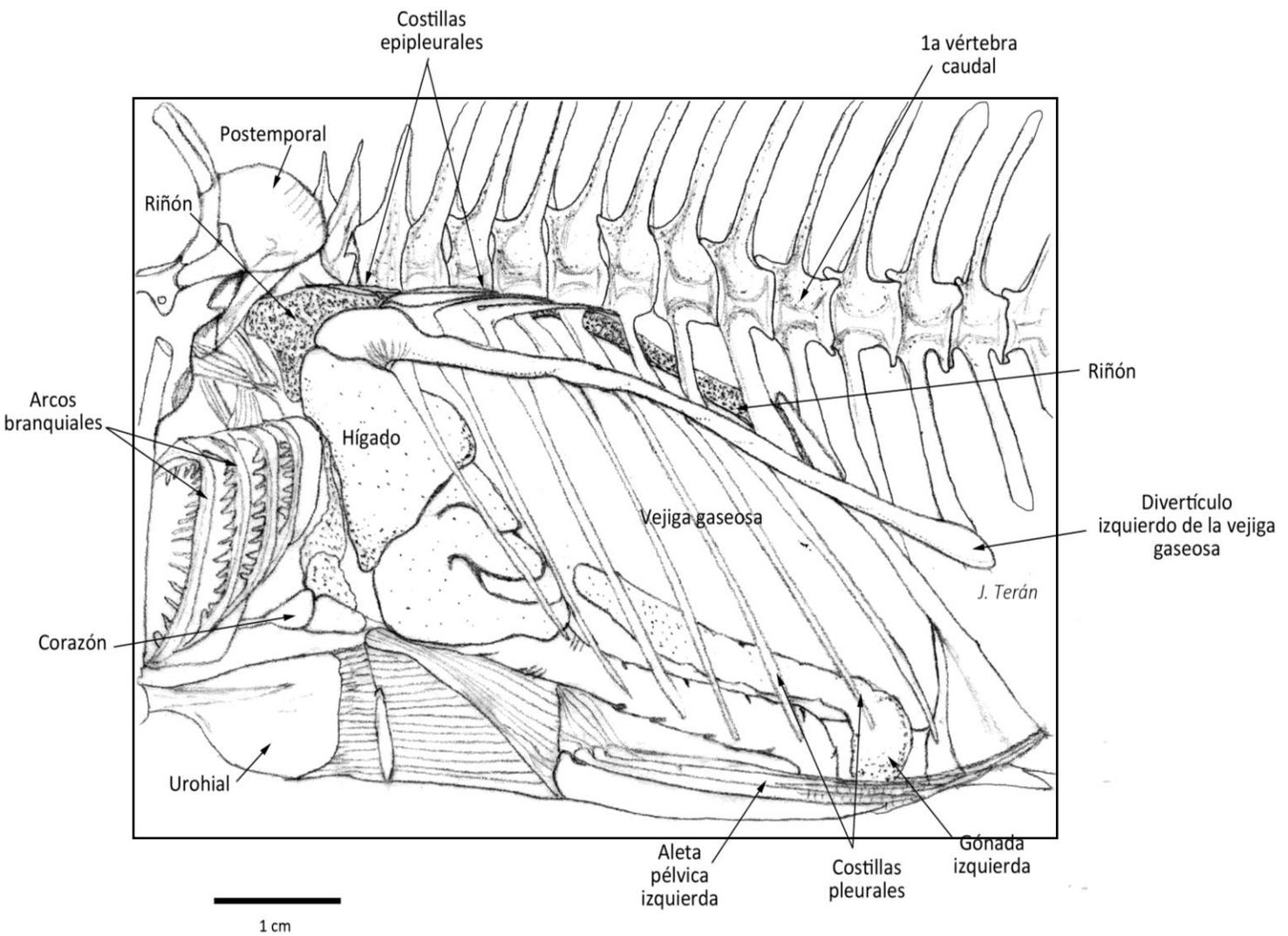


Figura 53. Organografía de la cavidad visceral de *Diapterus auratus*. Vista lateral izquierda.

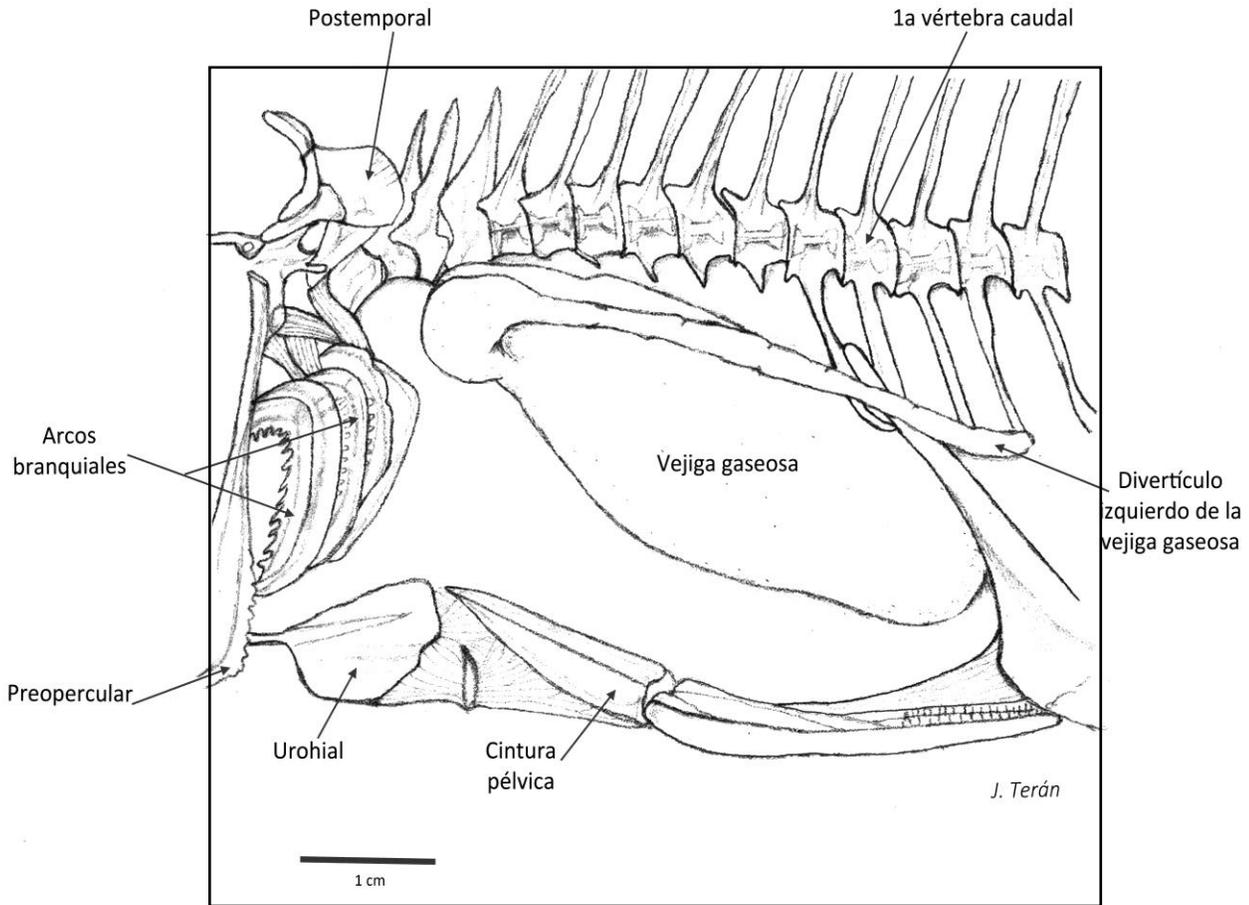


Figura 54. Posición de la vejiga gaseosa dentro de la cavidad visceral de *Diapterus auratus*. Vista lateral izquierda.

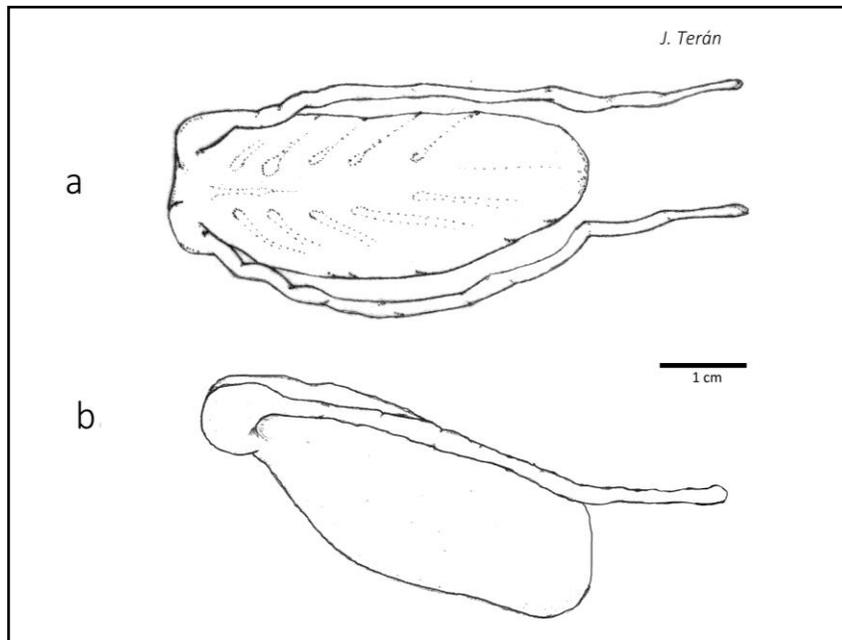


Figura 55. Vejiga gaseosa de *Diapterus auratus*. a) Vista dorsal. b) Vista lateral izquierda.

Anexo 2. Técnica de disección del oído interno en *Eucinostomus dowii*.

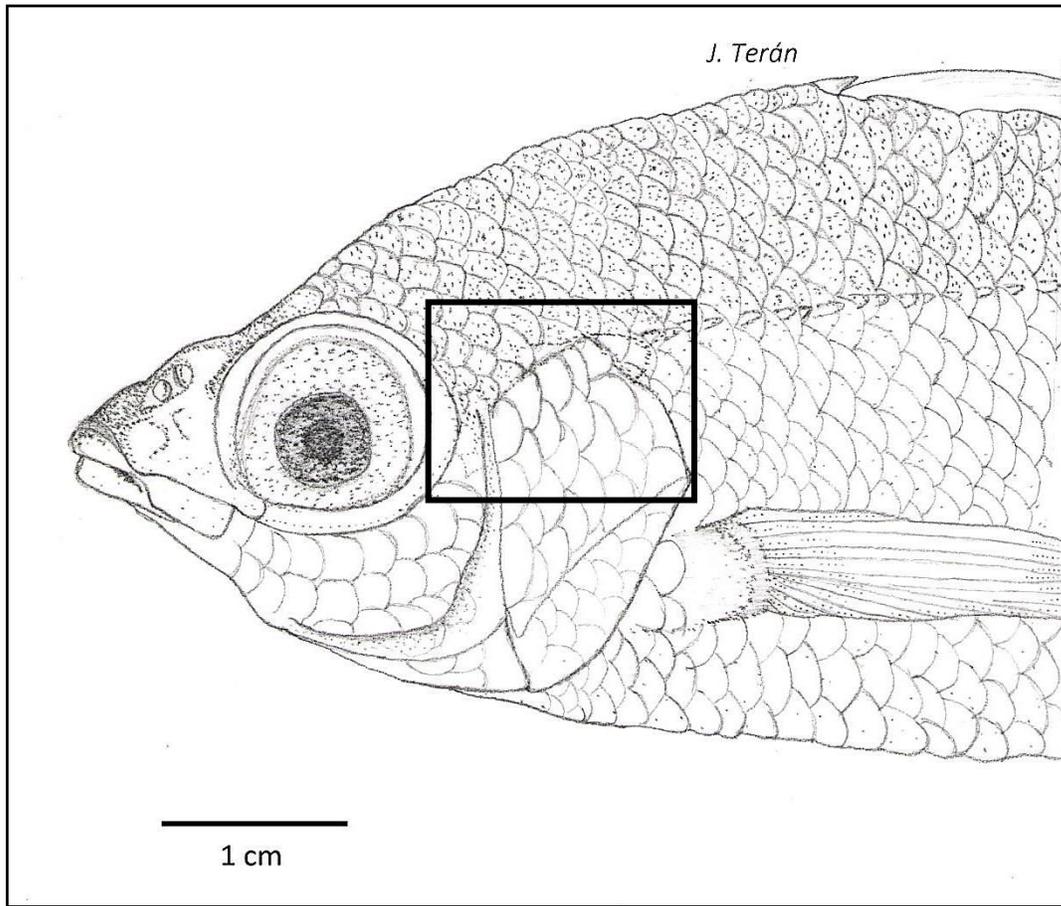


Figura 56. Región cefálica de *Eucinostomus dowii*. Vista lateral izquierda. El recuadro delimita el área de análisis anatómica.

Retirar las escamas y la piel del lado izquierdo de la región temporal, desde la órbita ocular hasta el posttemporal, así como las escamas de la región opercular (Figura 56). Se descubren los huesos: opercular, posttemporal, extraescapular, preopercular, suborbitales, pterótico y la cresta pterótica. Así también, se observan los músculos: *levator arcus palatini*, parte superior del *adductor mandibulae*, *levator operculi*, *levator pectoralis* y parte anterior de la musculatura *epaxialis* (Figura 57).

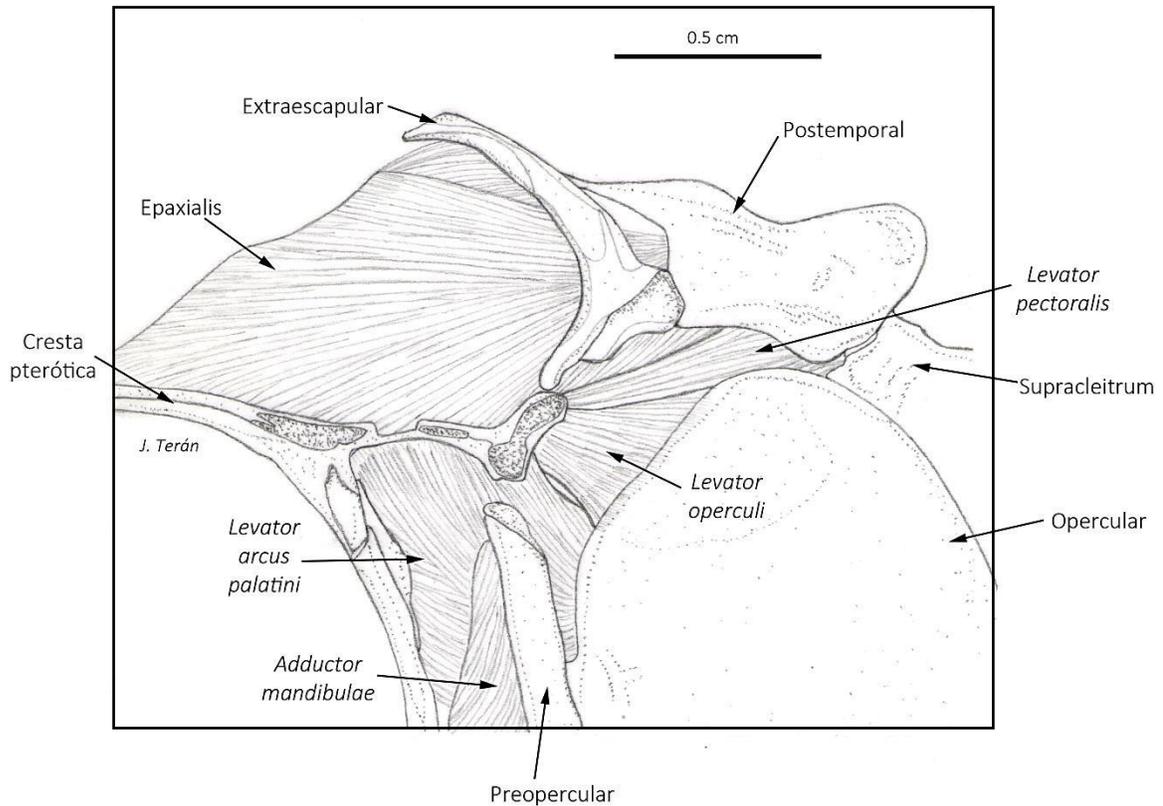


Figura 57. Musculatura de la región temporal de *Eucinostomus dowii*. Vista lateral izquierda.

Retirar los músculos antes mencionados y desarticular el opercular de su unión con los huesos hiomandibular y preopercular, para exponer la cresta parietal, la parte superior del hueso hiomandibular, el hueso supracleitrum, la parte superior de la cámara branquial y la disposición de los filamentos branquiales (Figura 58).

Se retiran los filamentos branquiales, los radios branquiostegos, los músculos *abductor superficialis*, *sternohyoideus*, y parte de la musculatura *hypaxialis* entre el cleitrum, el postcleitrum inferior y el basipterigium. Además, retirar la membrana que cubre la musculatura entre la cintura pectoral y los arcos branquiales; se retiran los músculos: *pharyngoclavicularis externus e internus*, *rectus comunis* y los tendones entre los arcos branquiales y el cleitrum (Figura 49).

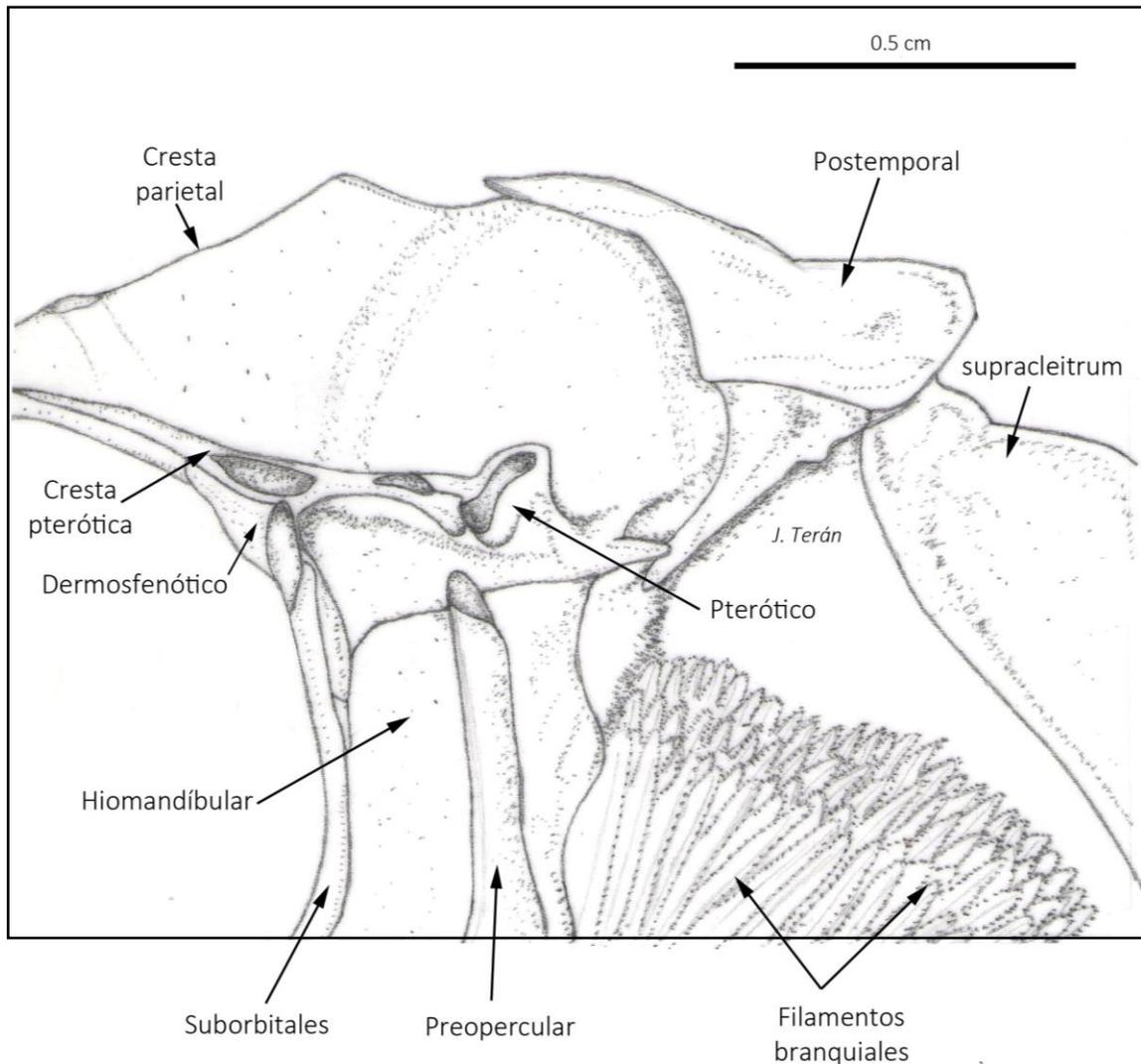


Figura 58. Región temporal del neurocráneo de *Eucinostomus dowii*. Vista lateral izquierda.

Desarticular el posttemporal del epiótico y de su unión con el hueso exoccipital. Retirar la musculatura axial que cubre la primera vértebra precaudal, retirar la primera y segunda costilla epipleural.

Al retirar estos elementos se observa la primera vértebra precaudal, los arcos branquiales con el nervio glosofaríngeo, la musculatura superior de los arcos branquiales, la porción anterior del lóbulo izquierdo del riñón, la parte anterior del hígado, el nervio vago y parte del divertículo anterior de la vejiga gaseosa (Figura 59).

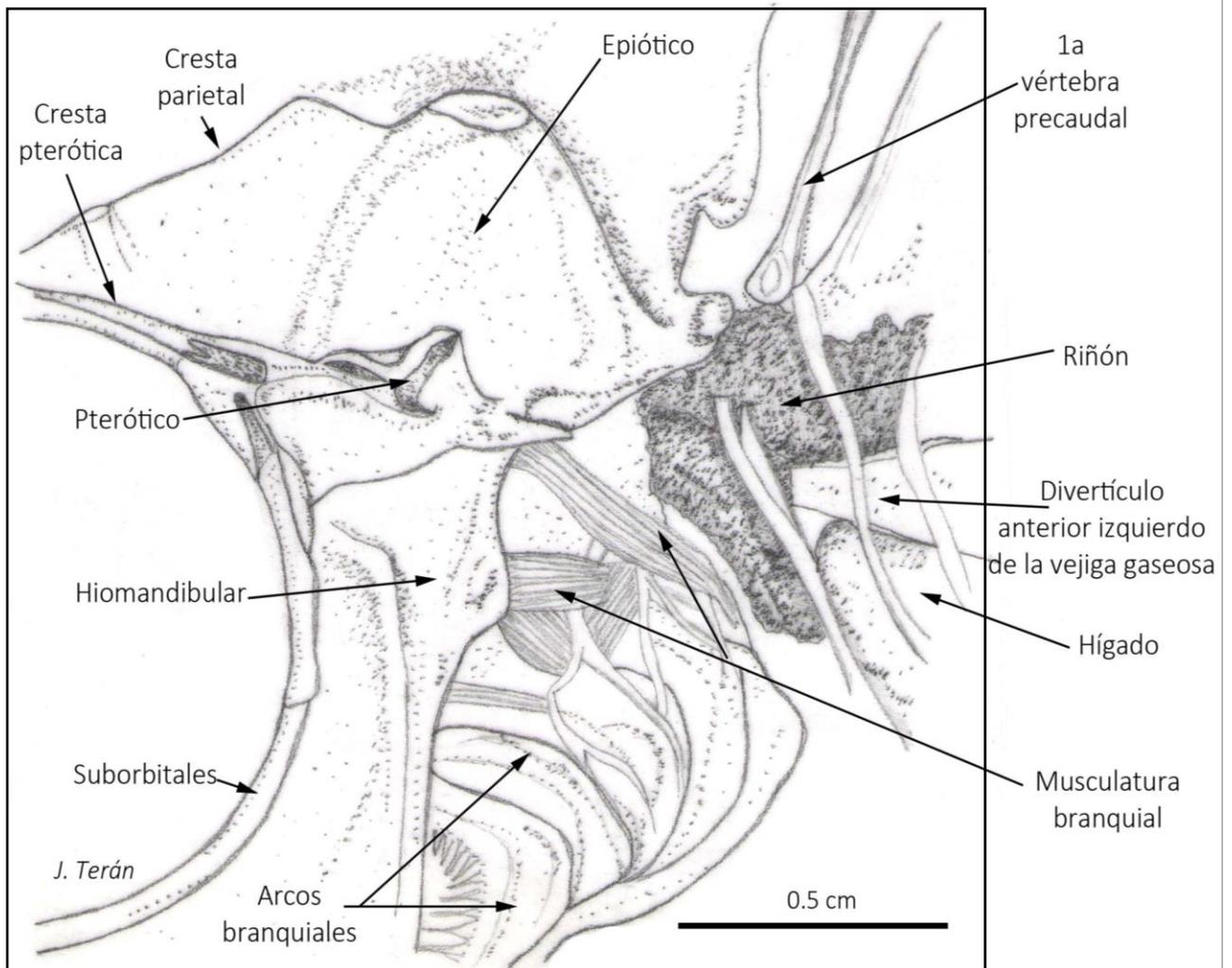


Figura 59. Región opercular de *Eucinostomus dowii*, sin filamentos branquiales, después de retirar los huesos operculares y la cintura pectoral. Vista lateral izquierda.

Retirar el lóbulo renal anterior, el nervio vago, desarticular el hiomandibular, retirar los músculos *levatori externi* e *interni* de los arcos branquiales. Observar el nervio glossofaríngeo, el músculo *retractor dorsalis* y la longitud del divertículo anterior de la vejiga gaseosa; su unión con la cápsula ótica se encuentra por debajo de las ramas del nervio glossofaríngeo (Figura 60).

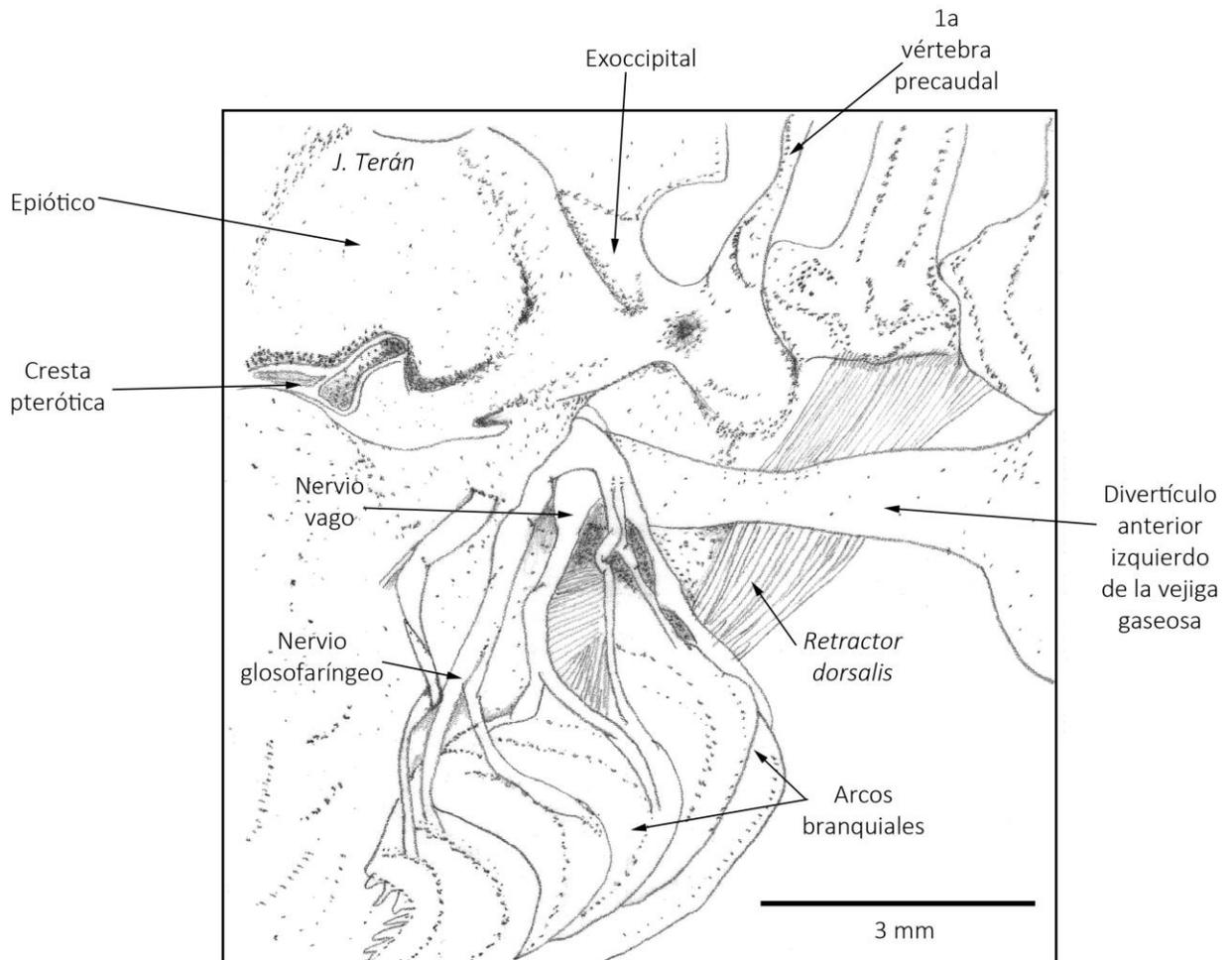


Figura 60. Región opercular de *Eucinostomus dowii*, después de retirar el hiomandibular y los músculos branquiales.

Retirar las ramas del nervio glossofaríngeo y retirar los arcos branquiales. Observar la cápsula ótica y los huesos que la componen (proótico, exoccipital y basioccipital), observar la unión del divertículo anterior de la vejiga gaseosa con la cápsula ótica. El conducto semicircular vertical anterior se localiza por debajo de la cresta parietal en el extremo anterior del hueso epiótico y el conducto semicircular vertical posterior en el extremo posterior del hueso epiótico (Figura 61).

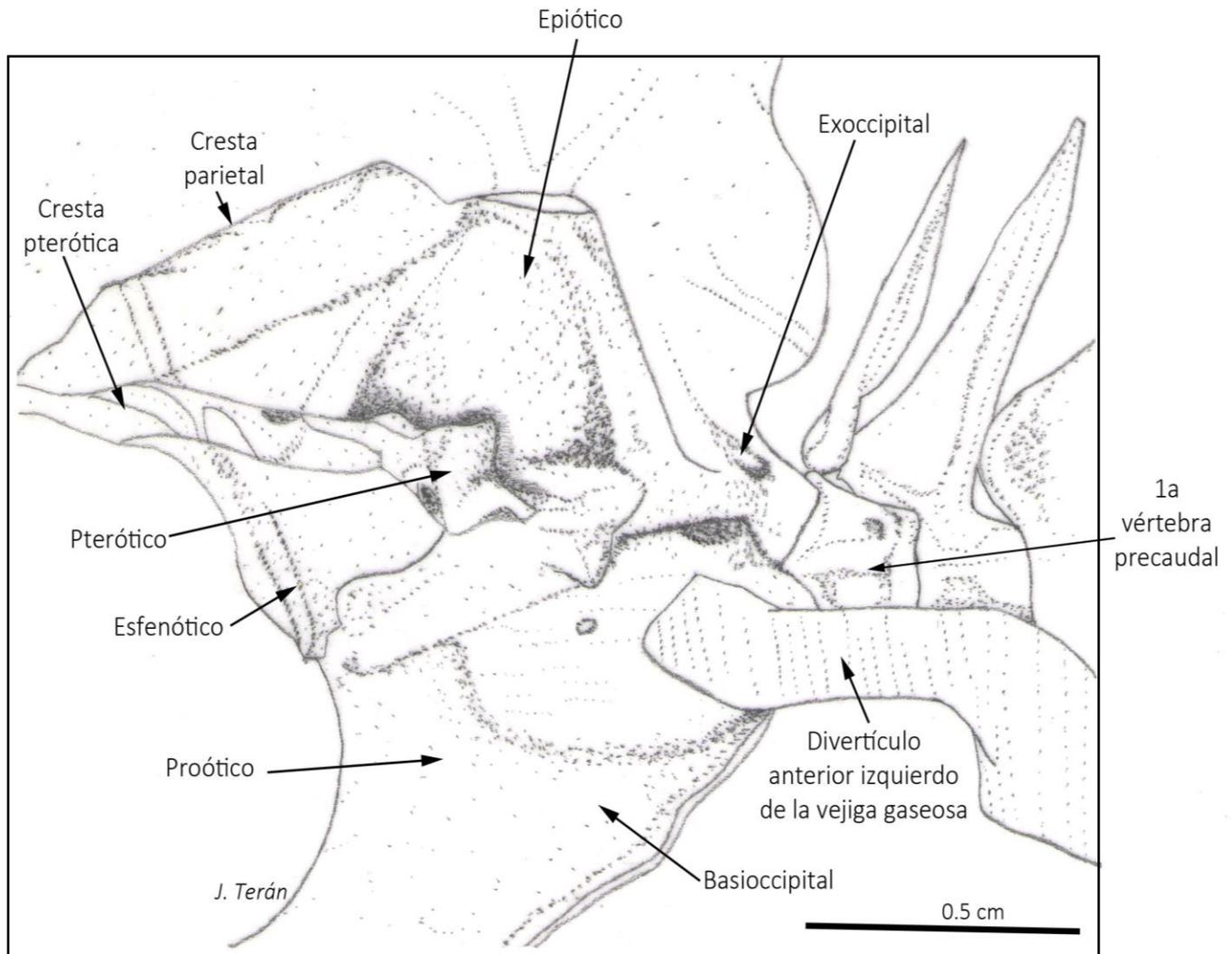


Figura 61. Cápsula ótica de *Eucinostomus dowii*, sin nervios y sin el aparato branquial. Vista lateral izquierda.

Retirar la cresta parietal, el hueso pterótico; rebajar con bisturí la cresta pterótica donde se localiza el conducto semicircular horizontal; así también, rebajar los extremos del hueso epiótico para descubrir los conductos semicirculares verticales. Retirar la unión del divertículo anterior de la vejiga gaseosa con la cápsula ótica; retirar los huesos proótico y basioccipital para descubrir las máculas del oído interno. Se observan los conductos semicirculares verticales anterior y posterior, parte del encéfalo, el conducto semicircular horizontal, con respectivas ámpulas, el utrículo, sáculo y lagena (Figura 62). Se observa que el divertículo anterior de la vejiga gaseosa se inserta al nivel de la parte posterior de la *sagitta*, cubriendo la lagena.

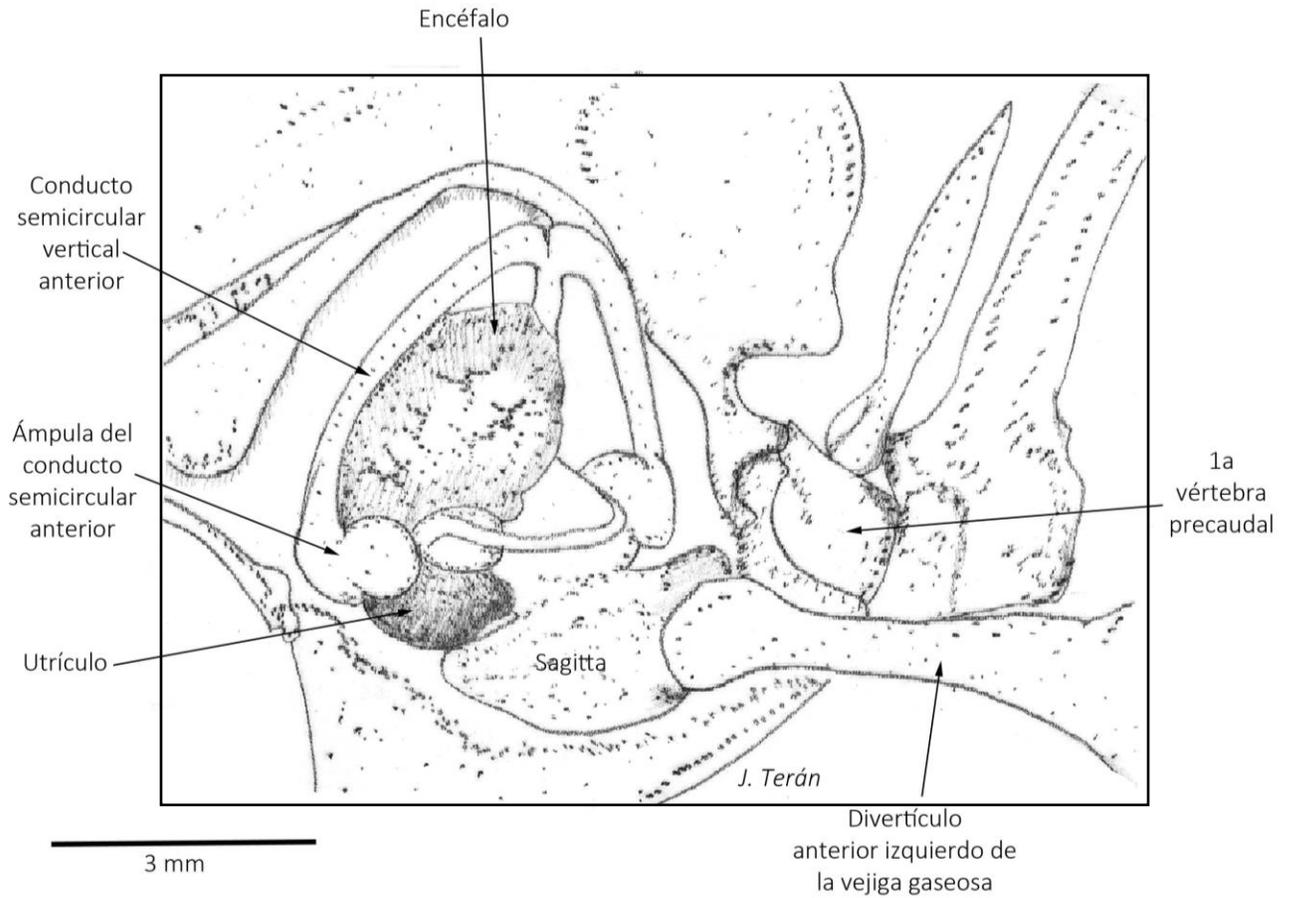


Figura 62. Vista lateral izquierda del oído interno en *Eucinostomus dowii*.

Retirar la cresta occipital y los elementos antes descritos del lado derecho, con el objeto de observar dorsalmente los canales semicirculares, la unión de estos con el miembro común y la posición del divertículo anterior de la vejiga gaseosa (figura 63).

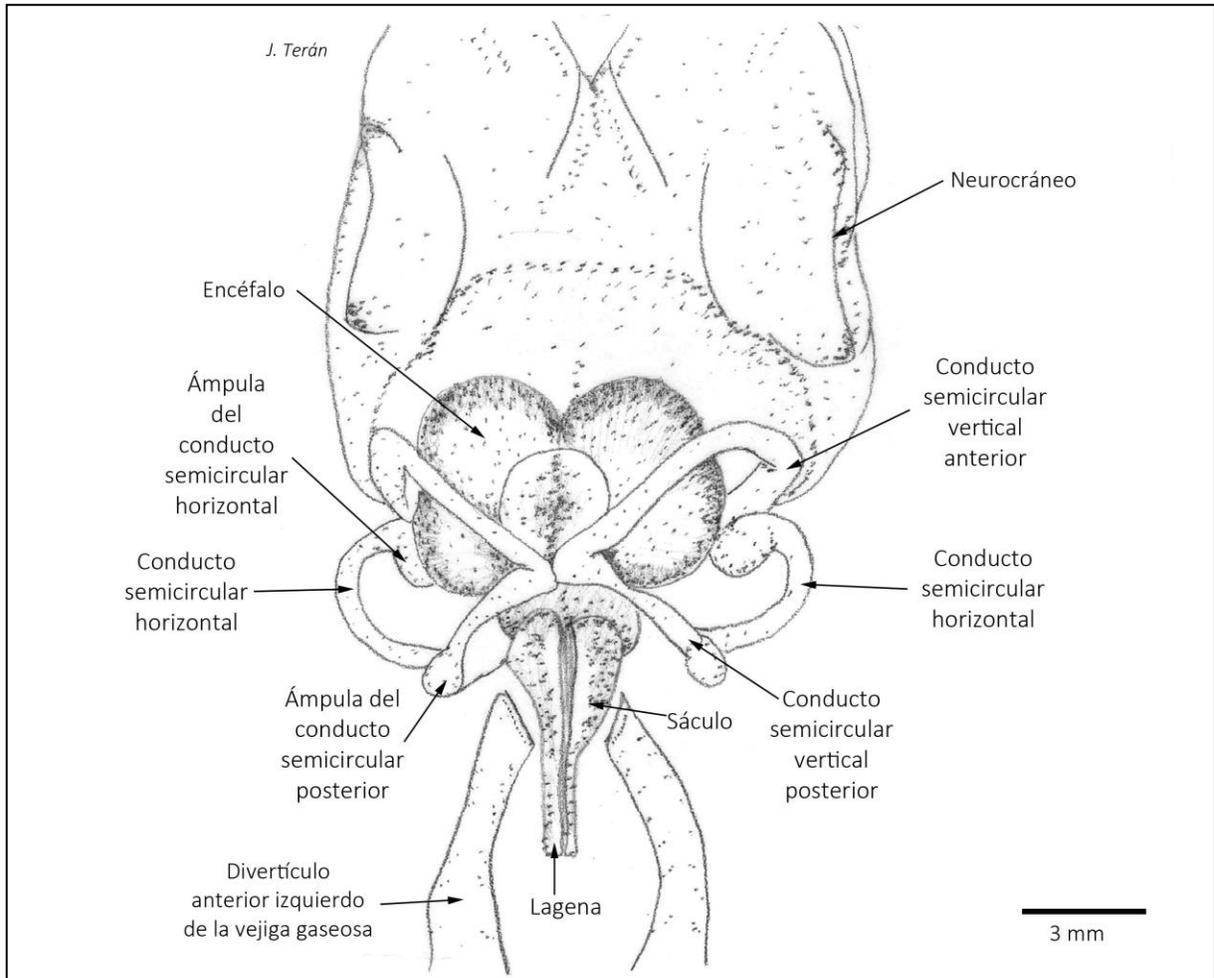


Figura 63. Vista dorsal de los oídos internos en *Eucinostomus dowii*.

Retirar del neurocráneo el encéfalo con el oído interno, con el objeto de observar en posición ventral, la disposición de los otolitos y el divertículo de la vejiga gaseosa (Figura 64). Retirar el encéfalo, observar los canales semicirculares verticales anterior, posterior y horizontal y los otolitos en su vista lateral, dorsal y ventral (Figura 65).

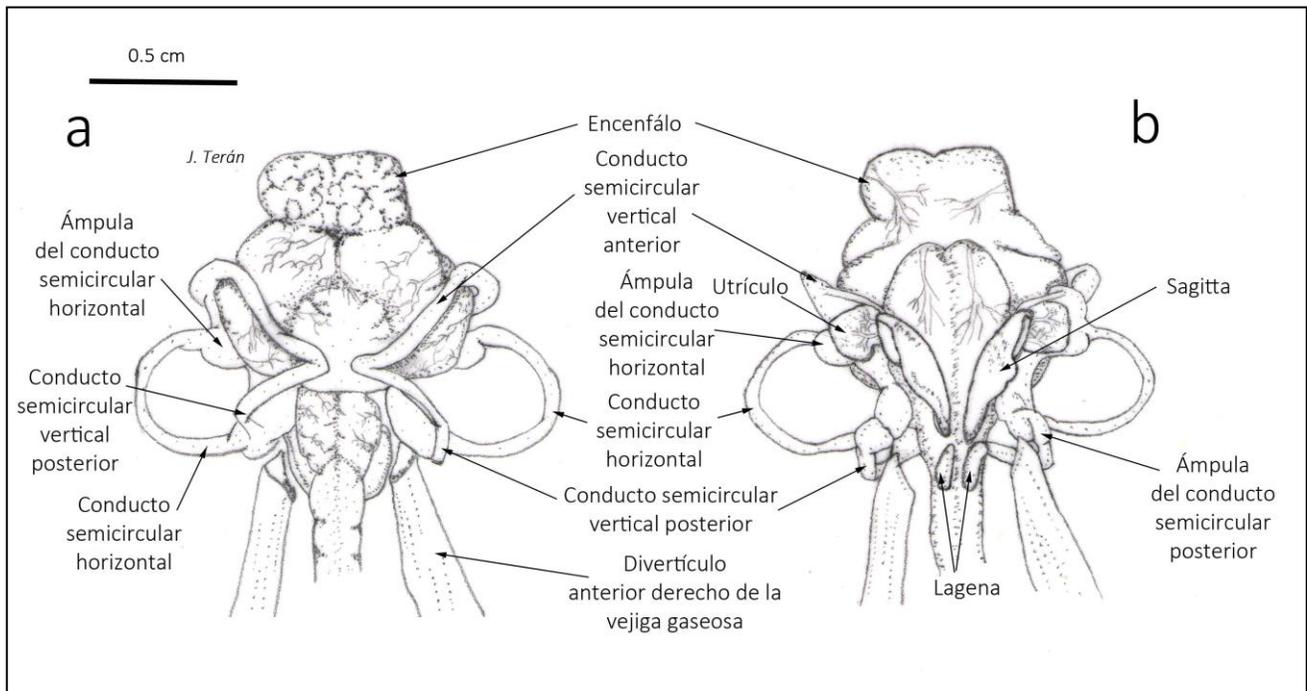


Figura 64. Oído interno y encéfalo en *Eucinostomus dowii*. a) Vista dorsal. b) Vista ventral.

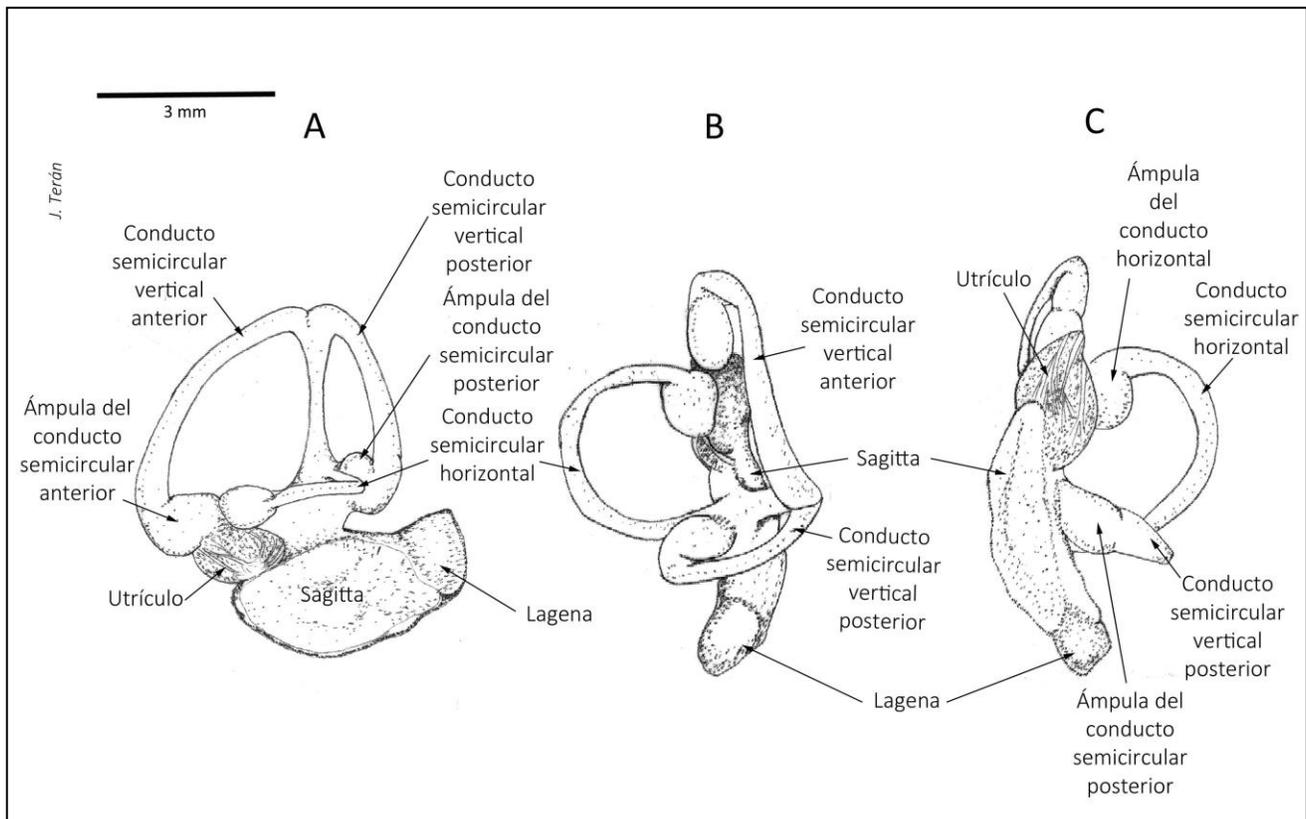


Figura 65. Oído interno de *Eucinostomus dowii*. A. Vista lateral. B. Vista dorsal. C. Vista ventral.

