

T  
508

90805

**UNIVERSIDAD AUTONOMA METROPOLITANA**

**Unidad Iztapalapa**

División de Ciencias Biológicas  
y de la Salud

**Doctorado en Ciencias Biológicas**



Casa abierta al tiempo

**El sistema urogenital y caracteres  
sexuales secundarios de los peces**

**TESIS**

Que para obtener el grado de  
**DOCTOR EN CIENCIAS BIOLÓGICAS**  
Presenta

**ABRAHAM KOBELKOWSKY DÍAZ**

Director de Tesis:

**Dr. José Luis Arredondo Figueroa**

Asesores:

**Dra. María del Carmen Uribe Aranzábal**

**Dr. César Flores Coto**

México, D.F.

Enero de 2005



El Doctorado en Ciencias Biológicas de la  
Universidad Autónoma Metropolitana  
pertenece al Padrón de Posgrados de  
Excelencia del CONACYT, y cuenta con el  
apoyo del mismo Consejo, con el convenio  
PFP-20-93

El jurado designado por la División de Ciencias Biológicas y de la Salud de las Unidades Iztapalapa y Xochimilco aprobó la tesis que presentó

**Abraham Kobelkowsky Díaz**

el día 28 de enero de 2005-01-25

Sinodales:

Presidente

Dr. José Luis Arredondo Figueroa

Secretaria

Dra. María del Carmen Uribe Aranzábal

Vocal

Dr. César Flores Coto

Vocal

Dr. Edmundo Díaz Pardo

Vocal

Dr. Armando Ferreira Nuño

The image shows four handwritten signatures, each written over a horizontal line. The signatures are: 1. José Luis Arredondo Figueroa, 2. María del Carmen Uribe Aranzábal, 3. César Flores Coto, and 4. Edmundo Díaz Pardo. The signature of Armando Ferreira Nuño is not clearly visible as it appears to be a scribble or is obscured by the line below it.

## COMITÉ TUTORIAL

Director de tesis:

**Dr. José Luis Arredondo Figueroa**

Profesor Titular C, Universidad Autónoma  
Metropolitana, Unidad Iztapalapa

Asesores:

**Dra. María del Carmen Uribe Aranzábal**

Profesora, Facultad de Ciencias, Universidad  
Nacional Autónoma de México

**Dr. César Flores Coto**

Investigador, Instituto de Ciencias del Mar  
y Limnología, Universidad Nacional Autónoma  
de México

Sinodales:

**Dr. Armando Ferreira Nuño**

Profesor Titular C, Universidad Autónoma  
Metropolitana, Unidad Iztapalapa

**Dr. Edmundo Díaz Pardo**

Investigador, Facultad de Ciencias  
Naturales, Universidad Autónoma de Querétaro

## Indice general

|  |    |
|--|----|
| Resumen  | I  |
| Abstract   | II |
| Introducción                                     | 1  |
| Objetivos  | 5  |
| Materiales y métodos                             | 5  |
| Resultados                                       | 12 |
| Relaciones topográficas del riñón                | 12 |
| Diversidad morfológica de los riñones            | 15 |
| Diversidad de las gónadas                        | 22 |
| Diversidad del sistema de conductos urogenitales | 29 |
| Caracteres sexuales secundarios                  | 35 |
| Discusión  | 42 |
| Conclusiones                                     | 54 |
| Literatura citada                                | 56 |
| Glosario   | 62 |
| Publicaciones relacionadas con la tesis          | 66 |

## RESUMEN

Se analizó el sistema urogenital de 76 especies de peces, correspondiendo una a los Agnatha, seis a los Elasmobranchii y 69 a los Teleostei. Se describe el patrón morfológico de cada una de las clases de peces, seleccionando a la lamprea de Chapala *Lampetra spadicea*, a la raya mariposa *Gymnura micrura* y al ronco *Bairdiella chrysoura*, como representantes de cada uno de las mismas. Se describen las relaciones topográficas de los riñones de cada una de las especies seleccionadas. Se describe la diversidad de formas de los riñones, los ovarios, los testículos y del sistema de conductos urogenitales, encontrándose una mayor diversidad en los Teleostei. Se identifican en la lamprea tanto el pronefros como el mesonefros. Se reconoce la fusión de riñones en las especies de tiburones y su separación en las de rayas. Dentro de los teleósteos se identifican varios grados de fusión de los riñones. Sobresale la situación morfológica de los riñones de los Siluriformes, en los que se presenta un riñón anterior y otro posterior. Se reconocen en los teleósteos superiores como los principales factores morfológicos que producen la separación de los riñones en lóbulos anteriores, a la interposición de los músculos retractores dorsales de las branquias y al anclaje de la vejiga natatoria a las vértebras precaudales. Se observaron variaciones anatómicas en las gónadas con relación a su número, forma, tamaño relativo, simetría y grado de fusión. Se reconoce una diversidad de caracteres sexuales dimórficos, siendo los más complejos los correspondientes a estructuras relacionadas con la fertilización interna y la viviparidad, así como también a la separación de los ojos en el lenguado *Bothus robinsi*.

## ABSTRACT

The morphology of the urogenital system of 76 species of fishes was analyzed (one of Agnatha, six of Elasmobranchii, 69 of Teleostei). In order to describe the morphological patterns of each class *Lampetra spadicea*, *Gymnura micrura* and *Bairdiella chrysoura* were selected. The kidney topographic relationships of each species were described. The diversity of kidneys, ovaries, testicles and urogenital ducts is described. The highest diversity is found among Teleostei. Both pronephros and mesonephros are identified in the lamprey. The kidneys are fused together in sharks, while they are separated in rays. A variety of grades of fusion of the kidneys is shown in the teleostean. The separation of kidneys in the Siluriformes is the most noticeable feature among the teleostean. As main features causing the separation of the anterior lobes, the muscles *retractores dorsales* and the anchorage of the swim bladder were identified. A variety of anatomical variations in gonads, in relation with number, shape, relative size, symmetry and grade of fusion were observed. A diversity of dimorphic sexual characters were recognized, being the most complex those related to the internal fertilization and the viviparity, as well as the corresponding to the eyes separation in the flounder *Bothus robinsi*.

## INTRODUCCION

Los peces constituyen ligeramente más de la mitad del total de 48,170 especies vivientes de vertebrados (Nelson, 1994). Se estima que existen cerca de 24,618 especies de peces y 23,550 de tetrápodos y se calcula que puede llegar a sumar cerca de 28,500 especies de peces vivientes.

La diversidad conocida de especies vivientes de peces excede la de los taxa fósiles conocidos. Se cuentan 57 órdenes de peces vivientes, con 482 familias, 4,258 géneros y 24,618 especies.

De acuerdo con el criterio adoptado por Nelson (1994), los Vertebrata se dividen en las dos superclases: Agnatha y Gnathostomata.

La superclase Agnatha, caracterizada por la ausencia de mandíbulas, de aletas pélvicas y de centros vertebrales, y con uno o dos canales semicirculares verticales en cada oído interno, el esqueleto de las branquias fusionado al neurocráneo, las aberturas branquiales en forma de poros mas que de hendeduras y la mayoría con exoesqueleto, se divide en las clases Myxini, Pteraspidomorphi y Cephalaspidomorphi. Anteriormente se consideraba la clase Cyclostomata, que comprendía los Myxiniformes (peces bruja) y los Petromyzontiformes (lampreas); y la clase Ostracodermi, que incluía los agnatos fósiles.

La Clase Gnathostomata se caracteriza por tener mandíbulas, huesos endocondrales, pares de miembros, tres canales semicirculares, centros vertebrales, arcos branquiales no fusionados al neurocráneo, las branquias abiertas al exterior mediante hendeduras o abertura opercular, y el exoesqueleto óseo rara vez presente. Dentro de esta clase se encuentran según Nelson (1994), las clases Placodermi, Chondrichthyes, Acanthodii, Sarcopterygii y Actinopterygii. Antes se agrupaban a los sarcopterigios y los actinopterigios en la clase Osteichthyes.

De los Agnatha con representantes actuales se encuentran los Myxini y los Cephalaspidomorphi. De los Myxiniformes se reconoce a la familia Myxinidae con 6 géneros y 43 especies. De los Cephalaspidomorphi se reconoce a los Petromyzontiformes o "lampreas", con 6 géneros y 41 especies vivientes.

De las clases de Gnathostomata con representantes actuales, los Chondrichthyes incluyen 10 órdenes, 45 familias, 170 géneros y cerca de 846 especies vivientes; los

Sarcopterygii incluyen 4 géneros y 7 especies vivientes; y los Actinopterygii incluyen 42 órdenes, 431 familias, 4,075 géneros y 23,681 especies vivientes.

Dentro de los Actinopterygii, se encuentra el grupo más numeroso y diverso de todos los vertebrados, los Teleostei, con cerca de 23 637 especies, colocadas en 38 órdenes.

Dentro la alta riqueza de peces de la fauna mexicana se encuentran representantes de los principales grupos taxonómicos. Así de las 4 clases de peces vivientes, solo está ausente la de los Sarcopterygii (celacantos y dipnóos); la clase Cephalaspidomorphi está representada por la única familia de lampreas; de los 9 órdenes de Elasmobranchii están representados 8; de las cuatro subdivisiones de Teleostei, están representadas 3, y de sus 38 órdenes, están representados 30.

Aunque en los vertebrados en general, y los peces en particular, las funciones de excreción y reproducción no tienen nada en común, morfológicamente los sistemas excretor y reproductor están íntimamente asociados (Romer, 1962), debido a que ambos se originan en áreas del mesodermo cercanas entre sí en la cavidad celómica.

Siendo los órganos de excreción los riñones, estos tienen como sus dos funciones principales la excreción y la osmorregulación, mientras que las gónadas producen gametas.

Mientras que los teleósteos excretan amoníaco como producto nitrogenado, el cual es tóxico, los condríctios excretan urea, que es reabsorbida en un segmento del túbulo renal (Lacy & Reale, 1999), con el objeto de ser casi isosmóticos en el mar.

Los peces presentan cuatro estrategias osmorreguladoras (Moyle & Cech, 1988): la primera corresponde a los Myxiniformes o peces bruja, los cuales son marinos y no regulan osmóticamente; la segunda estrategia corresponde a los condríctios marinos, los cuales son isosmóticos; la tercera es la de los teleósteos marinos, los cuales son hiposmóticos, beben agua de mar y excretan el exceso de sales por el epitelio branquial; la cuarta la muestran los teleósteos y condríctios dulceacuícolas, los que son hiperosmóticos y a los que continuamente difunde el agua, la que es excretada como orina diluida por los riñones. Las lampreas las cuales tienen una fase larvaria dulceacuícola y una fase adulta marina, son hiperosmóticas en agua dulce e hiposmóticas en el mar (Morris, 1972).

Las estructuras reproductoras básicas son las gónadas, los ovarios y los testículos, las que producen los ovocitos y los espermatozoides respectivamente. De la unión de estos se inicia una nueva generación.

Ambas gónadas, los ovarios y los testículos son órganos típicamente pareados, que están generalmente suspendidos desde el techo de la cavidad visceral por mesenterios, en estrecha relación con los riñones. Durante la época de reproducción los ovarios se observan como estructuras grandes y amarillentas, que pueden representar del 30% al 70% del peso del cuerpo, mientras que los testículos son órganos blanquecinos que generalmente no rebasan el 12% del peso corporal (Moyle & Cech, 1988). Solo algunas especies son hermafroditas por presentar ovotestis.

Mientras que las diferencias sexuales internas son evidentes, externamente es difícil distinguir el sexo de la mayoría de los teleósteos. Muchos teleósteos son desovadores masivos, que no muestran dimorfismo sexual externo, mientras que en el otro extremo del espectro se encuentran los dimórficos o dicrómicos sexuales, muchos de los cuales tienen estructuras de fertilización.

Los peces presentan numerosos patrones de comportamiento reproductivos, que se pueden clasificar en tres categorías generales (Balon, 1984): los no protectores de los huevos y juveniles (desovadores en sustrato abierto y los que esconden la cría), los protectores (los que seleccionan el sustrato y los que forman nido), y los portadores (externos e internos).

Debido a que las adaptaciones de los huevos, embriones, larvas y juveniles de una especie reflejan el comportamiento reproductivo y ecología de los progenitores, su historia de vida se divide en los periodos embrionario, larvario, juvenil y adulto (Balon, 1984).

Los riñones de los peces en general son descritos por Gerard (1954), Young (1962), Romer (1962) y Lagler y col. (1977). De las lampreas por Morris (1972); los de los condriictios por Lacy y Reale (1999), Gilbert (1973), Castro (1983) y Kobelkowsky (2004b) y los de los teleósteos por Ogawa (1961), Gambaryan (1988) y Kobelkowsky (1999, 2000a).

Aunque son numerosos los trabajos sobre la biología reproductiva de especies de peces, es escasa la literatura sobre la morfología de las gónadas. Las gónadas de los peces en general han sido estudiadas por Gerard (1954), Young (1962), Romer (1962) y Lagler y col. (1977); mientras que las de las lampreas fueron descritas por Hardisty

(1971). Las gónadas de los condríctios en general son descritas por Dodd (1983), Gilbert (1973), Gerard (1954), Castro (1983), Pratt (1988), Castro (1988) y Hamlett (1999) y Kobelkowsky (2004b); en cambio las de los teleósteos son analizadas por Nagahama (1983) y Chiasson (1980). Las gónadas de especies de teleósteos son descritas por Kobelkowsky (1999, 2000a, 2004a, 2004c).

Entre los relativamente numerosos trabajos sobre aspectos histológicos de las gónadas de los teleósteos, se encuentran: Nelson (1975), Grier y col. (1980), Cyrus & Blaber (1984), Garg (1987), Rosenblum (1987), Sadovy & Shapiro (1987), Micale y col. (1987), Grier & Collette (1987), Husinger y col. (1988), De Jong y col. (1989), Seiwald & Patzner (1989), Rasotto y col. (1992), Riel & Greven (1992), Lahnsteiner y col. (1994), Lahnsteiner y col. (1993a), Lahnsteiner y col. (1993b), Rasotto (1993), Stoumboudi y col. (1993), Cinquetti (1997), Grier (2000), Bruslé-Sicard y col. (1994), Suzuki y col. (2000), Barni y col. (2001), Lau & Sadovy (2001), LoNostro y col (2003).

El mayor número de publicaciones sobre aspectos morfológicos de los peces correponden a especies de latitudes holárticas, donde la diversidad de estos vertebrados es baja. Son escasos los trabajos sobre la morfología de especies de peces de la República Mexicana, que por encontrarse en un intervalo latitudinal amplio, su ictiofauna es muy diversa.

Considerando la alta diversidad de peces en México y a la necesidad de proporcionar información de los aspectos macroscópicos del riñón, los ovarios, los testículos y sus sistemas de conductos, que se utilice en los estudios de biología reproductiva, biología pesquera y fisiología renal, el presente estudio pretende exhibir los patrones morfológicos del sistema urogenital y su diversidad.

## **OBJETIVO GENERAL**

Estudiar la diversidad morfológica del sistema urogenital y de los caracteres sexuales secundarios de los peces.

## **OBJETIVOS PARTICULARES**

Describir la anatomía de los riñones y de su sistema de conductos de las especies representativas de los principales taxa de peces.

Interpretar las principales tendencias evolutivas de la forma de los riñones.

Describir la forma de las gónadas y su sistema de conductos de especies representativas de los principales taxa de peces.

Conocer los principales aspectos de la morfología reproductiva de los peces.

## **MATERIALES Y METODOS**

### **Obtención de ejemplares**

Los ejemplares utilizados en este trabajo corresponden a tres categorías:

- a) Ejemplares pertenecientes a la Colección de Peces del Laboratorio de Peces, del Departamento de Biología de la Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Iztapalapa.
- b) Ejemplares colectados en el litoral del Golfo de México y del Océano Pacífico, lagunas costeras de ambos litorales, ríos y lagos, mediante el uso de varias artes de pesca.
- c) Ejemplares proporcionados por el Laboratorio de Ictiología y Ecología Estuarina del Departamento de Hidrobiología (Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Iztapalapa), el Laboratorio de Ictiología de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas (Instituto Politécnico Nacional), Laboratorio de Bentos y Laboratorio de Pesquerías del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología (Universidad Nacional Autónoma de México).

## **Preparación de ejemplares**

La mayoría de los ejemplares se fijaron en formaldehído al 10%, previa incisión en el vientre. Se lavaron con agua corriente durante dos días. Se conservaron en alcohol etílico al 70%. La fijación del sistema urogenital de algunas especies se hizo con el fijador de Zamboni.

Para la observación del esqueleto sexual de ejemplares pequeños, se transparentaron con potasa (KOH) al 4% y se tiñeron con Alizarina Roja.

## **Análisis anatómico**

Con el objeto de analizar el sistema urogenital completo, se seleccionaron especies representativas de las clases Cephalaspidomorphi (*Lampetra spadicea* Bean), Chondrichthyes (*Gymnura micrura* (Bloch & Schneider)) y Actinopterygii (*Bairdiella chrysoura* (Lacepède)).

La selección de las especies se hizo con base en su presencia y abundancia en los cuerpos de agua de México. La única especie mexicana de lamprea es *L. spadicea*, la cual es endémica del sistema Lerma-Chapala y es considerada la especie más meridional del hemisferio norte. Debido a la falta de ejemplares de tiburones se seleccionó a la raya *G. micrura* como representante de los condriictios, considernado que aproximadamente el 50 % de las especies de condriictios vivientes son Rajiformes. Esta raya se distribuye desde Bahía de Chesapeake, Estados Unidos hasta Brasil, desde Senegal hasta Congo y desde India hasta Borneo (McEachran & Seret, 1990). Se seleccionó al ronco *B. chrysoura* por tener las características morfológicas generales del orden más grande de osteíctios (Perciformes) y por su amplia distribución geográfica. Se distribuye desde Conecticut hasta el sur de Florida y por las costas del Golfo de México hasta Laguna de Términos, Campeche (Chao, 1978).

Asimismo, se seleccionaron especies que mostraron algún carácter especial relacionado con el sistema urogenital, o con caracteres sexuales secundarios.

Con el objeto de exponer el sistema urogenital de la lamprea, los tiburones y las rayas, se retiró la piel y la musculatura del piso de la cavidad visceral. Se seccionó transversalmente tanto el esófago como el recto, con el objeto de retirar el sistema digestivo.

Asimismo, con el objeto de exponer el sistema urogenital de los osteíctios comprimidos, se retiró la pared izquierda del cuerpo, mediante el siguiente procedimiento:

Se descamó el costado izquierdo del cuerpo, desde el opérculo hasta el inicio de la aleta anal.

Se retiraron la piel y la musculatura axial hasta descubrir las costillas epipleurales y pleurales.

Se desarticularon ambos tipos de costillas y se retiró el peritoneo parietal, descubriéndose así la cavidad visceral.

En los osteíctios que mostraron la ubicación de los riñones desde la base del neurocráneo, se les aplicó además el siguiente procedimiento:

Se retiró el opérculo izquierdo con el objeto de descubrir las branquias.

Se quitaron las laminillas branquiales, los músculos dorsales, las arterias branquiales eferentes y el nervio vago, con el objeto de exponer los lóbulos renales anteriores.

Se desprendió el ligamento de Baudelot, de su inserción al cleitrum, para retirar la cintura escapular y su musculatura.

Se retiró el sistema digestivo mediante una sección seccionando transversal tanto del esófago y el recto y, cortando los mesenterios y los vasos sanguíneos que salen y entran a este sistema. La vejiga natatoria se retiró desprendiéndola de su anclaje a la columna vertebral o a las costillas pleurales, y seccionando además el conducto neumático en los teleósteos inferiores.

La toma de medidas se realizó mediante el uso de un calibrador Helios de carátula con precisión de 0.2 mm.

#### **Análisis histológico**

En ciertas especies se practicó la técnica histológica en riñones y en gónadas, para lo cual se fijaron en el campo los órganos con Formaldehído al 10% o con solución de Zamboni Modificado.

#### **Descripción anatómica**

Con el objeto de ubicar topográficamente a los riñones, las gónadas, y los correspondientes conductos, se describió la esplacnología de las especies representativas de cada clase (*Lampetra spadicea*, *Gymnura micrura* y *Bairdiella chrysoura*).

En dichas especies se establecieron las relaciones morfológicas de los riñones y de las gónadas con el esqueleto, la musculatura, el sistema digestivo, y con la vejiga natatoria en el caso de presentar este órgano.

Asimismo, se describió la organografía de la cavidad visceral en las especies con modificaciones importantes con relación a las especies representativas, como las notablemente deprimidas, comprimidas o anguiliformes.

Se describió la forma general de los riñones y las gónadas en sus aspectos lateral y ventral y en algunos casos en sección transversal.

Se describieron los conductos urinarios y reproductores, así como también las estructuras anexas, tales como vejiga urinaria, glándulas seminales, músculos y vasos sanguíneos.

### **Ilustraciones**

Las ilustraciones se hicieron principalmente mediante el uso de un tubo de dibujo o cámara lúcida acoplada a un microscopio estereoscópico Leica Wild M3Z. En algunos casos se tomaron fotografías de estructuras mediante una cámara fotográfica de 35 mm acoplada al microscopio estereoscópico.

A partir de las imágenes de la cámara lúcida o de las fotografías se obtuvieron los principales rasgos de las estructuras anatómicas, trazándolos a lápiz sobre papel vegetal (albanene). La definición de los detalles de las estructuras se hizo observando directamente el órgano, a simple vista o bajo el microscopio. A continuación se entintaron los detalles, con un estilógrafo Staedtler.

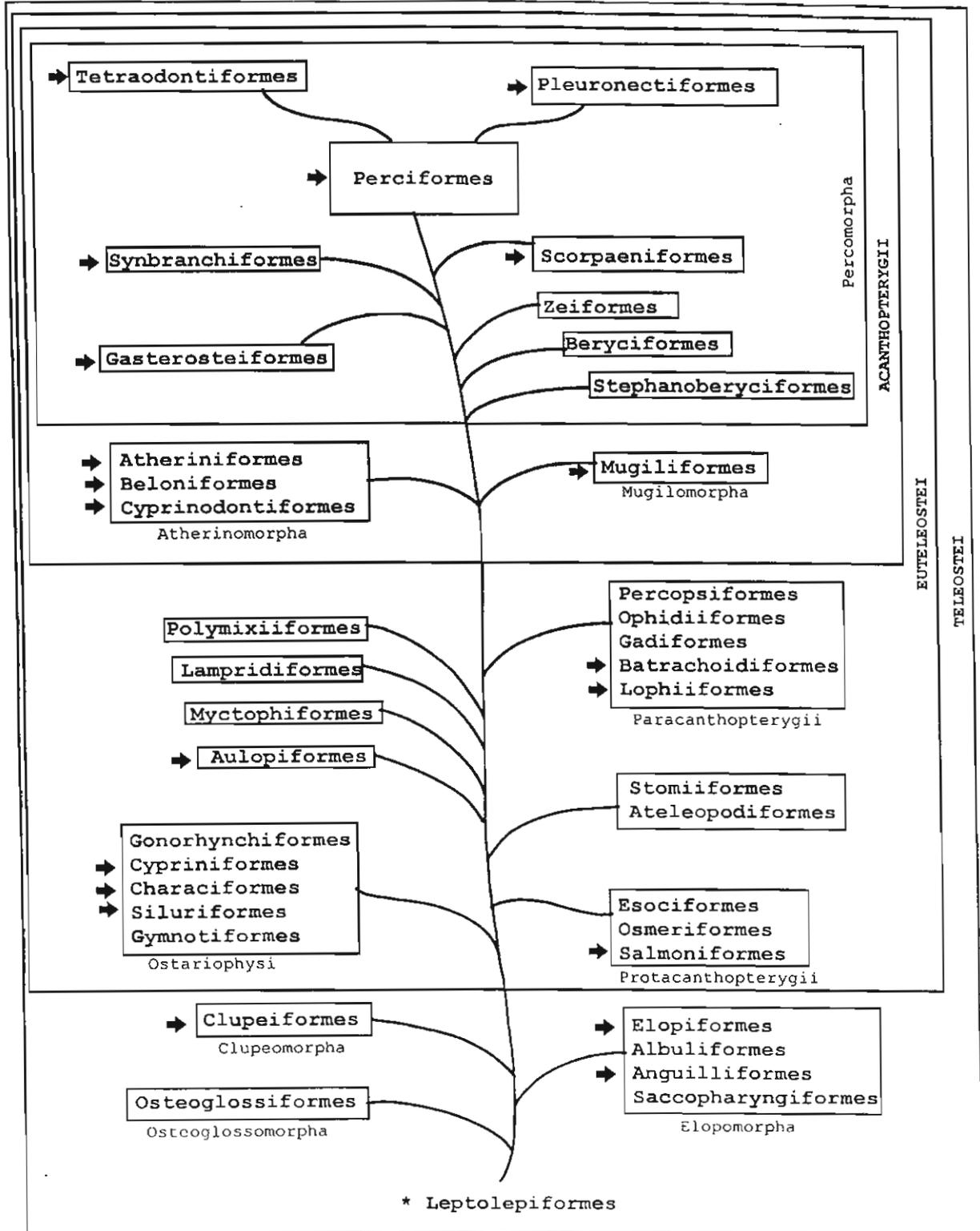
Los dibujos entintados se transfirieron a una computadora personal mediante un scanner Epson Perfection 636, a archivos tiff. Los nombres de las partes se adicionaron mediante un programa Imaging.

### **Especies examinadas**

El análisis anatómico de los sistemas excretor, reproductor femenino y reproductor masculino, se realizó en un número (anotado en la lista de especies, delante del nombre) variable de ejemplares, de acuerdo con la constancia observada de la morfología de las estructuras, y de la disponibilidad de los especímenes.

Considerando a los Teleostei como el grupo de mayor riqueza de especies, se analizaron representantes de los

principales superórdenes, de acuerdo con el siguiente diagrama, modificado de Nelson (1994):



Se analizaron 928 ejemplares correspondientes a 76 especies, las cuales se ordenan taxonómicamente bajo el criterio de Nelson (1994):

**Clase Cephalaspidomorphi**

Orden Petromyzontiformes

*Lampetra spadicea* Bean (Petromyzonidae) (10)

**Clase Chondrichthyes**

Orden Carcharhiniformes

*Carcharhinus longimanus* (Poey) (Carcharhinidae) (3)

*Carcharhinus* sp. (Carcharhinidae) (1)

Orden Rajiformes

*Raja texana* Chandler (Rajidae) (10)

*Dasyatis sabina* (LeSueur) (Dasyatidae) (20)

*Urotrygon chilensis* (Urolophidae) (20)

*Gymnura micrura* (Bloch) Gymnuridae) (20)

**Clase Actinopterygii**

Orden Elopiformes

*Elops saurus* Linnaeus (Elopidae) (5)

Orden Anguilliformes

*Ophichthus gomesi* (Castelnau) (Ophichthidae) (2)

Orden Clupeiformes

*Harengula jaguana* Poey (Clupeidae) (10)

*Brevoortia patronus* Goode (Clupeidae) (30)

*Dorosoma cepedianum* (LeSueur) (Clupeidae) (10)

*Anchoa mitchilli* (Valenciennes) (Engraulidae) (30)

*Cetengraulis edentulus* (Cuvier) (Engraulidae) (10)

Orden Cypriniformes

*Notropis boucardi* (Cyprinidae) (5)

*Cyprinus carpio* (Cyprinidae) (5)

*Megalobrama amblycephala* (Cyprinidae) (10)

Orden Characiformes

*Astyanax fasciatus* (Characidae) (30)

*Brycon guatemalensis* (Characidae) (6)

*Bramocharax dorioni* (Characidae) (3)

Orden Siluriformes

*Ictalurus balsanus* (Ictaluridae) (30)

*Ictalurus punctatus* (Ictaluridae) (6)

*Cathorops melanopus* (Gunther) (Ariidae) (20)

*Ariopsis felis* (Mitchill) (Linnaeus) (Ariidae) (20)

*Bagre marinus* (Mitchill) (Ariidae) (10)

*Rhamdia guatemalensis* (Pimelodidae) (5)

Orden Salmoniformes

*Onchorhynchus mykiss* (Salmonidae) (2)

Orden Aulopiformes

*Synodus foetens* (Linnaeus) (Synodontidae) (5)

Orden Batrachoidiformes

*Opsanus beta* Goode & Bean (10)

*Porichthys porosissimus* (Valenciennes) (10)

Orden Lophiiformes

*Ogcocephalus radiatus* (Mitchill) (Ogcocephalidae) (5)

Orden Mugiliformes

*Mugil cephalus* Linnaeus (Mugilidae) (10)  
*Mugil curema* Valenciennes (Mugilidae) (10)

Orden Atheriniformes

*Chirostoma humboldtianum* (Atherinopsidae) (10)  
*Membras vagrans* (Valenciennes) (Atherinopsidae) (10)  
*Menidia beryllina* (Cope) (Atherinopsidae) (10)

Orden Beloniformes

*Strongylura marina* (Walbaum) (Belonidae) (10)  
*Strongylura notata* (Poey) (Belonidae) (10)  
*Strongylura timucu* (Walbaum) (Belonidae) (10)  
*Hyporhamphus roberti* (Valenciennes) (Hemirhamphidae) (6)

Orden Cyprinodontiformes

*Gambusia regani* Hubbs (Poeciliidae) (30)  
*Gambusia affinis* (Baird & Girard) (Poeciliidae) (10)  
*Poeciliopsis infans* (Poeciliidae) (20)  
*Belonesox belizanus* Kner (Poeciliidae) (6)  
*Goodea atripinnis* Jordan (Goodeidae) (40)

Orden Gasterosteiformes

*Syngnathus scovelli* (Evermann & Kendall) (Syngnathidae) (40)

Orden Synbranchiformes

*Synbranchus marmoratus* (Synbranchidae) (2)

Orden Scorpaeniformes

*Scorpaena plumieri* Bloch (Scorpaenidae) (2)  
*Prionotus evolans* (Linnaeus) (Triglidae) (4)  
*Prionotus maculatus* (Triglidae) (4)

Orden Perciformes

*Centropomus undecimalis* (Bloch) (Centropomidae) (10)  
*Micropterus salmoides* (Centrarchidae) (5)  
*Lutjanus griseus* (Linnaeus) (Lutjanidae) (20)  
*Eugerres plumieri* (Cuvier) (Gerreidae) (10)  
*Eucinostomus argenteus* Baird & Girard (Gerreidae) (10)  
*Diapterus auratus* Ranzani (Gerreidae) (10)  
*Gerres cinereus* (Walbaum) (Gerreidae) (10)  
*Conodon nobilis* (Haemulidae) (2)  
*Bairdiella chrysoura* (Lacepède) (Sciaenidae) (20)  
*Bairdiella ronchus* (Cuvier & Valenciennes) (Sciaenidae) (20)  
*Stellifer lanceolatus* (Holbrook) (Sciaenidae) (10)  
*Scinoscion nothus* (Holbrook) (Sciaenidae) (4)  
*Menticirrhus americanus* (Linnaeus) (Sciaenidae) (4)  
*Micropogonias undulatus* (Linnaeus) (Sciaenidae) (6)  
*Petenia splendida* (Cichlidae) (6)  
*Thalassoma lucasanum* (Labridae) (2)  
*Gobionellus hastatus* Girard (Gobiidae) (10)

Orden Pleuronectiformes

*Bothus robinsi* Jutare (Bothidae) (70)  
*Citharichthys spilopterus* Gunther (Paralichthyidae) (40)  
*Syacium papillosum* (Linnaeus) (Paralichthyidae) (5)  
*Achirus lineatus* (Linnaeus) (Achiridae) (20)  
*Trinectes maculatus* (Bloch & Schneider) (Achiridae) (20)  
*Gymnachirus texae* (Gunther) (Achiridae) (20)  
*Symphurus plagiusa* (Linnaeus) (Cynoglossidae) (20)  
*Symphurus civitatus* Ginsburg (Cynoglossidae) (5)

## RESULTADOS

### Relaciones topográficas del riñón

#### Cephalaspidomorphi

La cavidad visceral de la lamprea *Lampetra spadicea* es alargada, angosta (Fig. 1) y de sección ovalada. Está ocupada por el sistema urogenital y por el sistema digestivo. Este está constituido por el hígado y el intestino, sin formarse estómago.

En el adulto de *L. spadicea* los riñones son órganos alargados, fijados al techo de la cavidad visceral, correspondiendo el primer tercio al pronefros (Figura 2 a), y el resto al mesonefros (Fig. 2 b). Ventralmente al pronefros y entre los dos mesonefros se localizan las gónadas.

El mesonefros de *L. spadicea* está formado por dos riñones acintados. Cada mesonefros lleva en su borde inferior el conducto arquinéfrico. Ambos conductos arquinéfricos se continúan hacia atrás hasta conectarse a la papila urogenital, que sobresale ligeramente de la cloaca.

#### Chondrichthyes

La cavidad visceral de la raya mariposa *Gymnura micrura* es dorsoventralmente aplanada y tiene un aspecto ventral ovalado (Fig. 4). Está anteriormente delimitada por el septo transversal y la amplia barra coracoides de la cintura escapular; lateralmente está delimitada por los cartílagos metapterigios de las aletas pectorales; y posteriormente termina más atrás de la barra isquípública de la cintura pélvica.

El mayor volumen de la cavidad visceral lo ocupa el tracto digestivo con sus glándulas anexas, y en segundo término el sistema urogenital, el cual es de carácter pareado.

Los dos riñones se encuentran extraperitonealmente en el techo de la parte posterior de la cavidad visceral, a ambos lados de la columna vertebral (Fig. 5 c). Son aplanados, de forma triangular y de aspecto multilobular (Figs. 6, 7).

La superficie del borde interno está modificada principalmente por el paso de los oviductos en las hembras y de los conductos deferentes en los machos. Asimismo, el riñón derecho tiene la impresión del intestino espiral.

Los numerosos conductos urinarios parten de los lóbulos renales y finalmente se unen a un solo conducto urinario accesorio, ubicado en el borde medial del riñón (Figs. 6 c, 7 c).

Los dos conductos urinarios accesorios se continúan hacia atrás para alcanzar la cloaca, donde se abren en las hembras, en dos pequeñas papilas urinarias (Fig. 6 d), mientras que en los machos se abren mediante una sola abertura en el extremo de la papila urogenital (Fig. 7 d, e). Tanto las papilas urinarias como la urogenital se ubican en el techo de la cloaca.

#### Actinopterygii

En el ronco *Bairdiella chrysoura* la mayor parte de la cavidad visceral está ocupada por la vejiga natatoria (Fig. 8). Ventralmente a ésta se ubican el tracto digestivo de tipo carnívoro, el hígado, el bazo y las gónadas. Las gónadas se localizan ventral a la cámara posterior de la vejiga natatoria y dorsal al intestino. En los machos se desarrollan los llamados músculos sonoríferos (Fig. 8 a), que cubren gran parte de la cámara posterior de la vejiga natatoria.

Los riñones son extraperitoneales y están colocados desde la parte posteroventral del neurocráneo, discurriendo ventralmente a las vértebras precaudales, hasta el primer arco hemal y el primer pterigióforo anales.

La vejiga natatoria se encuentra dividida por una constricción o diafragma en una cámara posterior, grande y terminada en punta, y una cámara anterior, pequeña, dividida en dos lóbulos laterales (Figs. 8, 9, 10).

Ambos riñones, izquierdo y derecho se fusionan en gran parte de su longitud, dejando por delante los llamados lóbulos renales anteriores (Fig. 10 b).

La separación de ambos lóbulos renales es debida al paso de los músculos *retractores dorsales* de las branquias, que se originan en los huesos faringobranquiales y se insertan en las primeras vértebras (Fig. 9B a). La separación de los lóbulos es incrementada por una serie de modificaciones de las primeras cuatro vértebras y del hueso basioccipital, que sirven de anclaje de la vejiga natatoria (Fig. 10 b). La presencia de los dos lóbulos de la cámara anterior de la vejiga natatoria, imprime en el plano vertical una notable curva a ambos lóbulos renales anteriores.

La forma de los riñones también es afectada por los siguientes factores: la presencia de los músculos dorsales de las branquias (*levatores interni* y *levator posterior*) que imprimen algunas concavidades laterales al lóbulo renal (Fig. 9 a); la posición del ganglio del nervio vago y sus ramas; el paso de los músculos retractores dorsales de las branquias, que marcan a los lóbulos renales unas escotaduras amplias hacia adentro (Fig. 10); las primeras dos costillas epipleurales determinan pequeños lóbulos (Figs. 9 b, c, d); el ligamento de Baudelot (Fig. 9 a), que sujeta al cleitrum y que marca una escotadura en la porción más delgada de cada lóbulo renal; los procesos transversos de las vértebras 2 y 3, los bordes de la vértebra 4 y del canal hemal de la vértebra 5, determinan ciertas ondulaciones del riñón (Fig. 10 b).

El resto del riñón, el cual es el resultado de la fusión de los órganos izquierdo y derecho, adquiere la forma del espacio que proporcionan las vértebras precaudales y de la primera caudal. En los bordes del riñón se notan pequeñas escotaduras, correspondientes a los procesos transversos.

Los conductos arquinéfricos se ubican en ambos bordes del riñón y se desprenden del extremo posterior de éste, descienden diagonalmente rodeando a cada lado la cámara posterior de la vejiga natatoria, hasta unirse con la vejiga urinaria (Fig. 8 b).

La vejiga urinaria forma dos lóbulos anteriores sobre las gónadas (Fig. 56 c), de los cuales generalmente el derecho es más largo. Asimismo, la vejiga se extiende posteriormente en forma triangular.

En la hembra se forma el conducto urinario común a partir del piso de la vejiga urinaria (Fig. 56 k). Dicho conducto se abre al exterior mediante una papila urinaria, inmediatamente detrás del orificio genital. En el macho, un orificio en el piso de la vejiga urinaria comunica mediante una papila al conducto urogenital (Fig. 56 l), que a su vez se abre al exterior por la papila urogenital.

La entrada de la vena caudal al riñón se hace al nivel de la última vértebra precaudal. Las venas cardinales posteriores izquierda y derecha recorren hacia delante los correspondientes lóbulos renales, y se unen con las venas cardinales anteriores en la parte inferior de cada lóbulo, formando las venas cardinales comunes izquierda y derecha. Estas a su vez se unen al seno venoso del corazón. La vena cardinal posterior derecha se observa más desarrollada (Fig. 10 b).

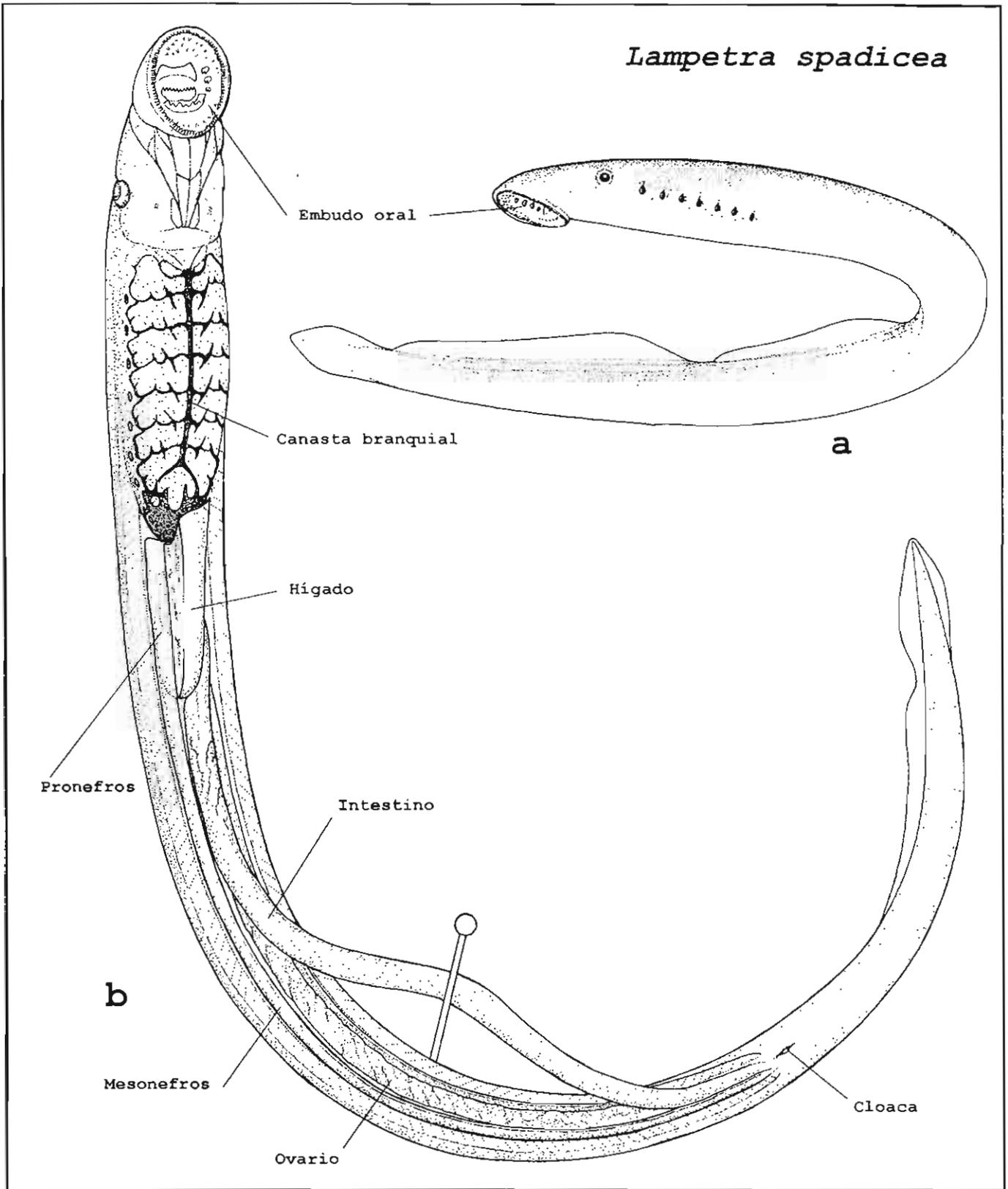


Figura 1. Organografía de la cavidad visceral de *Lampetra spadicea* (Petromyzontidae).

*Lampetra spadicea*

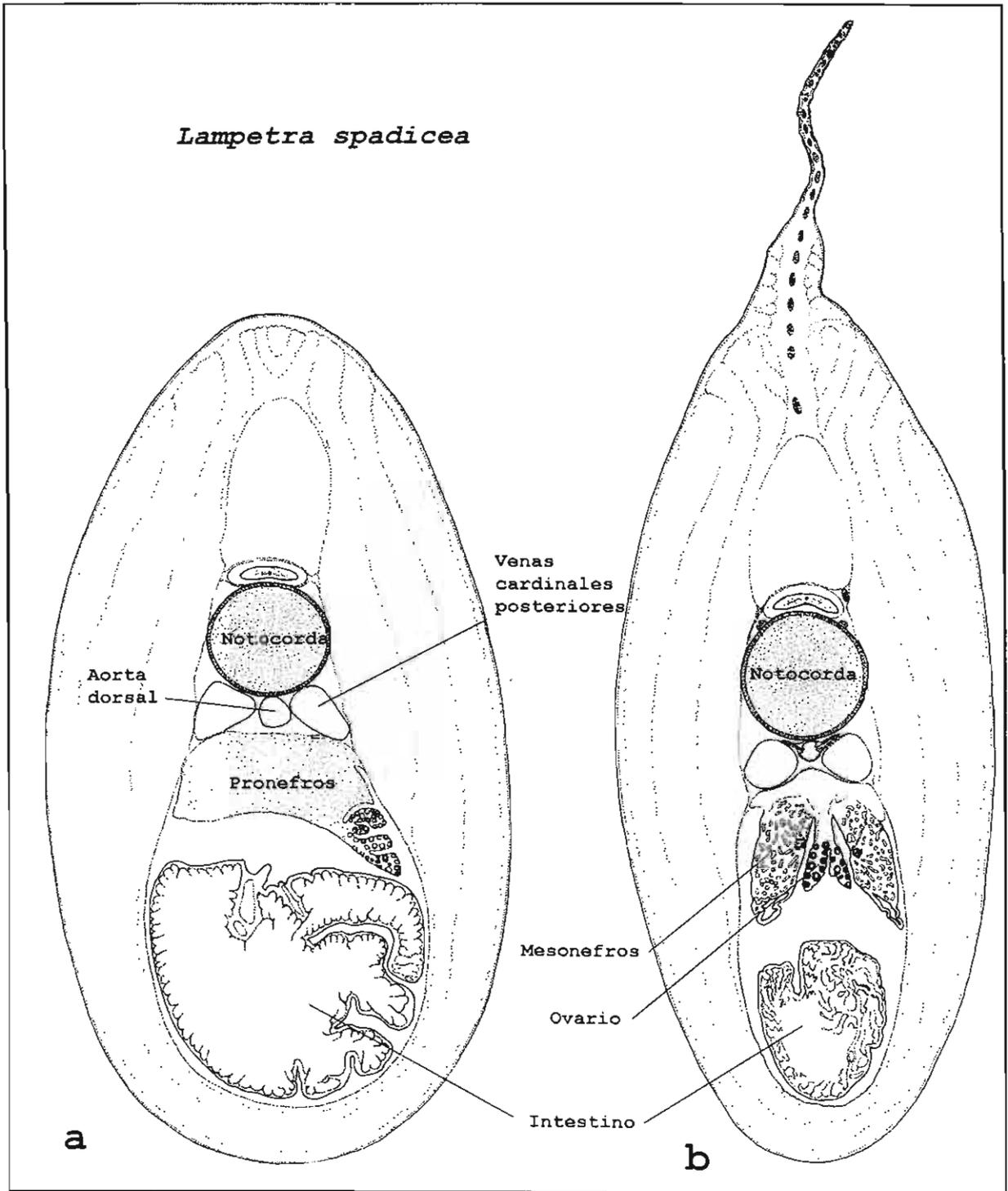


Figura 2. Cortes transversales de *Lampetra spadicea* (Petromyzontidae). a) Al nivel del pronefros. b) Al nivel del mesonefros.

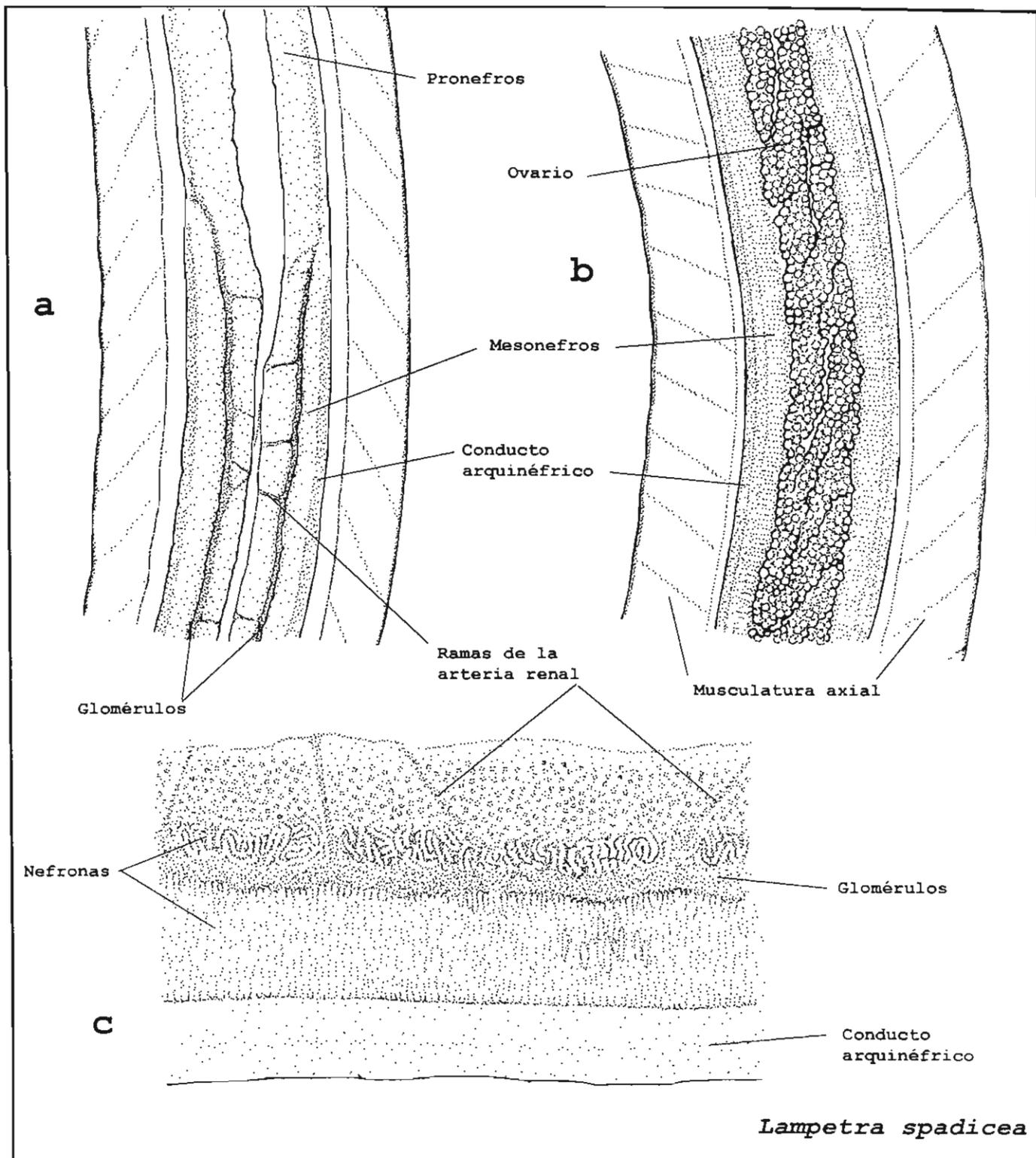


Figura 3. Riñones de *Lampetra spadicea* (Petromyzontidae).  
 a) Vista ventral de la transición entre pronefros y mesonefros.  
 b) Vista ventral del mesonefros y el ovario.  
 c) Vista lateral interna del mesonefros.

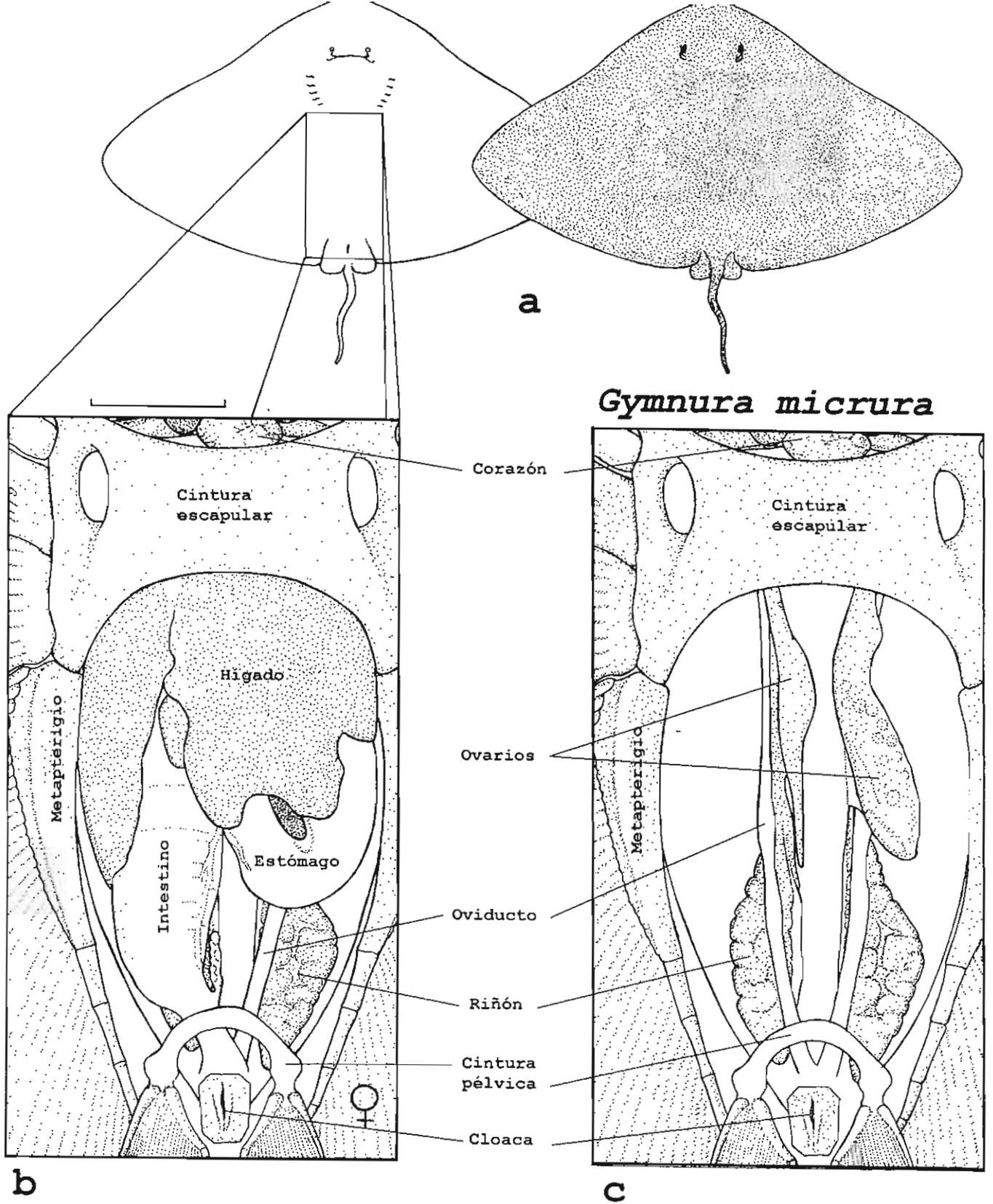


Figura 4. Organografía de la cavidad visceral de *Gymnura micrura* (Gymnuridae). a) Vista ventral y dorsal del cuerpo. b) Vista ventral de la cavidad visceral. c) Aspecto del sistema urogenital.

*Gymnura micrura*

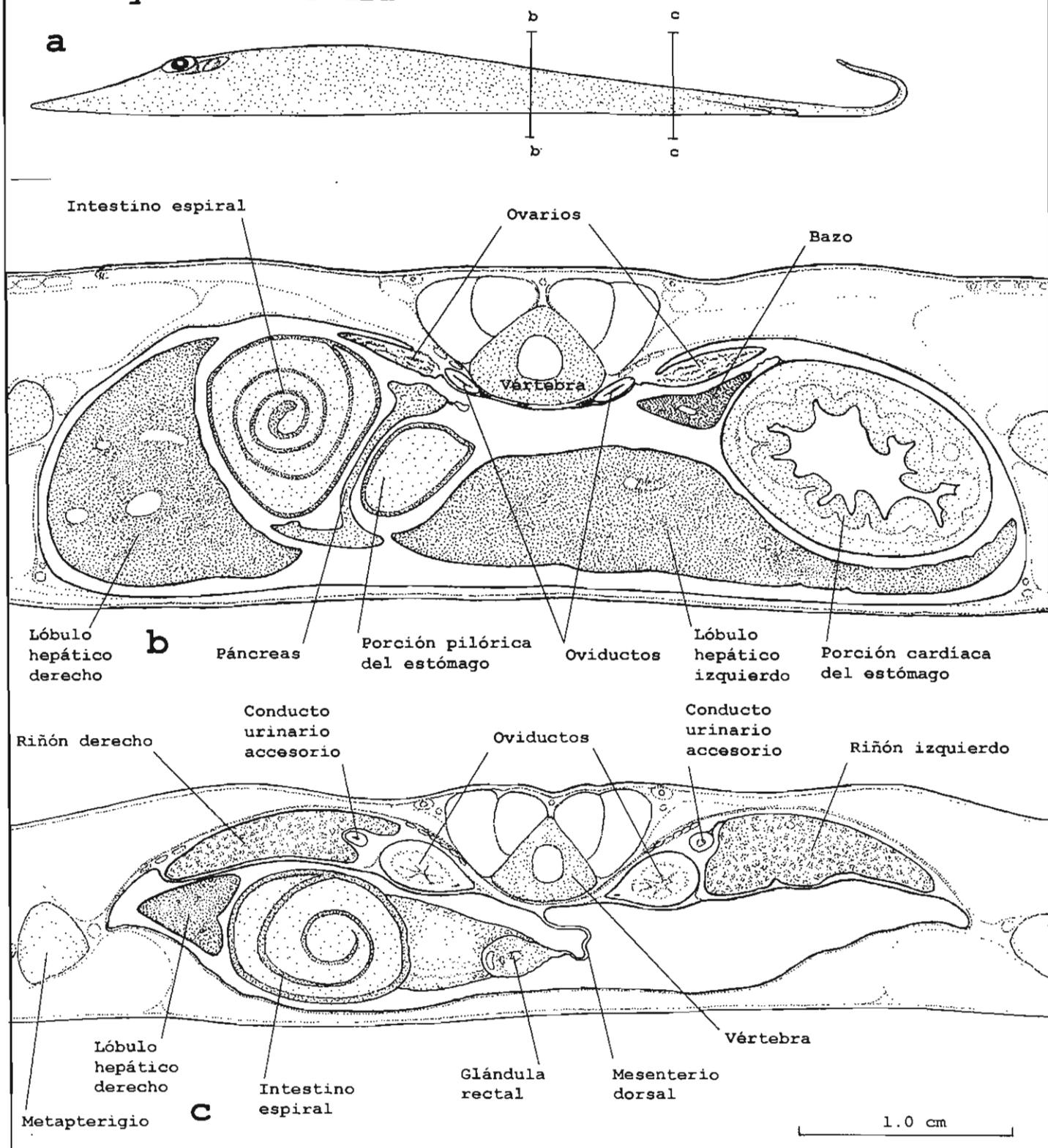


Figura 5. Organografía de la cavidad visceral de *Gymnura Micrura* (Gymnuridae). a) Localización de los cortes transversales: b) Sección b-b. c) Sección c-c.

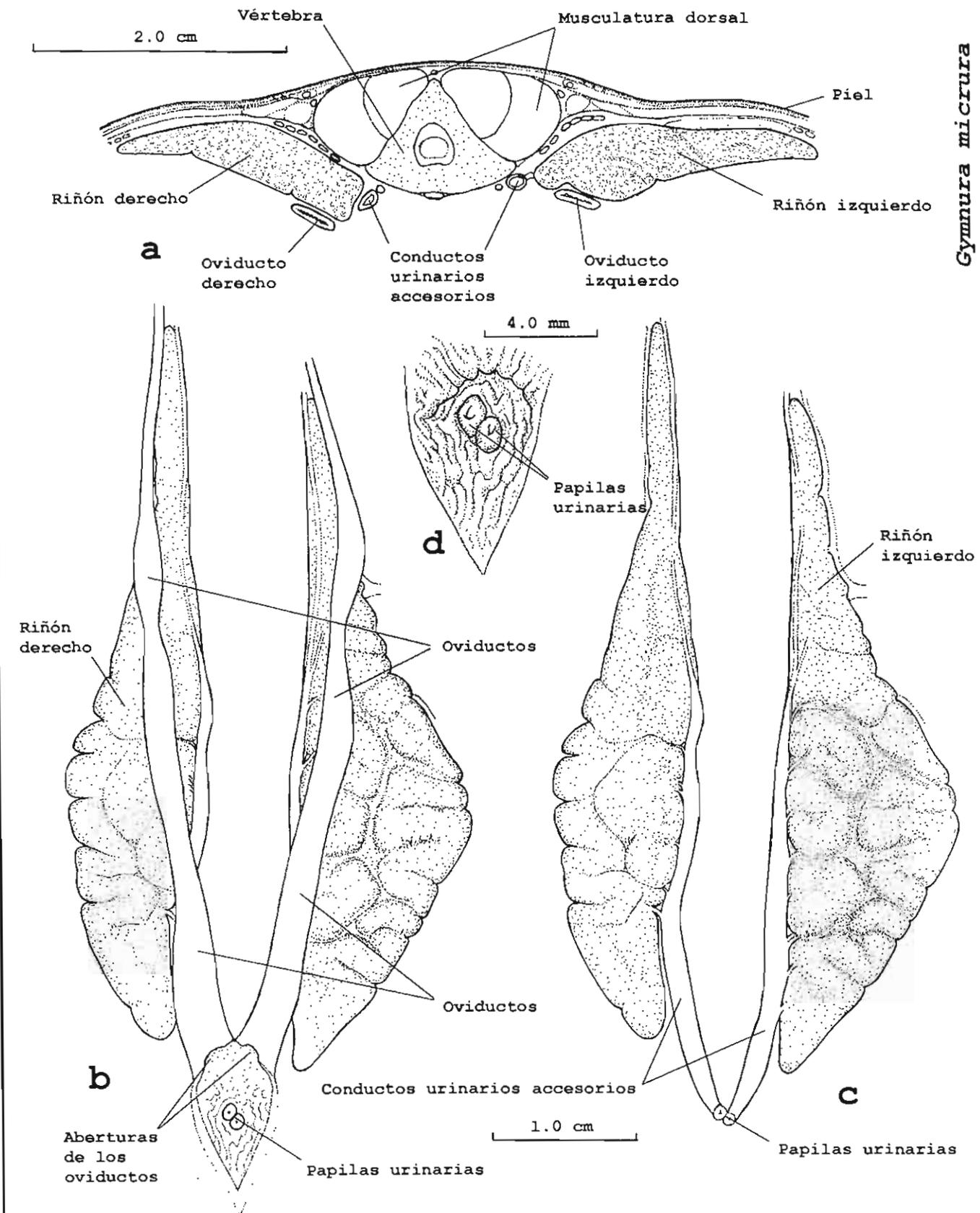


Figura 6. Morfología de los riñones de la hembra de *Gymnura micrura* (Gymnuridae). a) Corte transversal de parte del techo de la cavidad visceral. b) Vista ventral de los riñones y oviductos. c) Vista ventral de los riñones. d) Techo de la cloaca.

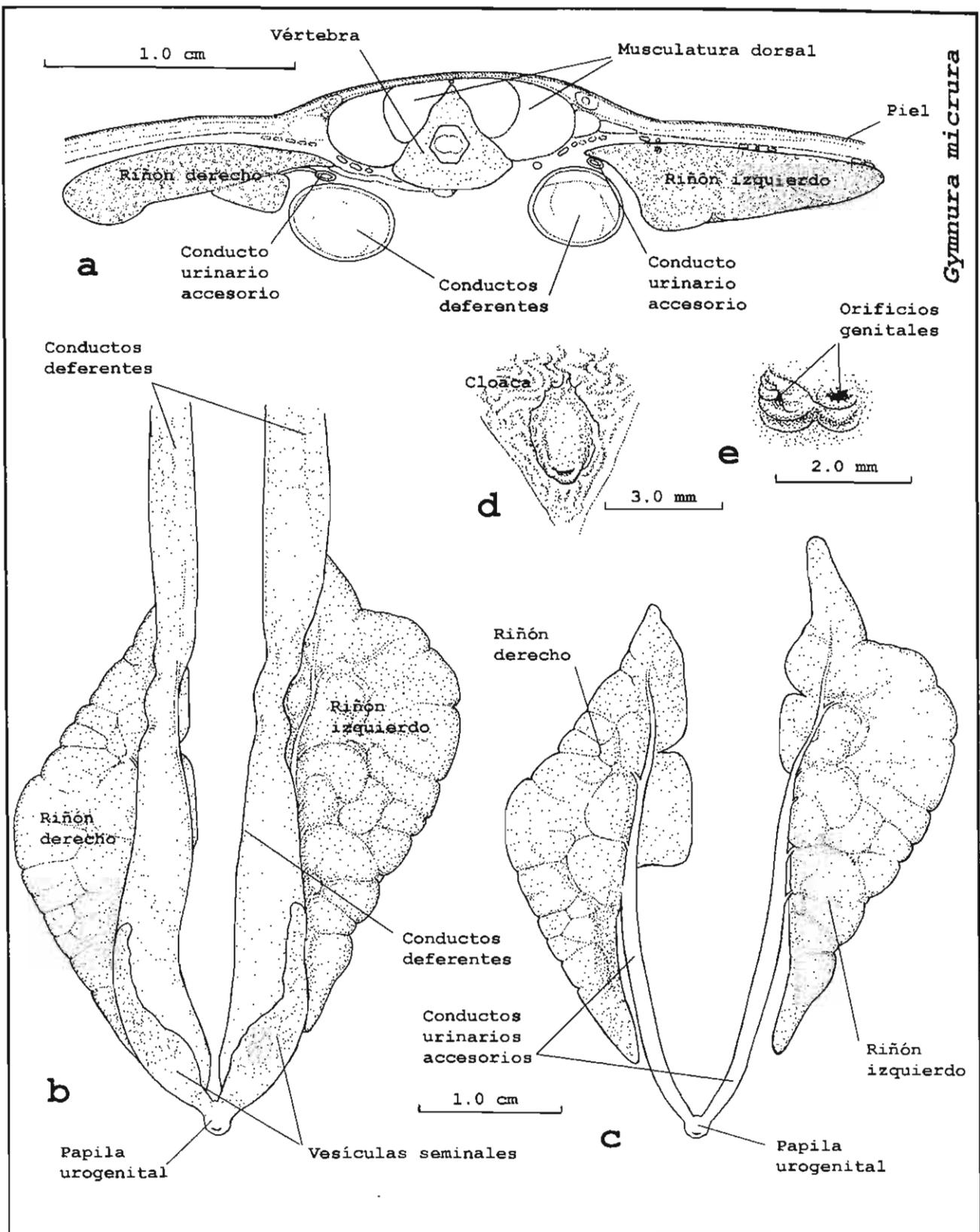


Figura 7. Morfología de los riñones del macho de *Gymnura Micrura* (Gymnuridae). a) Corte transversal de parte del techo de la cavidad visceral. b) Vista ventral de los riñones y conductos deferentes. c) Vista ventral de los riñones. d) Techo de la cloaca.

*Bairdiella chrysoura*

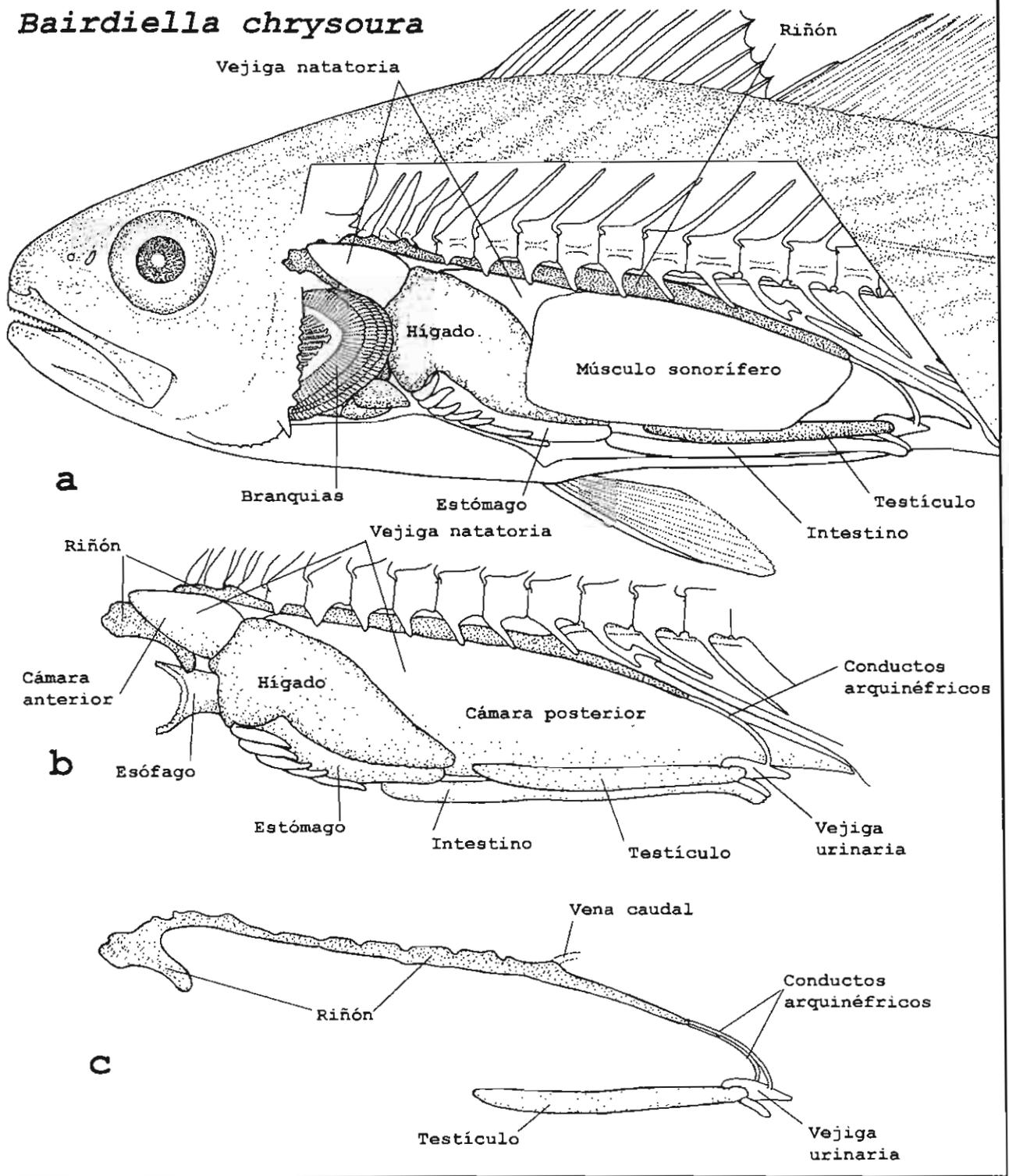


Figura 8. Organografía de la cavidad visceral del macho de *Bairdiella chrysoura* (Sciaenidae). a) Organografía de la cavidad visceral en vista lateral. b) Aspecto de los órganos al retirar el músculo sonorífero. c) Sistema urogenital.



*Levatores anteriores Levator posterior Retractores dorsales*

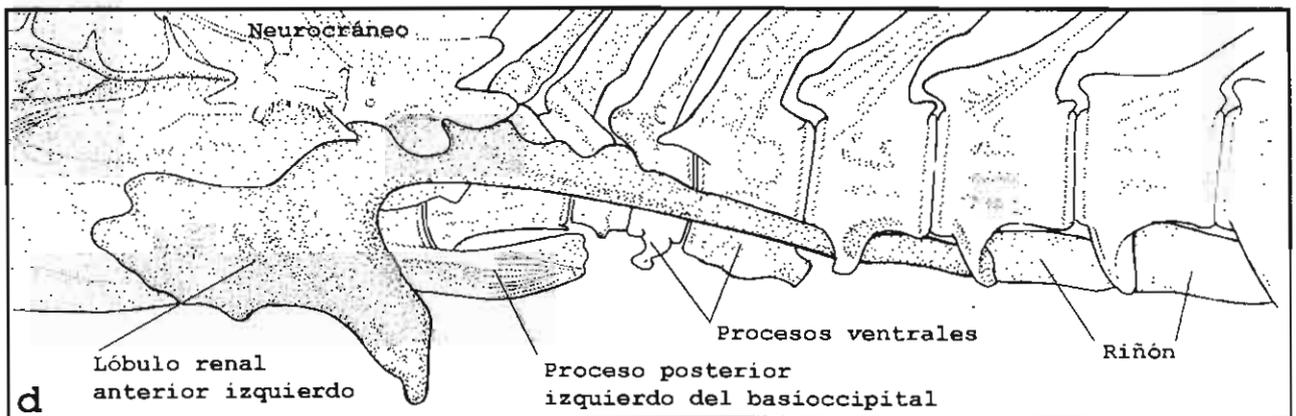
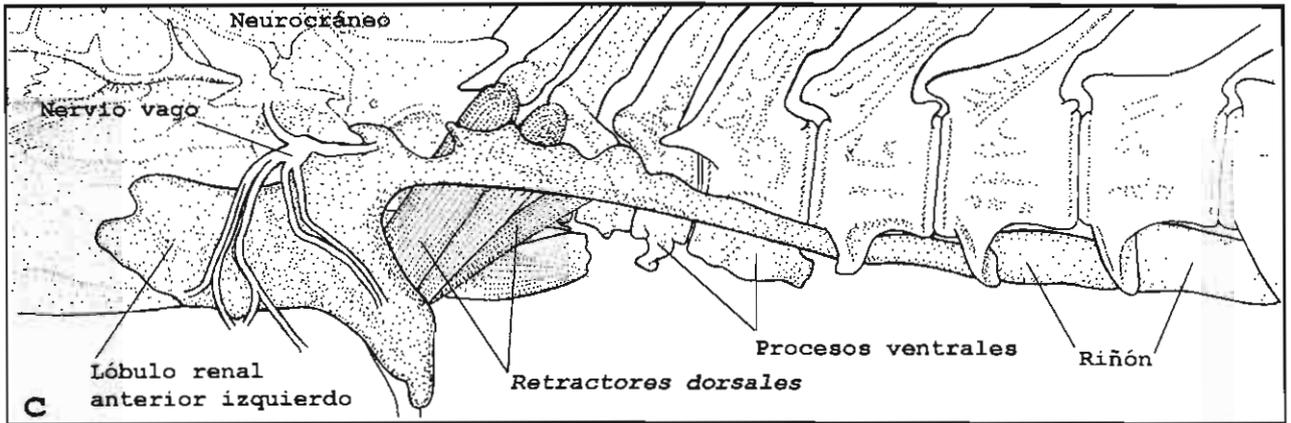


Figura 9. Relaciones topográficas de la parte anterior del riñón de *Bairdiella chrysoura* (Sciaenidae). a) Aspecto al retirar la pared del cuerpo. b) Aspecto al retirar los músculos dorsales de las branquias. c) Aspecto al retirar la vejiga natatoria. d) Aspecto al retirar los músculos retractores dorsales y el vago.

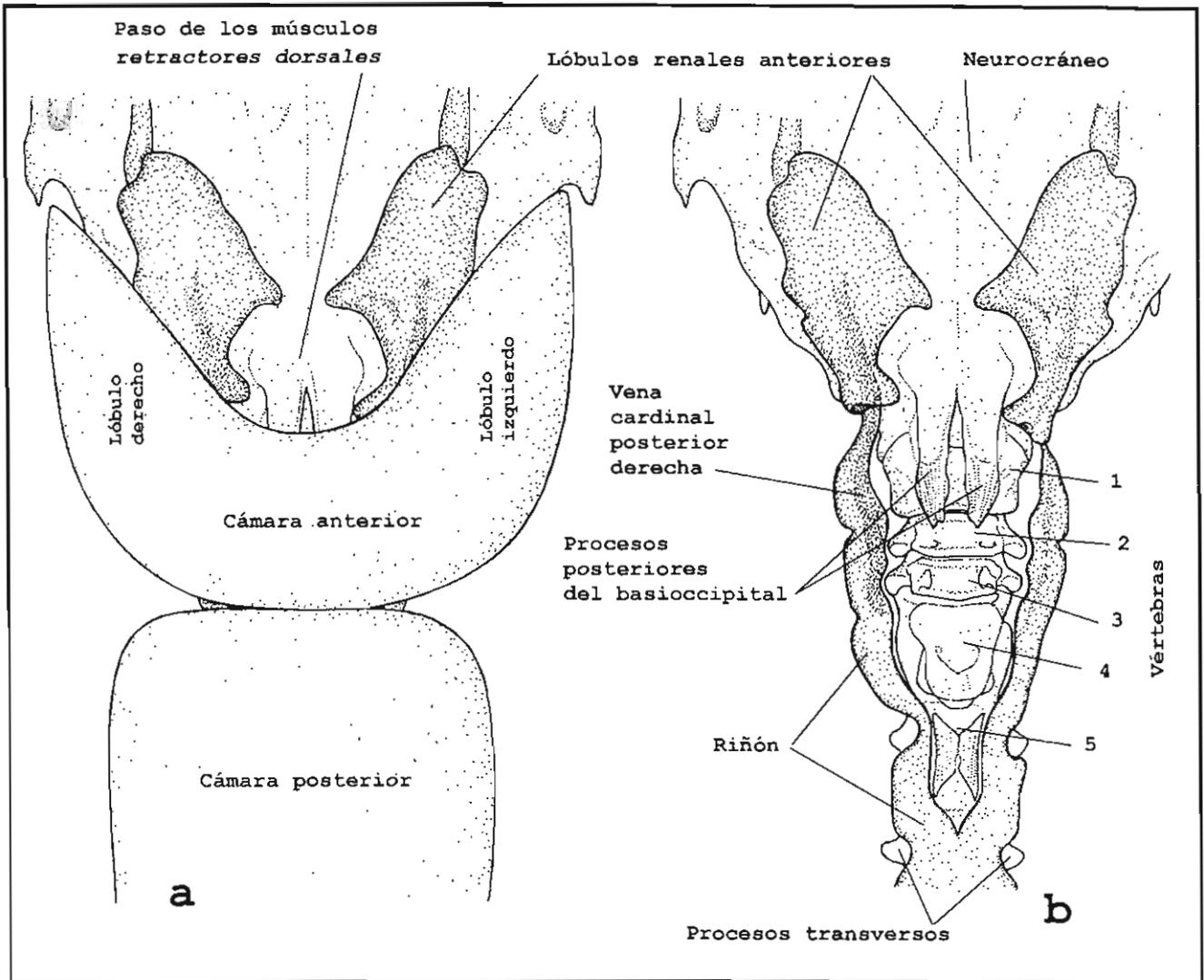


Figura 10. Relaciones topográficas del riñón y la vejiga natatoria de *Bairdiella chrysoura* (Sciaenidae). a) Vista ventral de la parte anterior de la vejiga natatoria, los lóbulos renales y la región basal del neurocráneo. b) Aspecto al retirar la vejiga natatoria.

## **Diversidad morfológica de los riñones**

### **PRONEFROS**

El adulto de la lamprea *Lampetra spadicea* conserva el riñón pronéfrico, localizado en el primer tercio del techo de la cavidad visceral (Fig. 1). Es un solo cuerpo de tejido linfoide, que no presenta conductos (Fig. 2 a). Se continúa hacia atrás con los riñones mesonéfricos (Fig. 3 a).

### **MESONEFROS**

El resto de las especies de peces, tanto condríctios como osteíctios exclusivamente presentan riñones mesonéfricos, cuya diversidad morfológica se describe a continuación.

### **Multilobulados**

En las rayas *Urotrygon chilensis*, *Dasyatis sabina*, *Raja texana*, *Narcine brasiliensis* y *Gymnura micrura* los dos riñones se encuentran en el techo de la parte posterior de la cavidad visceral, a ambos lados de la columna vertebral. Son aplanados y de forma triangular. Su aspecto es multilobular (Fig. 13 b), con excepción de los de *Raja texana*, en la cual son de aspecto uniforme o liso (Fig. 13 a).

### **Riñones separados**

El riñón izquierdo se encuentra completamente separado del riñón derecho en todas las especies examinadas de Petromyzontiformes (Figs. 2 b, 3) y de Rajiformes, así como también en algunas especies de Teleostei como *Diodon hystrix* (Diodontidae) (Fig. 14), *Gambusia regani* (Poeciliidae) y *Ogcocephalus radiatus* (Ogcocephalidae).

En *G. regani* están colocados encima y a los lados del esófago. Del extremo posterior de cada riñón parte un conducto arquinéfrico que ventralmente recorre las vértebras precaudales y descienden hasta alcanzar la vejiga urinaria. En el macho los conductos arquinéfricos, descienden adosados al ligamento suspensorio y al complejo gonactinostal.

En *O. radiatus* los riñones están colocados en una posición notablemente anterior, a los lados de los músculos retractores dorsales de las branquias, que a su vez están a los lados de la columna vertebral. Los conductos

arquinéfricos corren a los lados de la columna vertebral hasta unirse con una amplia vejiga urinaria.

En *D. hystrix* (Fig. 14) los riñones son notablemente planos y están colocados a los lados de la columna vertebral. Cada riñón tiene la superficie ventral cóncava, la cual coincide con la superficie convexa de la pared del cuerpo y de un lóbulo anterior de la vejiga natatoria. Entre los lóbulos anteriores de la vejiga natatoria pasan los músculos retractores dorsales de las branquias. Cada conducto arquinéfrico parte de cerca del extremo posterior del riñón. Ambos conductos arquinéfricos pasan ventralmente a la musculatura caudal modificada, se encuentran en su parte posterior y se unen sin comunicar sus lumina, hasta llegar a la vejiga urinaria.

#### **Riñones totalmente fusionados**

En los Squaliformes los riñones son alargados y se encuentran ampliamente fusionados entre sí, como en *Carcharhinus longimanus* (Fig. 11) y *Carcharhinus* sp. (Fig. 12). Incluidas en su tejido se encuentran las venas portarrenales (Fig. 11 b) y las venas cardinales posteriores (Figs. 11 a, 12 a).

Ambos riñones se fusionan entre sí en toda su longitud en los peces pipa, *Syngnthus scovelli* (Fig. 38 b), en los cuales la mayor masa renal se encuentra del lado derecho de la columna vertebral y contiene a la vena cardinal posterior derecha. La porción izquierda forma un surco en toda su longitud, en el cual se ubica la aorta dorsal.

En las especies de la familia Characidae, *Astyanax fasciatus* (Figs. 15, 16), *Bramocharax dorioni*, *Collosoma* sp., y *Brycon guatemalensis* ambos riñones se encuentran totalmente fusionados entre sí. Sin embargo, forman lóbulos renales laterales, que hacen contacto con el seno venoso del corazón (Figs. 15 a, 16 b) y desarrollan un lóbulo medio o "lóbulo cefálico" hacia delante por debajo del neurocráneo (Figs. 15, 16).

### **Riñones ampliamente fusionados y discontinuos**

En *Goodea atripinnis* (Fig. 17) la mayor masa del riñón constituye los lóbulos renales, separados entre sí por los músculos retractores dorsales. La aorta dorsal atraviesa la porción media del riñón y se coloca en el lado izquierdo de los centros vertebrales. Cada lóbulo renal tiene una punta orientada hacia atrás.

### **Riñones fusionados en sus dos últimos tercios**

Ambos riñones se fusionan entre sí en sus dos últimos tercios o más, quedando el resto formando los lóbulos renales anteriores, separados por los músculos retractores dorsales de las branquias (Fig. 10). Esta situación morfológica se encuentra en las siguientes especies examinadas:

*Centropomus undecimalis* (Centropomidae)  
*Micropterus salmoides* (Centrarchidae)  
*Lutjanus griseus* (Lutjanidae)  
*Eugerres plumieri* (Gerreidae)  
*Eucinostomus argenteus* (Gerreidae)  
*Diapterus auratus* (Gerreidae)  
*Gerres cinereus* (Gerreidae)  
*Conodon nobilis* (Haemulidae)  
*Bairdiella chrysoura* (Sciaenidae)  
*Bairdiella ronchus* (Sciaenidae)  
*Stellifer lanceolatus* (Sciaenidae)  
*Scinoscion nothus* (Sciaenidae)  
*Menticirrhus americanus* (Sciaenidae)  
*Micropogonias undulatus* (Sciaenidae)  
*Petenia splendida* (Cichlidae)  
*Thalassoma lucasanum* (Labridae)  
*Gobionellus hastatus* (Gobiidae)

Estos músculos generalmente se insertan en las primeras tres vértebras como en *Lutjanus giseus* (Lutjanidae), *Achirus lineatus*, *Trinectes maculatus*, *Gymnachirus texae* (Achiridae), *Citharichthys spilopterus* (Paralichthyidae) y *Bothus robinsi* (Bothidae). En *Bairdiella ronchus*, *Bairdiella chrysoura* y *Stellifer lanceolatus*, dichos músculos se insertan además en el extremo proximal de las tres primeras costillas epipleurales.

### **Riñones fusionados en el último tercio**

En el peje sapo *Opsanus beta* (Batrachoididae) los riñones se inician a ambos lados del basioccipital y se extienden por las primeras siete vértebras. La amplia separación de los riñones en esta especie se debe a los músculos

*retractores dorsales* de las branquias y a su tendón, que se inserta en numerosas vértebras precaudales (Fig. 18 b). Dichos músculos ventralmente cubren las tres primeras vértebras, mientras que el tendón se inserta en las vértebras 4 a 8. Ambos riñones se fusionan entre sí desde el primer puente hemal (vértebra 8).

En la lisa *Mugil cephalus* y la lebrancha *Mugil curema* (Mugilidae) la separación de los lóbulos renales anteriores es producida tanto por los músculos *retractores dorsales* de las branquias como por el anclaje de la vejiga natatoria a las seis primeras vértebras precaudales (Fig. 19 c). En estas especies los retractores de las branquias solo se insertan en los costados de las primeras vértebras, mientras que la vejiga natatoria se fija a la parte ventral de los primeros seis cuerpos vertebrales.

En la anguila *Ophichthus gomesi* (Ophichthidae) (Fig. 20) el riñón es notablemente largo. Sus primeros dos tercios están separados entre sí y son delgados, mientras que la porción posterior al ano resulta de la fusión del riñón izquierdo con el derecho. En este último tercio son visibles los dos conductos arquinéfricos, los cuales mediante conductillos se unen a un conducto urinario común, el cual se orienta hacia delante hasta la papila urinaria, cerca del ano.

#### **Riñones con un lóbulo renal cefálico**

En las especies de la familia Characidae, *Astyanax fasciatus* (Figs. 15, 16), *Bramocharax dorioni*, *Collosoma* sp., y *Brycon guatemalensis* ambos riñones se encuentran totalmente fusionados entre sí. Sin embargo, forman lóbulos renales laterales, que hacen contacto con el seno venoso del corazón y además desarrollan un lóbulo medio hacia delante (lóbulo cefálico) por debajo del neurocráneo. Dicho lóbulo cefálico está constreñido por las arterias branquiales eferentes 3 y 4, que se unen en una raíz en cada lado (Fig. 15 b).

#### **Riñones con lóbulos renales intermedios**

En las especies de Cyprinidae con vejiga natatoria formada por dos cámaras, como *Notropis boucardi*, *Cyprinus carpio* y *Megalobrama amblycephala* (Fig. 21), la masa renal llena el espacio dorsal entre ambas cámaras. Así, queda formado en cada lado del riñón un lóbulo renal intermedio.

#### **Riñón con lóbulo renal posterior**

En la lacha *Brevoortia patronus* (Clupeidae) los riñones están ampliamente fusionados entre sí, aunque forman

lóbulos renales anteriores, los cuales están separados por la vejiga natatoria (Fig. 22 a). Posteriormente el riñón se extiende tanto por la parte anterior de las dos primeras espinas hemales, como por dentro de los tres primeros arcos hemales. Esta última parte tiene el aspecto de un lóbulo posterior.

En el góbido *Gobionellus hastatus* (Gobiidae) el riñón se extiende hasta el arco hemal de la primera vértebra caudal con el aspecto de un "lóbulo posterior" (Fig. 22 b).

En los lenguados de la familia Achiridae (*Achirus lineatus* (Fig. 24), *Trinectes maculatus* y *Gymnachirus texae*) ambos riñones se encuentran fusionados entre sí, con excepción de su extremo anterior donde se forman dos lóbulos renales anteriores, separados por los músculos *retractores dorsales* de las branquias. Estos lóbulos hacen contacto con los huesos cleitra de la cintura escapular y con el seno venoso del corazón.

El borde dorsal del riñón de estas especies tiene un aspecto escalonado, debido a la impresión impuesta por los procesos hemales de las vértebras precaudales. Estando ausente la vejiga natatoria, la superficie ventral del riñón hace contacto con el estómago.

El extremo posteroinferior del riñón se orienta hacia atrás, de manera extraperitoneal por el lado izquierdo o ciego del pez, formándose un lóbulo renal posterior, que proporciona el carácter asimétrico a este órgano (Fig. 23 b, c).

#### **Riñón con escotadura lateral**

En los lenguados de la familia Cynoglossidae, como *Symphurus plagiusa* (Fig. 24) y *Symphurus civitatus*, el riñón es triangular en su aspecto lateral. Forma dos lóbulos laterales, que están separados por los *retractores dorsales*, y que hacen contacto tanto con el seno venoso del corazón, como con los cleitra. Inmediatamente detrás del lóbulo lateral izquierdo se encuentra una discontinuidad o escotadura del riñón, ocupada por una fascia especial que sostiene al estómago desde algunas espinas hemales de vértebras precaudales Fig. 24 b, d).

#### **Riñón anterior + riñón posterior**

Los riñones en las familias de bagres Ictaluridae, Pimelodidae y Ariidae están divididos en un riñón anterior y un riñón posterior. El riñón anterior es relativamente

reducido y está restringido al espacio entre la vejiga natatoria y la base del neurocráneo, en posición ventral al hueso posttemporo-supracleitrum y la parapófisis anterior del complejo vertebral (Fig. 25 b, c).

El riñón anterior de Ictaluridae muestra una marcada escotadura posterior, para el paso de la arteria celiaca (Figs. 25 b, c), la cual se desprende de la aorta dorsal. En Ariidae, la arteria celiaca atraviesa al riñón anterior, mediante un canal (Fig. 27 a, b).

El riñón posterior es de forma triangular en las especies de Ariidae (Fig. 27), Pimelodidae (Fig. 49 b) y en *I. punctatus* (Fig. 28).

En *I. balsanus* el riñón posterior es discontinuo y no está en contacto con las vértebras (Fig. 25); su extremo anterior es cóncavo y forma un puente ventral al nivel de la constricción de las cámaras anterior y posterior de la vejiga natatoria. Desde este punto se continúa hacia atrás, bordeando la cámara posterior de la vejiga natatoria hasta fusionarse las partes derecha e izquierda en su extremo posterior. La porción derecha de este riñón se extiende ampliamente por la parte dorsolateral de la cámara posterior, proporcionando el carácter asimétrico al riñón posterior (Fig. 25 c).

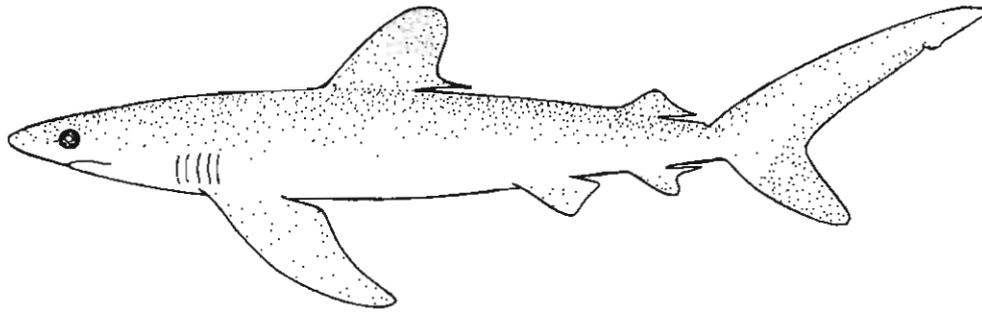
Bajo el extremo posterior del riñón posterior en las tres familias se observan los conductos arquinéfricos izquierdo y derecho (Figs. 25, 27, 28), los cuales se unen posteriormente entre sí, para formar el corto conducto urinario común. Este conducto se une a la vejiga urinaria, la cual es alargada en los ictalúridos, y está orientada hacia delante; su anchura disminuye hacia atrás hasta transformarse en un conducto que se abre al exterior mediante la papila urinaria. En los áridos, la vejiga urinaria es un ensanchamiento del mismo conducto urinario común (Fig. 27 b).

En las tres familias, la vena caudal se orienta hacia abajo, para penetrar dorsalmente al riñón posterior, y se continúa por la porción derecha del órgano, resultando en la vena cardinal posterior derecha, la cual recibe algunas ramas de este órgano. La vena cardinal posterior derecha abandona hacia delante al riñón posterior, pasando por el costado derecho de la columna vertebral y de la aorta dorsal (Fig. 25 b, 27 b). No se reconoce en este tramo la vena cardinal posterior izquierda.

Después de un recorrido libre la vena cardinal posterior derecha, penetra el surco lateral derecho del complejo

vertebral del aparato de Weber (Fig. 26 b, c) en Ictaluridae y el conducto lateral derecho en Ariidae del complejo vertebral (Fig. 27 c), hasta alcanzar al riñón anterior.

Desde el riñón anterior parten hacia el seno venoso del corazón las venas cardinales derecha e izquierda, siendo notablemente más gruesa la vena derecha.



*Carcharhinus longimanus*

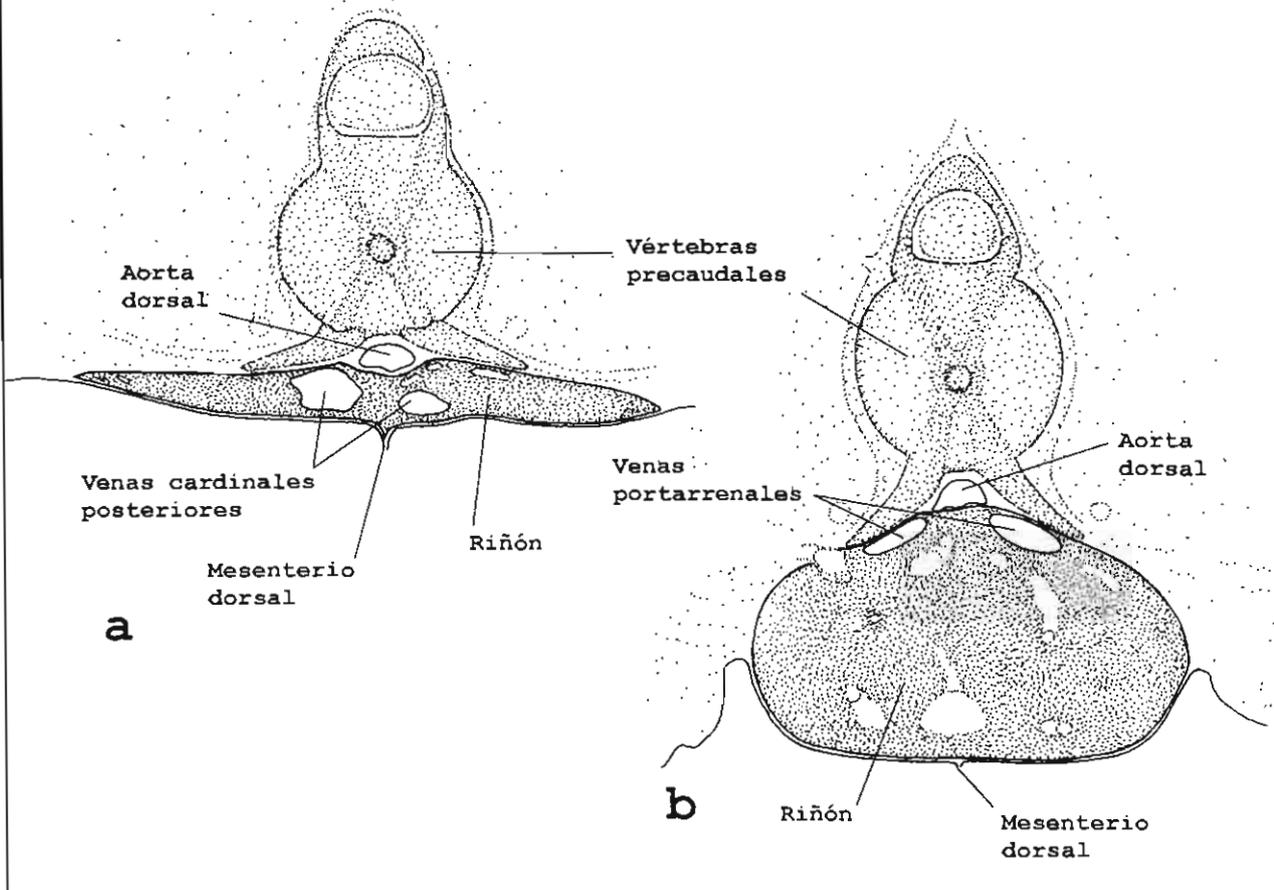


Figura 11. Riñón de *Carcharhinus longimanus* (Carcharhinidae). a) Corte transversal al nivel anterior. b) Corte transversal al nivel posterior.

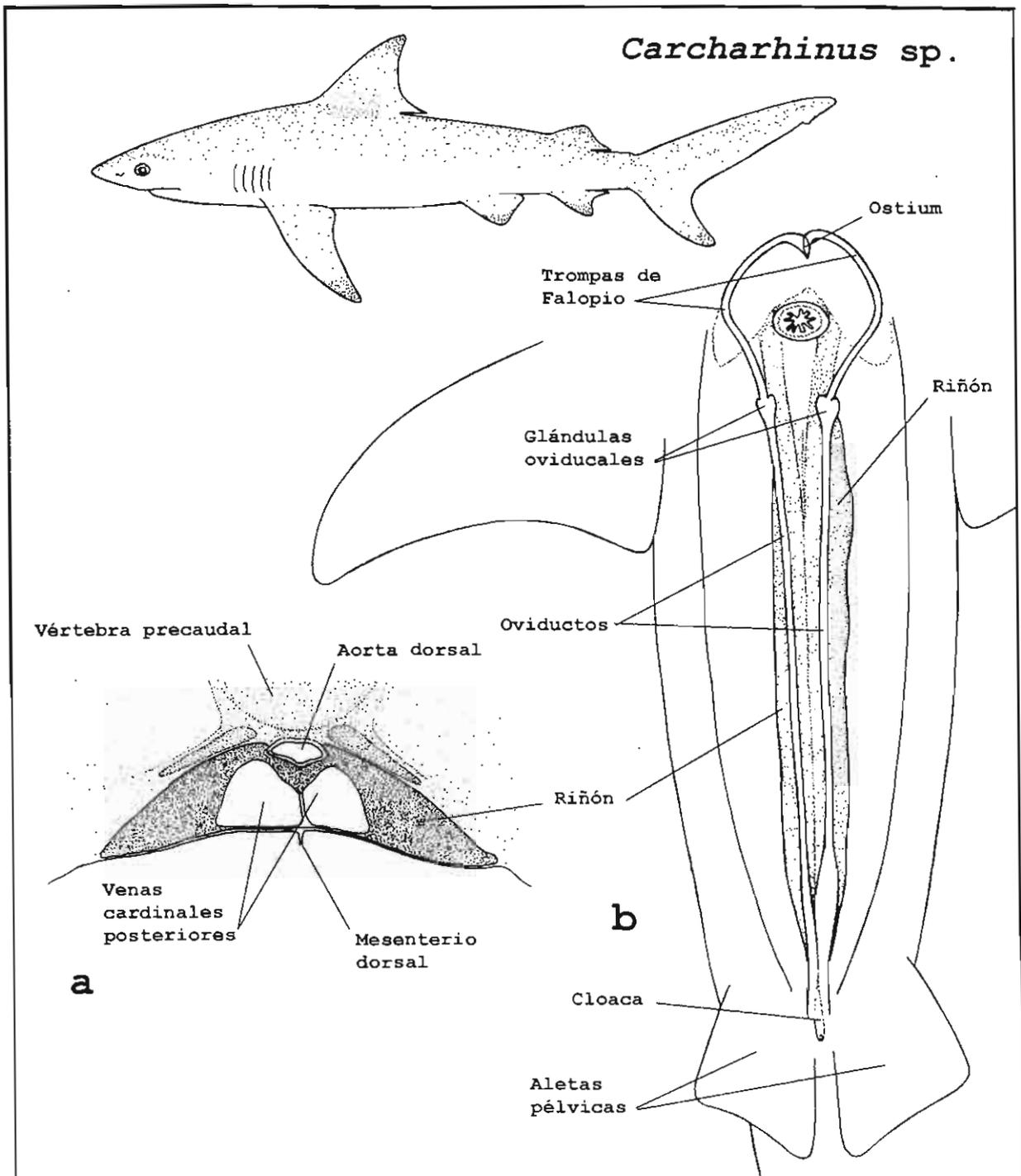
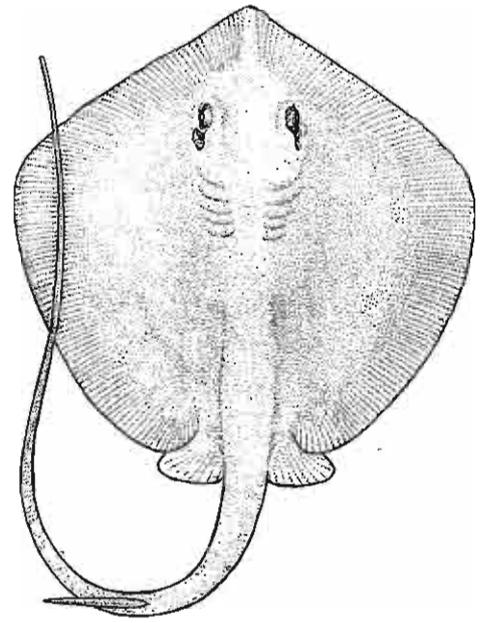
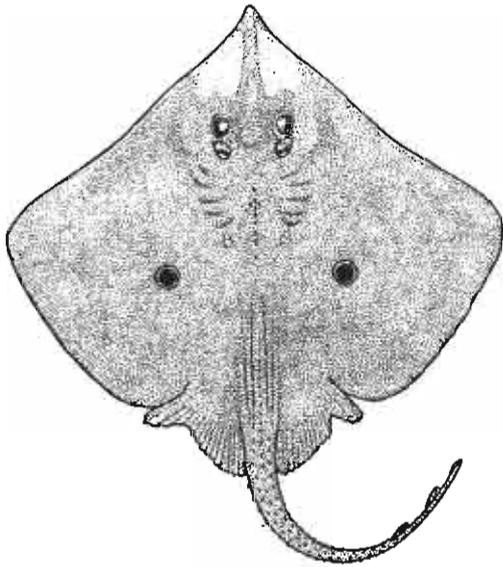
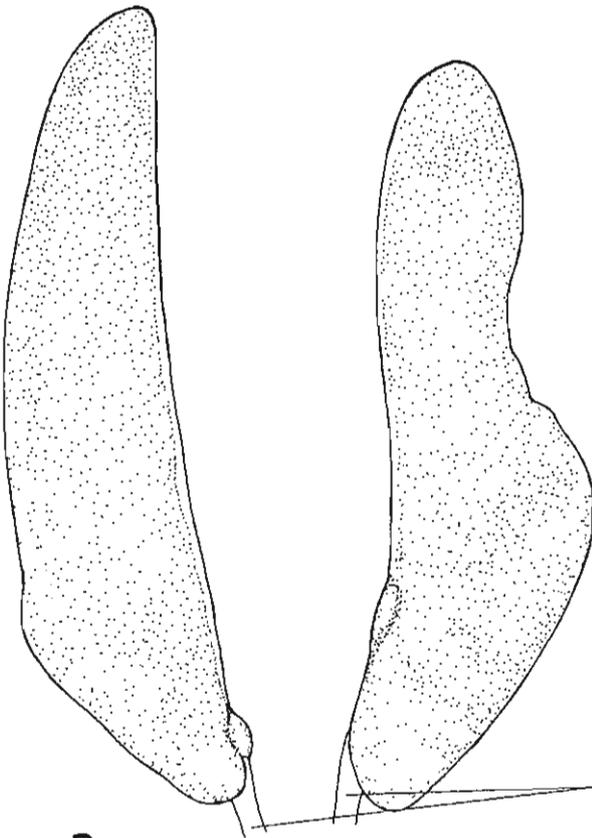


Figura 12. Riñón de *Carcharhinus* sp. (Carcharhinidae). a) Aspecto ventral de los oviductos y el riñón. b) Corte transversal del riñón en un nivel anterior.



*Raja texana*

*Dasyatis sabina*



Lóbulos  
renales

Conductos  
urinarios  
accesorios

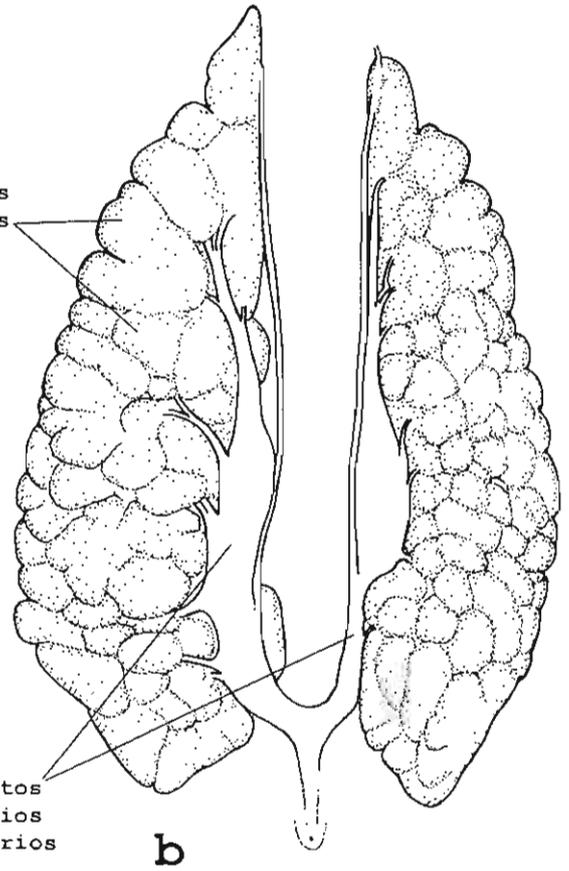


Figura 13. Riñones de Rajiformes. a) Vista ventral de los riñones de *Raja texana* (Rajidae). b) Vista ventral de los riñones de *Dasyatis sabina* (Dasyatidae).

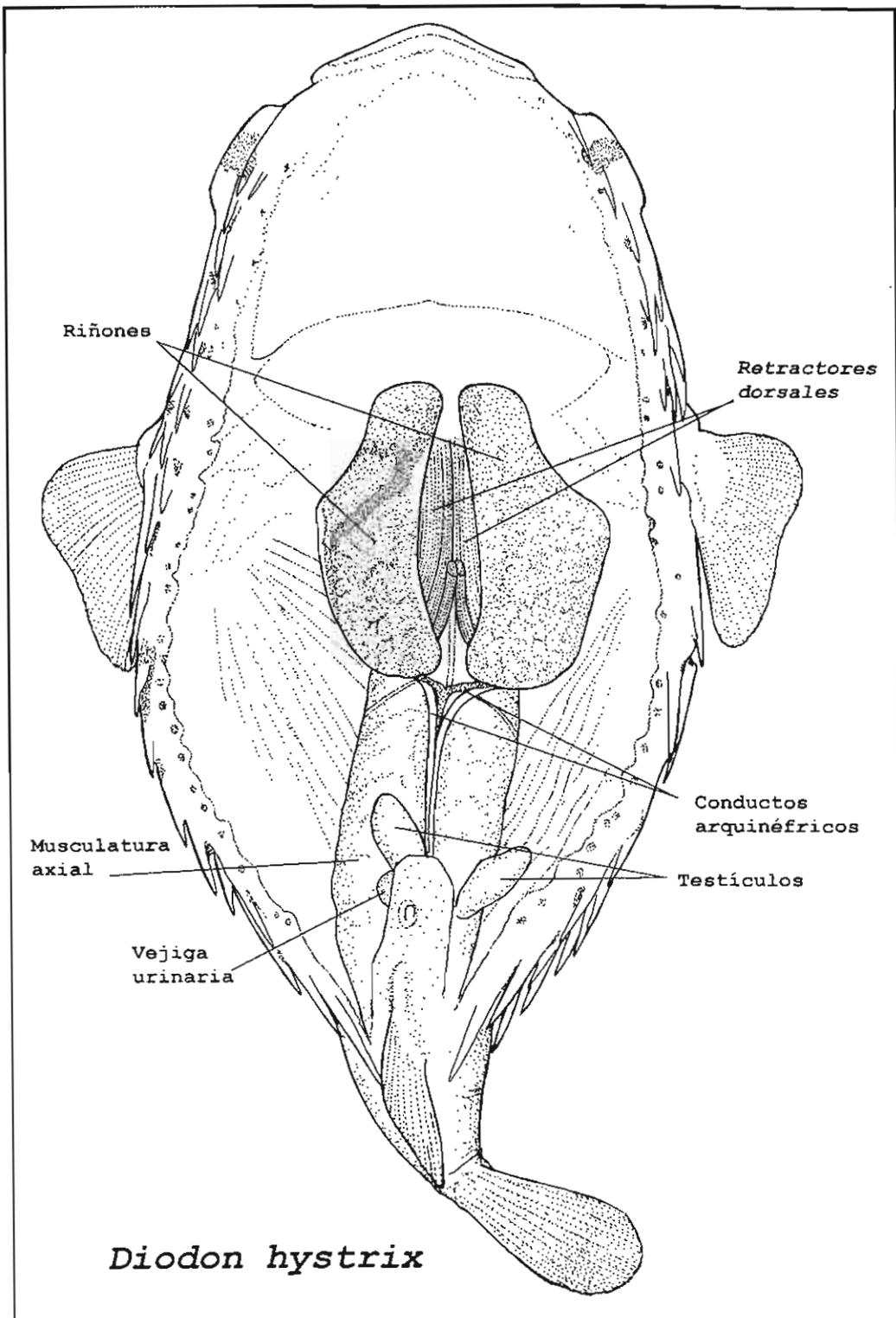


Figura 14. Riñones de *Diodon hystrix* (Diodontidae). Vista ventral.

# *Astyanax fasciatus*

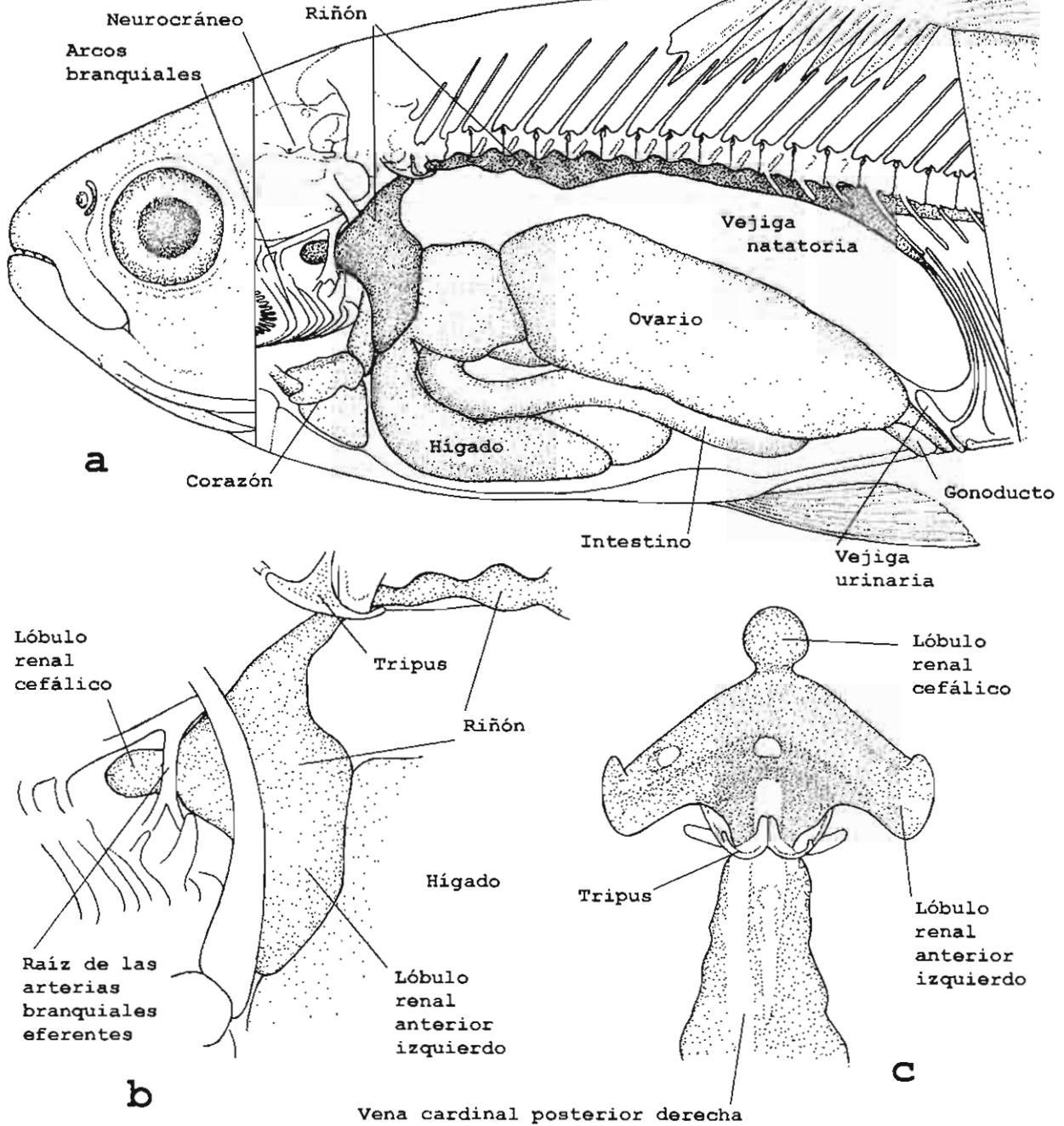


Figura 15. Riñón de *Astyanax fasciatus* (Characidae). a) Vista lateral de la cavidad visceral. b) Vista lateral de la parte anterior del riñón. c) Vista ventral de la parte anterior del riñón.

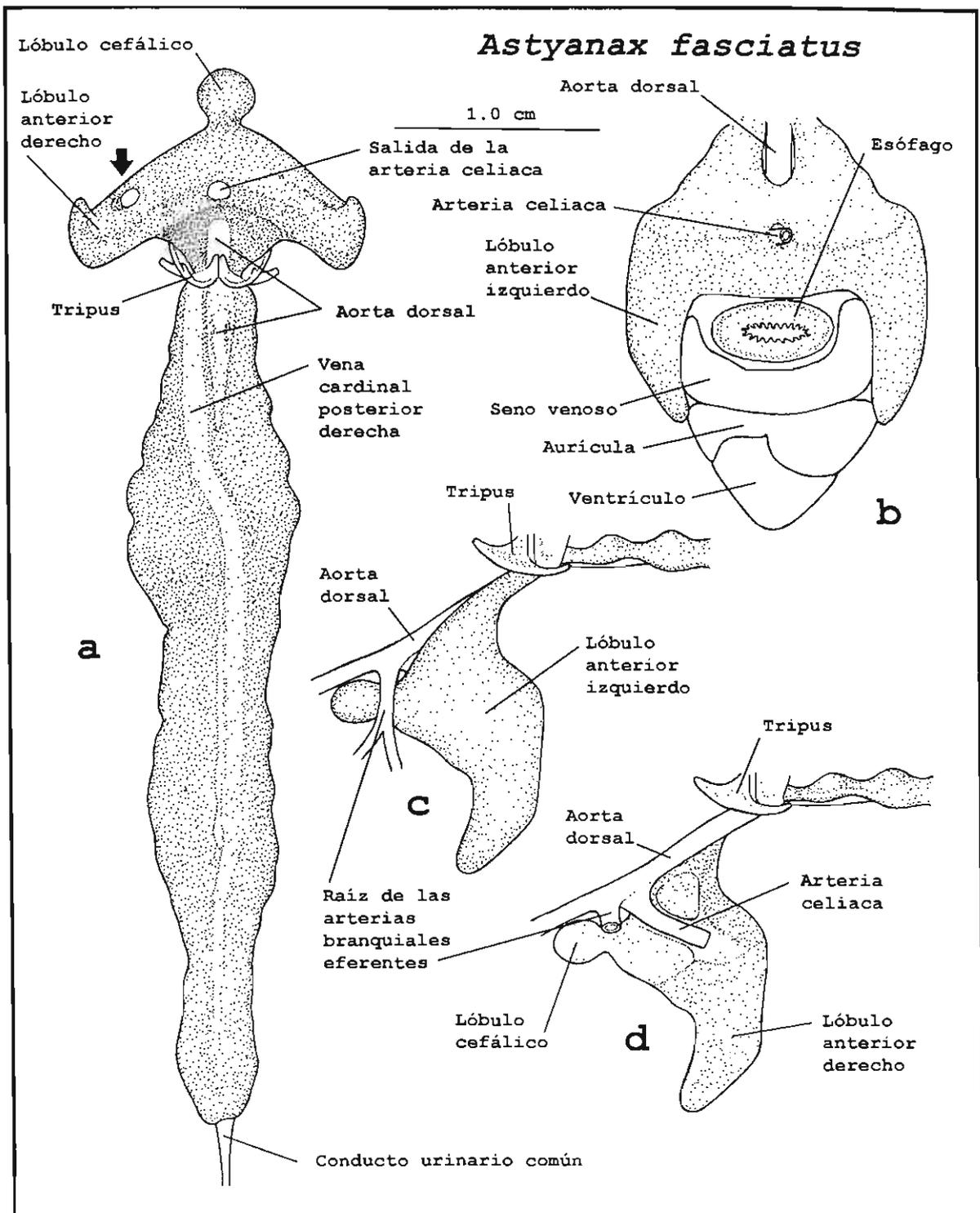


Figura 16. Riñón de *Astyanax fasciatus* (Characidae). a) Vista ventral del riñón. b) Vista posterior del riñón y del corazón. c) Vista lateral izquierda de la porción anterior del riñón. d) Vista lateral del corte sagital de la parte anterior del riñón.

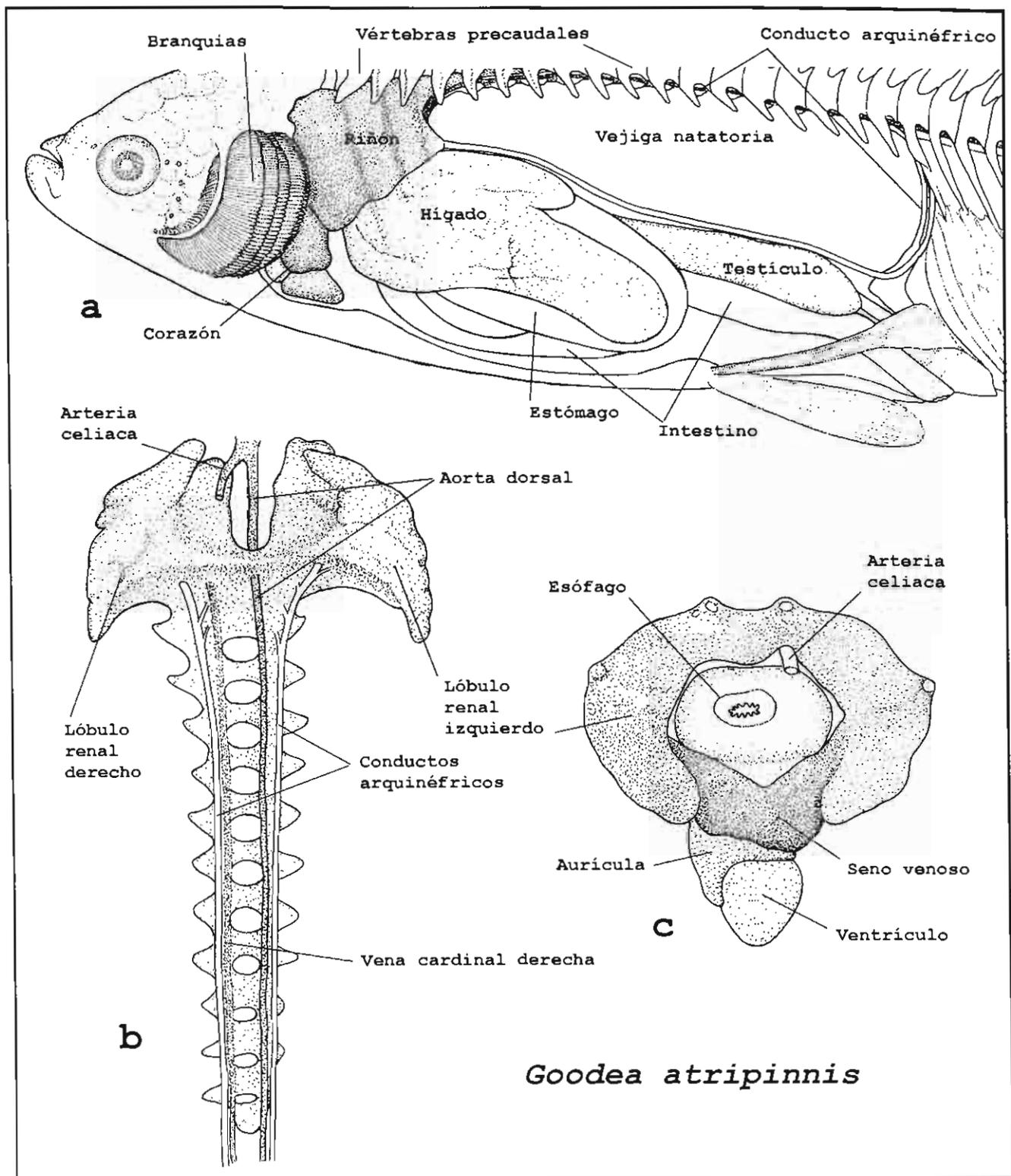


Figura 17. Riñón de *Goodea atripinnis* (Goodeidae). a) Vista lateral de la cavidad visceral. b) Vista ventral del riñón. c) Vista posterior del riñón y el corazón.

*Opsanus beta*

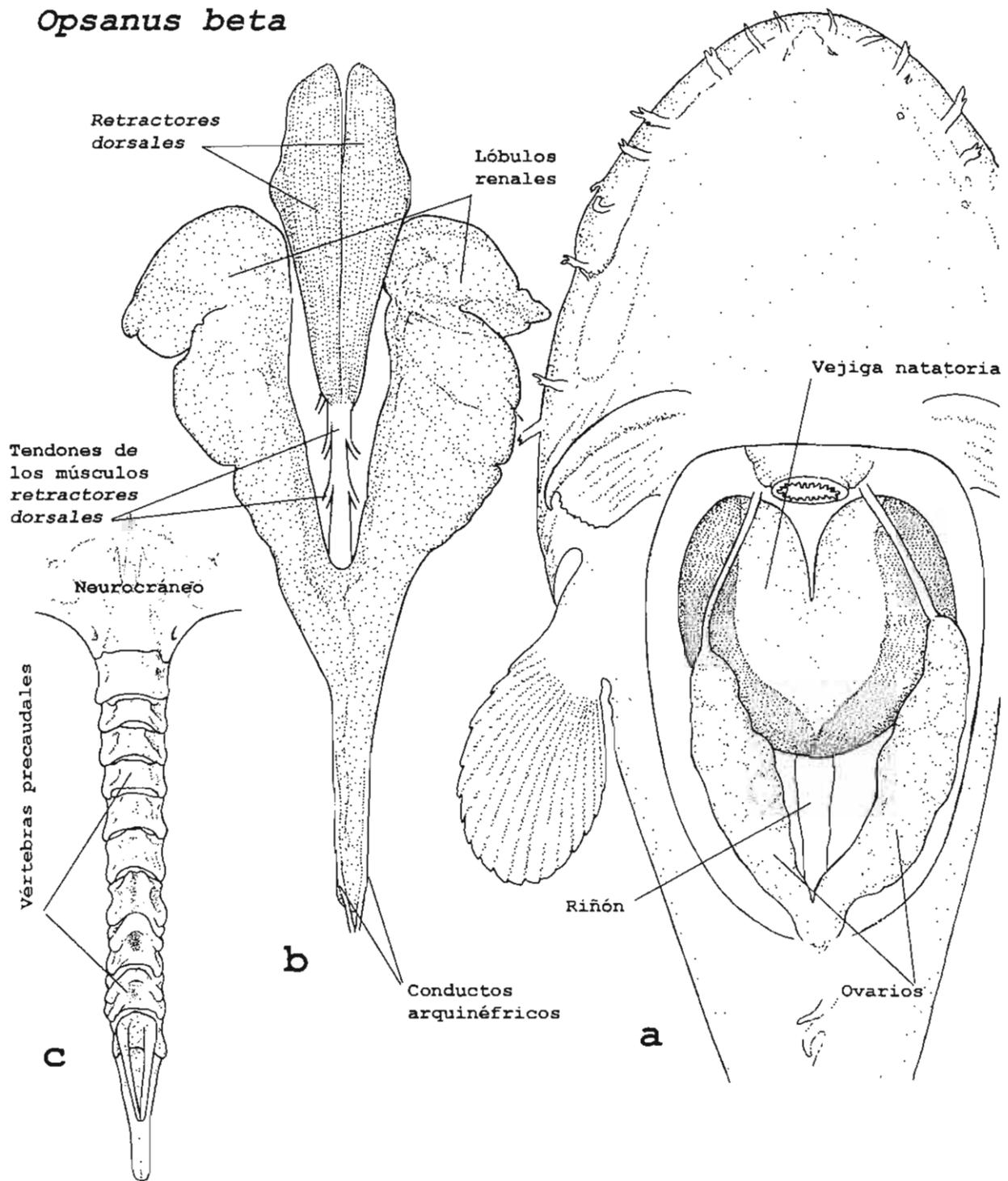


Figura 18. Riñones de *Opsanus beta* (Batrachoididae). a) Vista ventral del sistema urogenital y la vejiga natatoria. b) Vista ventral de los riñones. c) Vista ventral de la región precaudal de la columna vertebral.

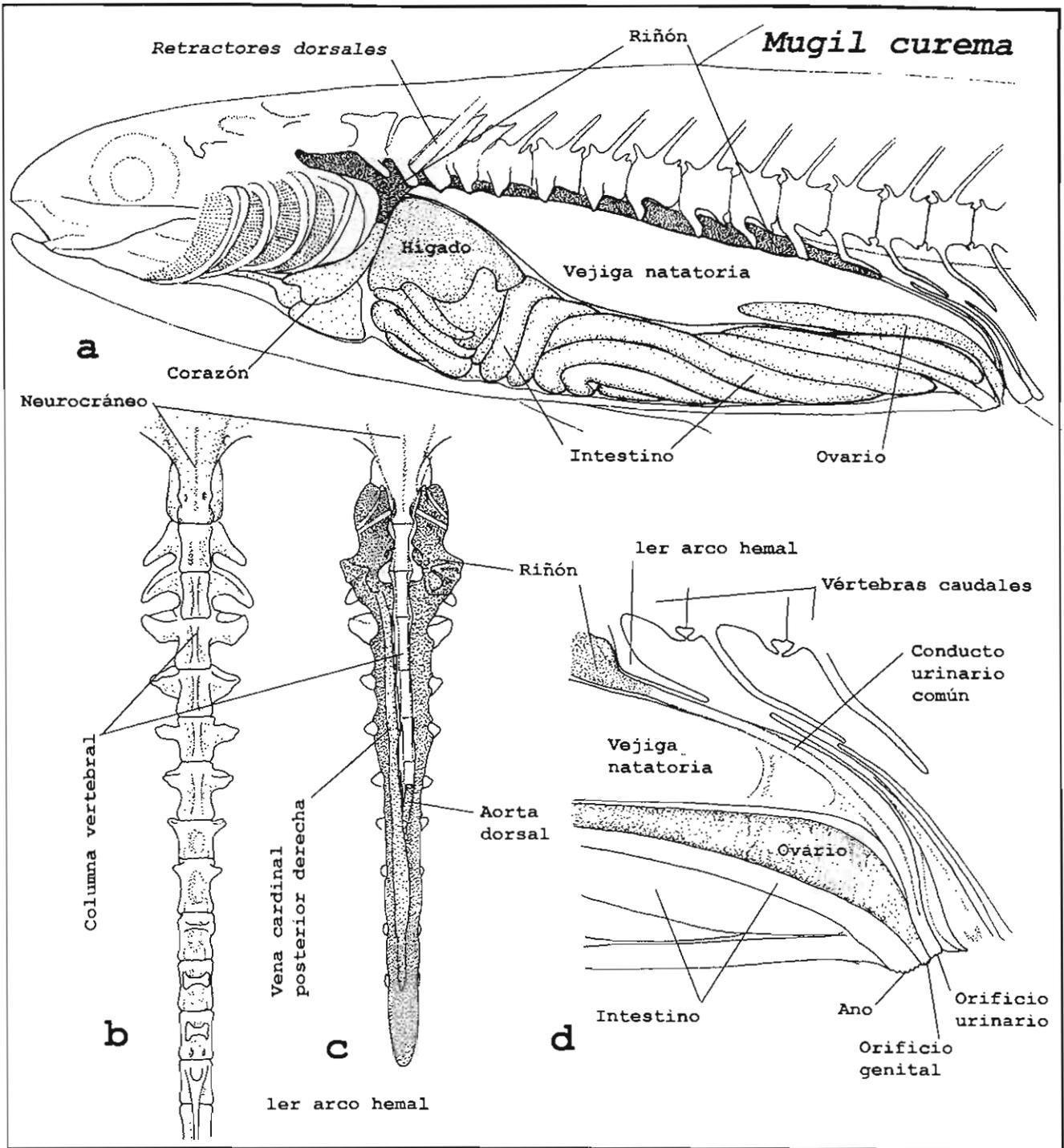


Figura 19. Sistema urogenital de *Mugil curema* (Mugilidae). a) Vista lateral de la cavidad visceral. b) Vista ventral de la columna vertebral. c) Vista ventral del riñón. d) Corte sagital de la última porción de la cavidad visceral.

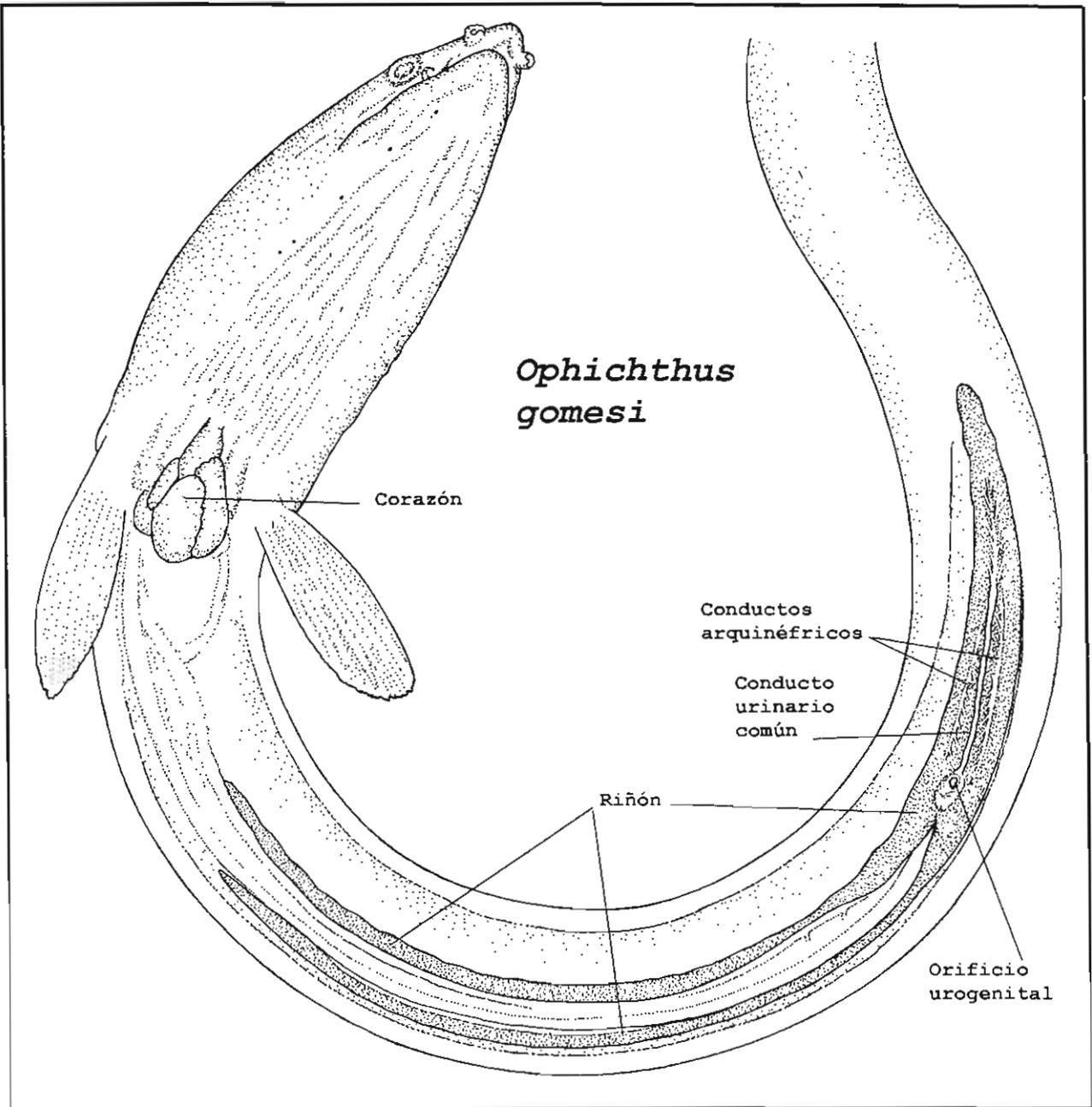


Figura 20. Riñones de *Ophichthus gomesi* (Ophichthidae).  
Vista ventral.

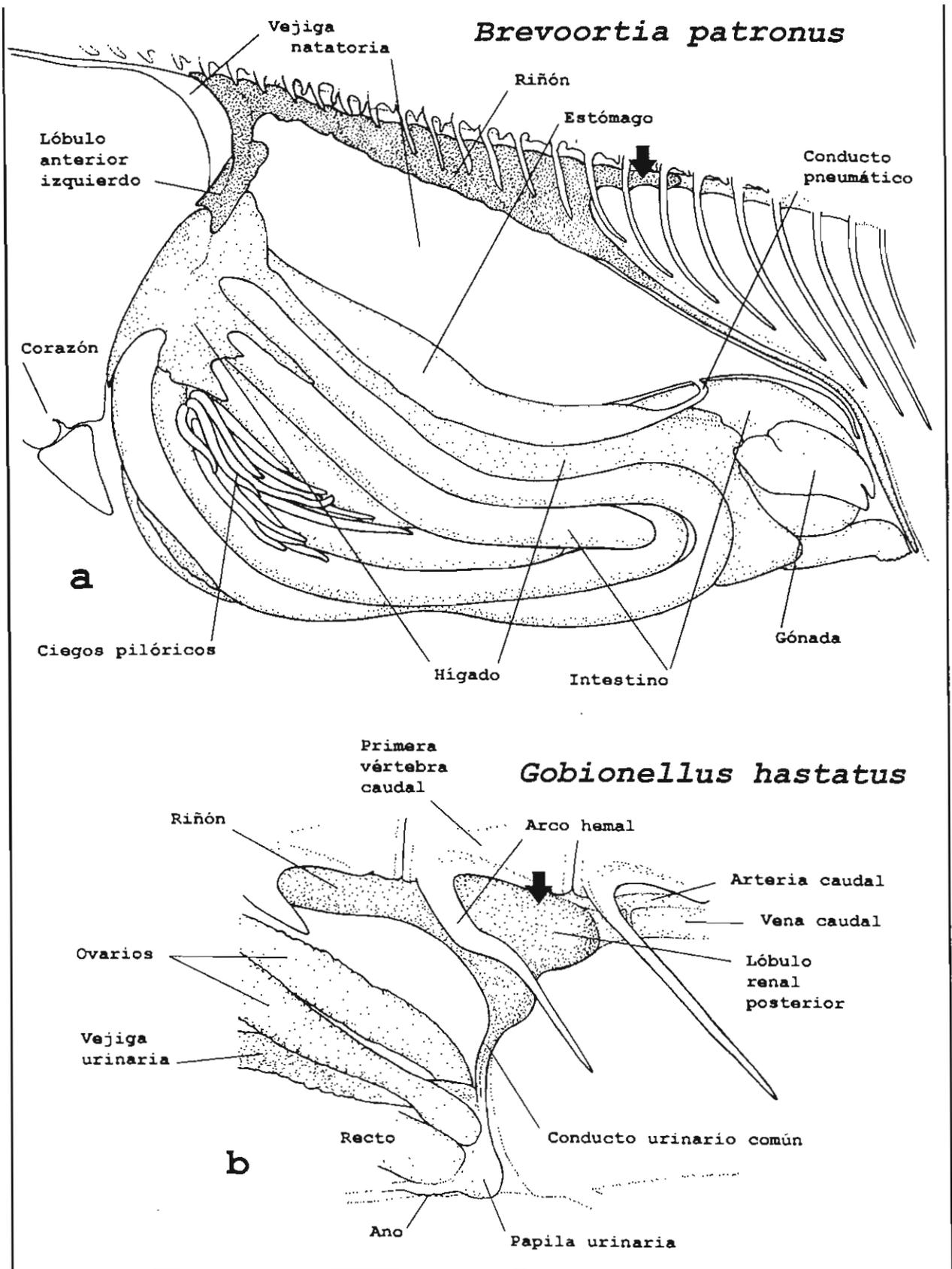


Figura 21. Riñones de *Brevoortia patronus* (Clupeidae) y *Gobionellus hastatus* (Gobiidae). a) Vista lateral de la cavidad visceral de *B. patronus*. b) Parte posterior del sistema urogenital de *G. hastatus*.

*Megalobrama amblycephala*

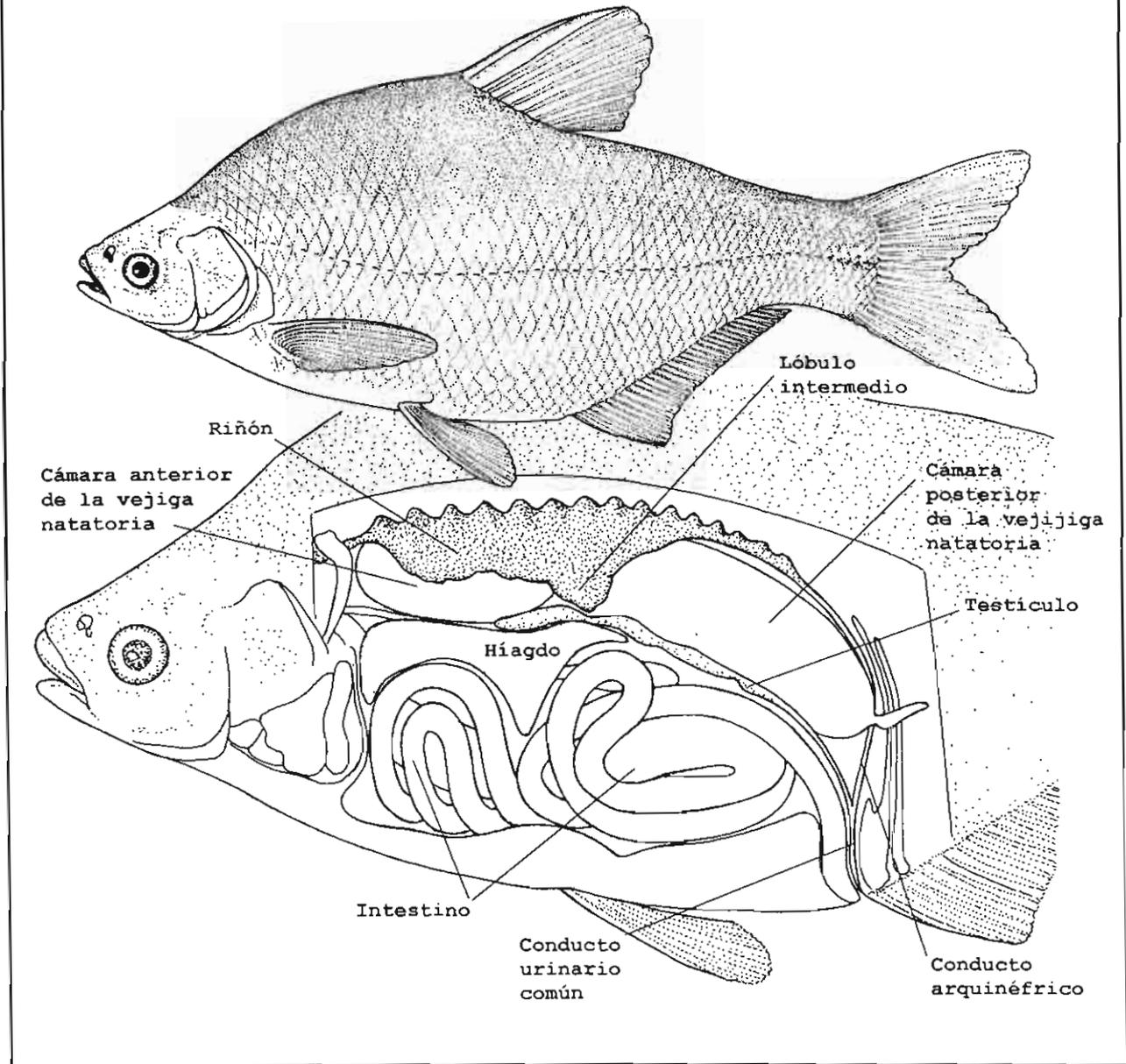


Figura 22.. Riñón de *Megalobrama amblycephala* (Cyprinidae). Vista lateral de la cavidad visceral.

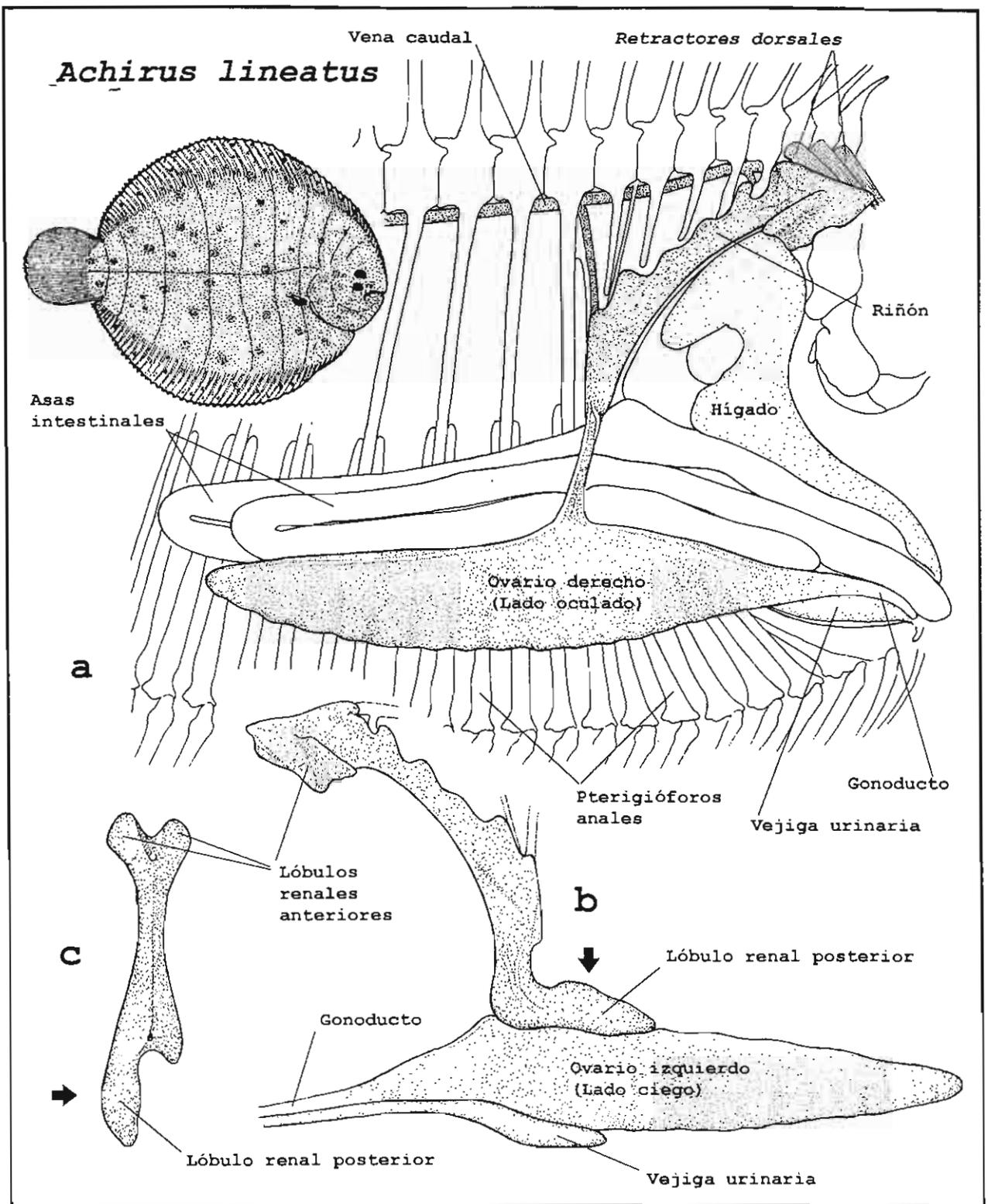


Figura 23. Riñón de *Achirus lineatus* (Achiridae). a) Vista lateral derecha (lado oculado) de la cavidad visceral y parte del esqueleto postcefálico. B) Vista lateral izquierda (lado ciego) del sistema urogenital. c) Vista dorsal del riñón.

*Symphurus plagiusa*

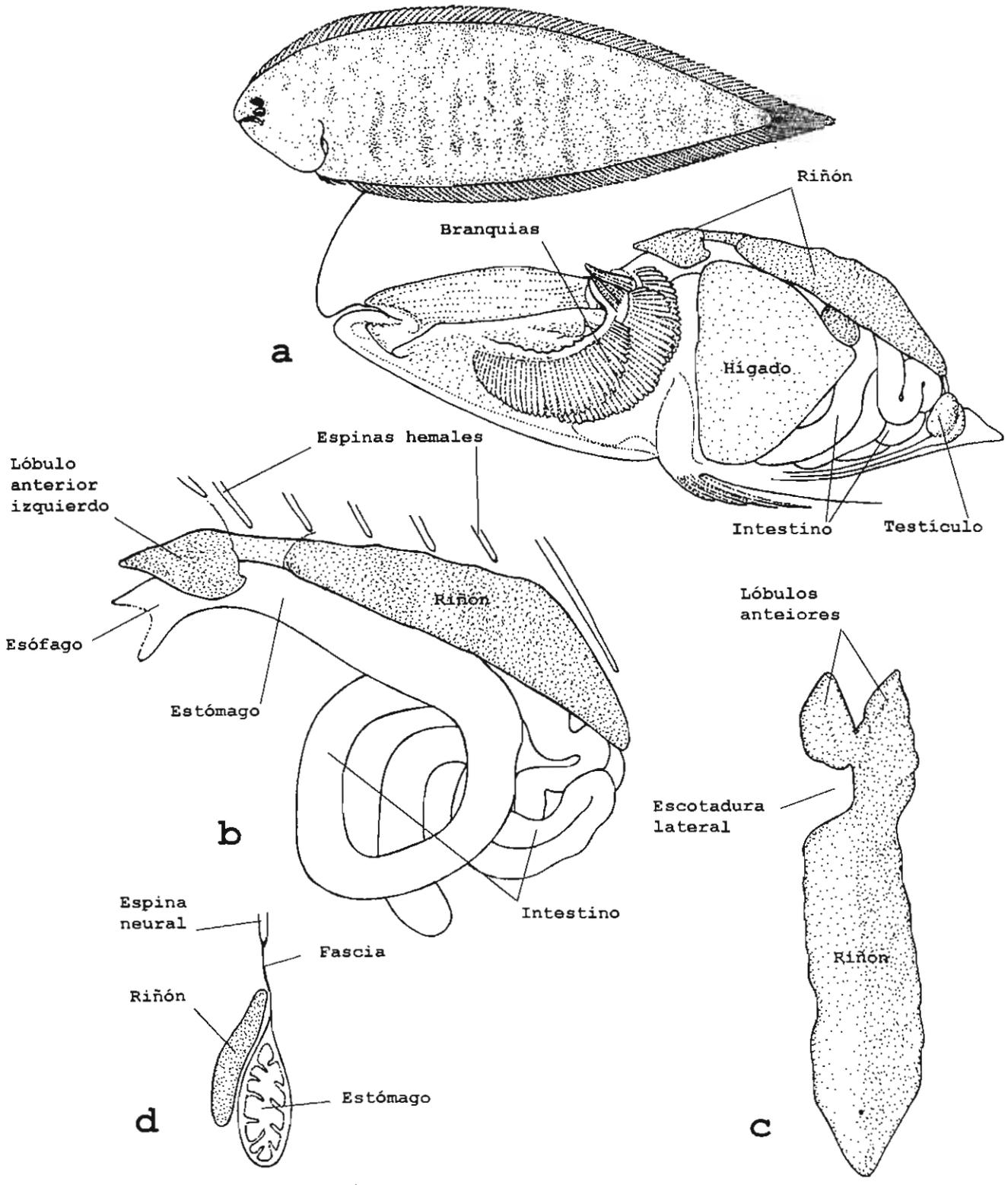


Figura 24. Riñón de *Symphurus plagiusa* (Cynoglossidae).  
a) Vista lateral de la cavidad visceral. b) Vista lateral izquierda (lado oculado) del riñón y el tracto digestivo.  
c) Vista dorsal del riñón. d) Corte transversal del estómago y el riñón.

*Ictalurus balsanus*

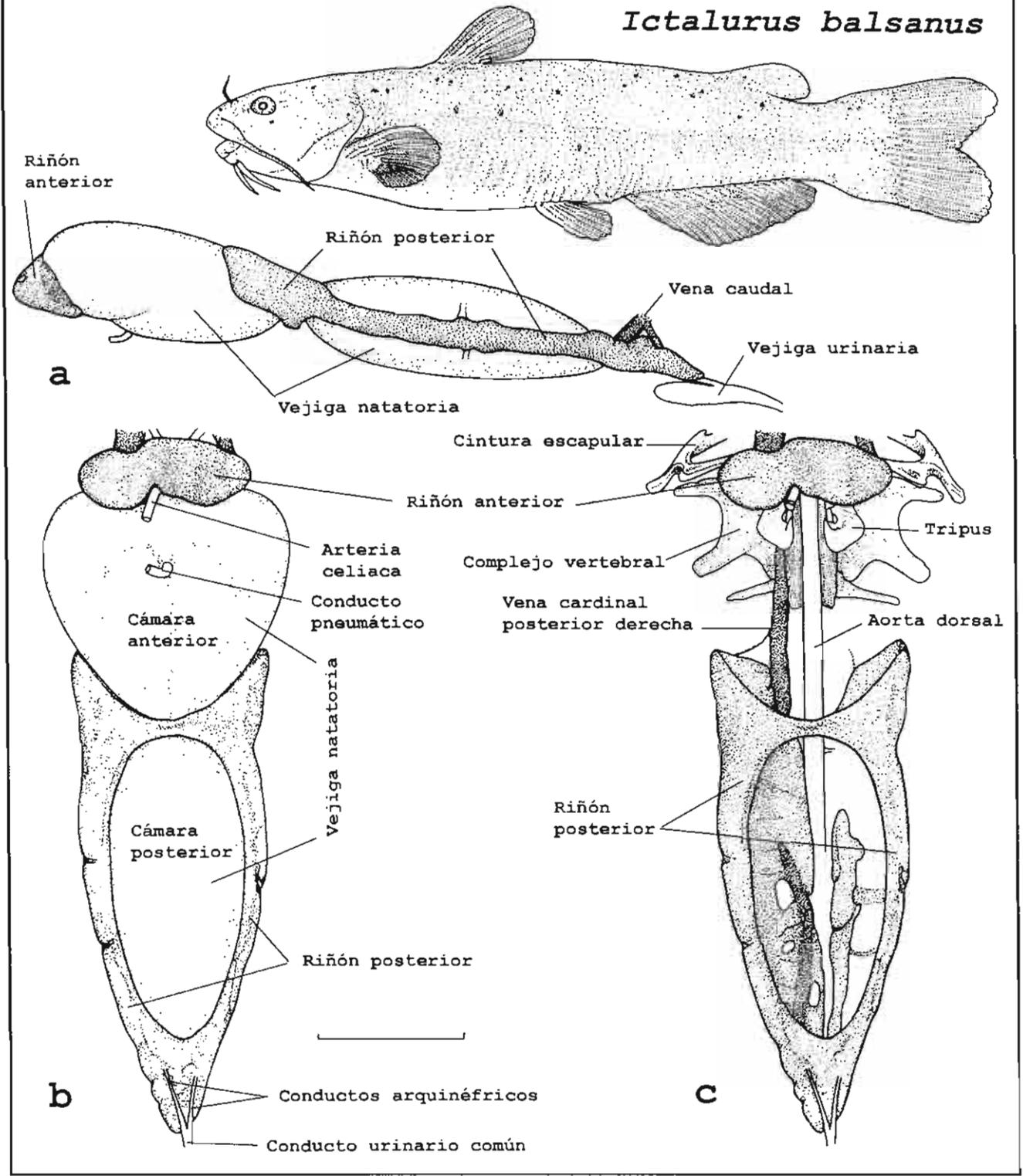


Figura 25. Riñones de *Ictalurus balsanus* (Ictaluridae). a) Vista lateral de los riñones y la vejiga natatoria. b) Vista ventral de los riñones y la vejiga natatoria. c) Vista ventral de los riñones al retirar la vejiga natatoria.

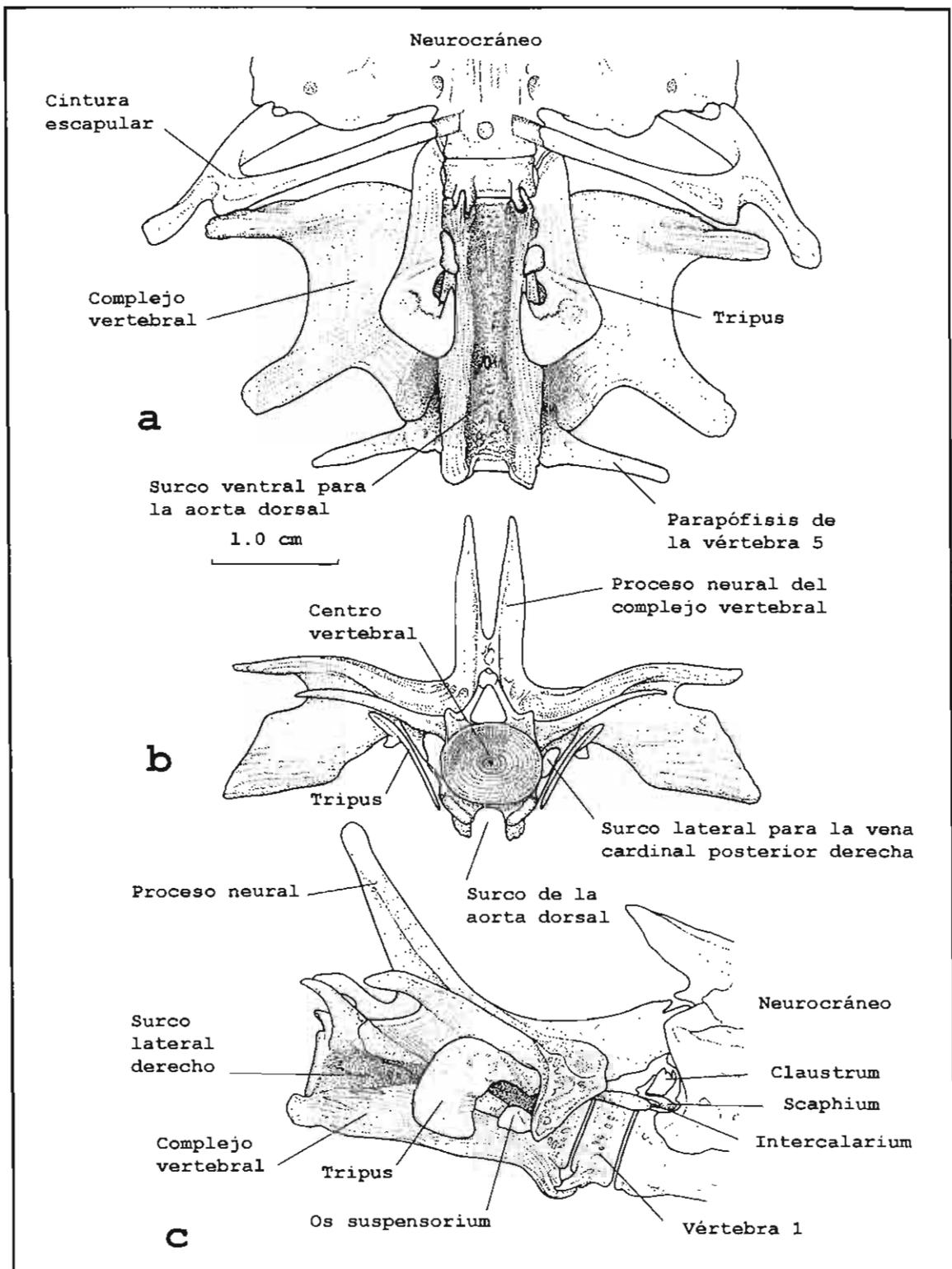


Figura 26. Aparato de Weber de *Ictalurus balsanus* (Ictaluridae). a) Vista ventral. b) Vista posterior. c) Vista lateral derecha.

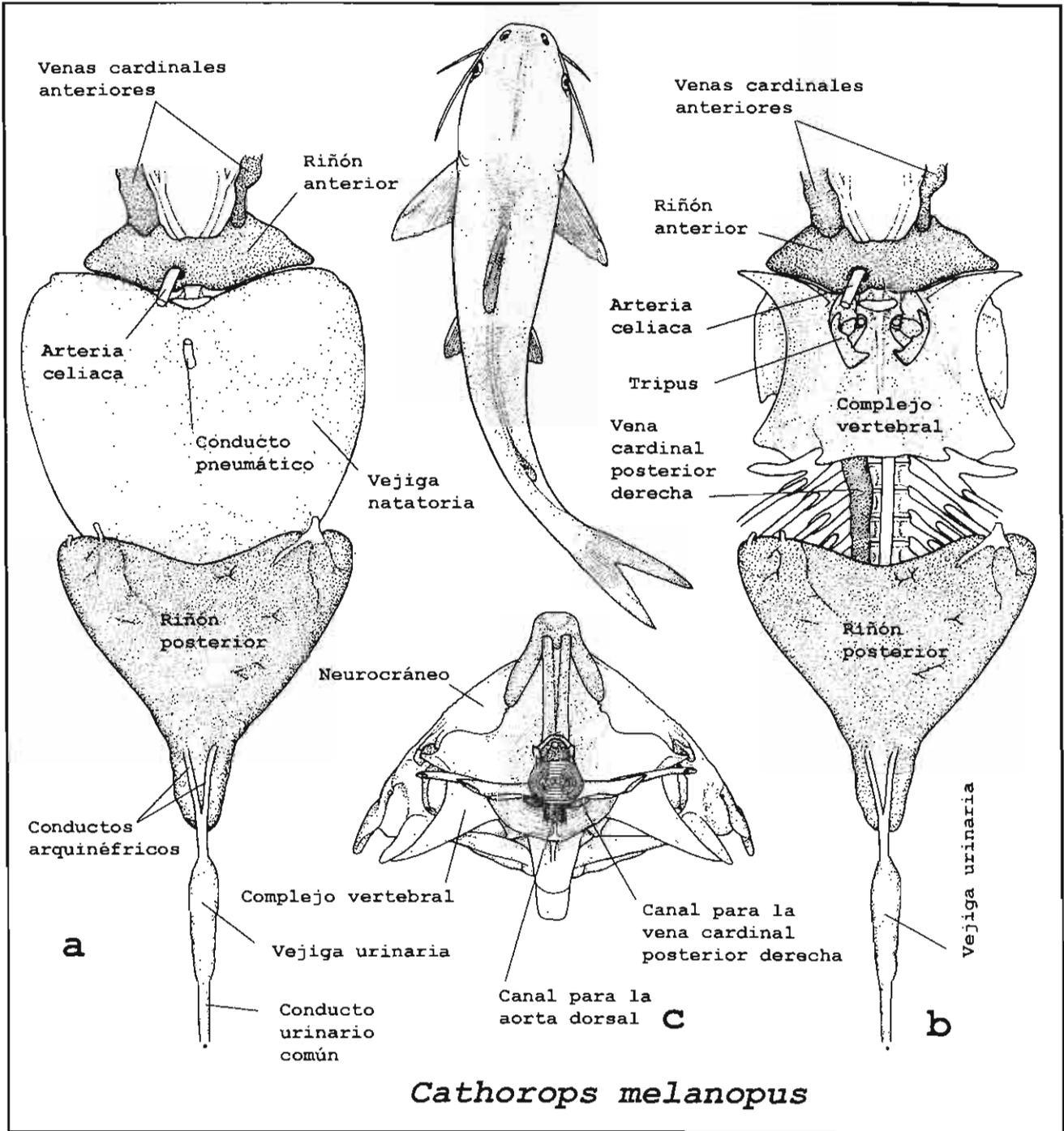


Figura 27. Riñones de *Cathorops melanopus* (Ariidae). a) Vista ventral de los riñones y la vejiga natatoria. b) Vista ventral de los riñones y el aparato de Weber. c) Vista posterior del aparato de Weber.

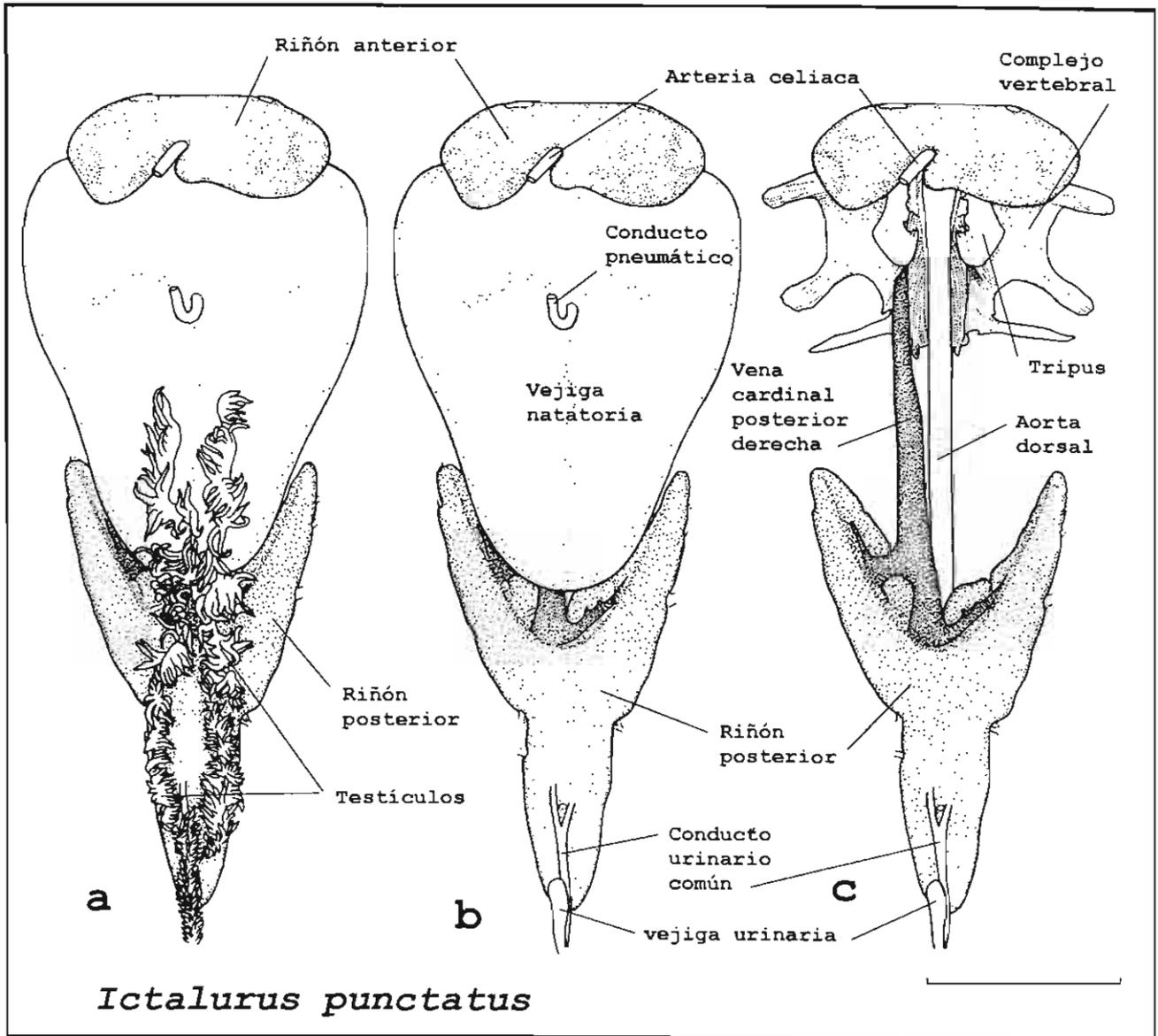


Figura 28. Riñones de *Ictalurus punctatus* (Ictaluridae).  
 Vista ventral. a) Sistema urogenital y vejiga natatoria.  
 b) Riñones anterior y posterior y vejiga natatoria.  
 c) Riñones anterior y posterior al retirar la vejiga natatoria.

## Diversidad de las gónadas

### Ovarios

#### Asociados al órgano epigonal

El tiburón *Carcharhinus* sp. (Fig. 29 a) y las rayas *Gymnura micrura* (Fig. 29 b), *Urotrygon chilensis*, *Dasyatis sabina* y *Raja texana* presentan los dos ovarios asociados a los órganos epigonales. Ambos tipos de órganos están suspendidos por los mesovaria.

#### Impares

El pez aguja *Strongylura marina* (Belonidae) solo presenta el ovario derecho (Fig. 30), el cual es alargado y está suspendido por el mesovarium. Cuando está maduro ocupa toda la anchura de la cavidad visceral, junto con el intestino.

#### Pareados

La mayoría de las especies de teleósteos examinadas mostraron dos ovarios, como *Strongylura notata* y *Strongylura timucu* (Belonidae) (Fig. 31).

#### Completamente separados entre sí

Los ovarios de la anguila *Ophichthus gomesi* (Ophichthidae) (Fig. 32) son alargados y paralelos entre sí, y no muestran ningún contacto entre el derecho y el izquierdo. No desarrollan gonoducto, estando comunicados directamente con un seno común.

#### Asimétricos

Especies que muestran una notable diferencia en el tamaño y la forma de estas gónadas son la anchoa *Anchoa mitchilli* y la anchoveta *Cetengraulis edentulus* (Engraulidae).

En *A. mitchilli* (Fig. 33) el ovario izquierdo es más grande que el derecho, extendiéndose ventralmente al intestino.

#### Fusionados posteriormente

En la mayoría de las especies de Teleostei examinadas, ambos ovarios están fusionados por su porción posterior, la cual continúa hacia atrás su túnica para formar el gonoducto. Esto se observa en *Bairdiella chrysoura* (Sciaenidae) (Fig. 34), *Mugil curema* (Mugilidae), *Opsanus beta* y *Porichthis porosissimus* (Batrachoididae) (Fig. 40).

### **Unidos en toda su longitud sin fusionarse**

En los bagres de la familia Ariidae (*Cathorops melanopus*, *Ariopsis felis*, *Bagre marinus*) ambos ovarios se encuentran unidos entre sí en toda su longitud, sin embargo, no se comunican sus lumina (Fig. 35 b).

### **Fusionados totalmente con tabique interovárico**

En la familia Goodeidae, los ovarios se fusionan entre sí, manteniendo un tabique interovárico, que puede ser completo como en *Goodea atripinnis*, o incompleto en otras especies.

En *G. atripinnis* dicho tabique es extenso y forma numerosos pliegues que contienen a los embriones en desarrollo (Fig. 36 c), los que se nutren mediante las trofotenias. Generalmente el ovario izquierdo es más largo, mientras que el derecho es más ancho.

La unión del mesovarium con la superficie dorsal del ovario, coincide con el trayecto de los vasos ováricos y con la unión del tabique interovárico al techo del órgano (Fig. 36 b).

### **Fusionados totalmente sin tabique interovárico**

En los representantes de las familias Poeciliidae (*Gambusia regani*, *Gambusia affinis*, *Poeciliopsis infans*) los ovarios fusionados constituyen un ovario sacular, que al madurar y contener los embriones crece asimétricamente del lado derecho del tracto digestivo y el hígado (Fig. 37 d).

En *G. regani* el gonoducto es aplanado y desde la parte derecha se orienta al seno urogenital, al cual se abre la vejiga urinaria. Se forma un orificio urogenital, inmediatamente detrás del ano.

### **Rectos**

La mayoría de los teleósteos examinados mostraron los ovarios alargados y rectos, como se observa en *B. chrysoura* (Fig. 34).

### **Paralelos**

En numerosos teleósteos, ambos ovarios tienen una posición paralela, ya sea separados entre sí como en *B. chrysoura* y *Syngnathus scovelli*, o en contacto uno con el otro como en los bagres de la familia Ariidae, *Cathorops melanopus* (Fig. 35), *Ariopsis felis* y *Bagre marinus*.

### **Paralelos-divergentes**

En el bagre *Rhamdia guatemalensis* (Pimelodidae) los ovarios son paralelos en su porción posterior, sin embargo, al madurar la vejiga natatoria los separa entre sí (Fig. 39 b).

### **Divergentes**

Los ovarios que se fusionan en su extremo posterior y que tienen un trayecto divergente se observan en especies como en *Opsanus beta* y *Porichthys porosissimus* (Batrachoididae) (Fig. 40). La divergencia es producida por la interposición del intestino y de la vejiga natatoria, la cual es ancha.

### **De sección transversal triangular-circular**

En algunas especies como *B. chrysoura* los ovarios al inicio de su maduración son triangulares en sección transversal (Fig. 34 c, e), por el contacto con la vejiga natatoria, el intestino y la pared de la cavidad visceral. En estado maduro estos ovarios adquieren la sección circular por el aumento del diámetro de los ovocitos.

### **De sección plana**

Los ovarios son lateralmente aplanados en especies de cuerpo comprimido como *Anchoa mitchilli* (Engraulidae) (Fig. 33), *Brevoortia patronus* (Clupeidae), *Achirus lineatus* (Achiridae), *Citarichthys spilopterus* (Paralichthyidae) (Fig. 41) y *Bothus robinsi* (Bothidae).

Los ovarios son dorsoventralmente aplanados en especies de cuerpo deprimido como el pez murciélago *Ogcocephalus radiatus* (Ogcocephalidae) y en especies con la cavidad visceral deprimida como *Cathorops melanopus* (Ariidae) (Fig. 35 c).

### **Con crecimiento extravisceral**

En las especies de lenguados (orden Pleuronectiformes) como *C. spilopterus* característicamente los ovarios se desarrollan fuera de la cavidad visceral (Fig. 41 a), entre los pterigióforos de la aleta anal, las espinas hemales de las vértebras caudales, y entre los músculos *hypaxialis*, *inclinatores anales*, *erectores anales* y *depresores anales* (Fig. 41 b), los cuales mueven los radios de la aleta anal.

Debido a que en los Pleuronectiformes la aleta anal se inicia considerablemente adelante, y a que el primer pterigióforo anal está curvado, los orificios anal, genital

y urinario, se localizan en una posición adelantada. Esto implica que estando los ovarios en una posición posterior, el gonoducto se oriente hacia delante.

## **Testículos**

### **Asociados con órganos epigonales**

El tiburón *Charcharhinus* sp. (Carcharhinidae) y las rayas *Gymnura micrura* (Gymnuridae) (Fig. 42), *Urotrygon chilensis* (Urolophidae), *Dasyatis sabina* (Dasyatidae), *Raja texana* (Rajidae) presentan los dos testículos asociados a los órganos epigonales. Ambos tipos de órganos están suspendidos por los mesorchia.

### **Impares**

*Strongylura marina* (Belonidae) presenta sólo el testículo derecho el cual es alargado y está suspendido por el mesorchium.

### **Pareados**

La mayoría de las especies de teleósteos examinadas mostraron dos testículos, como *Strongylura notata* y *Strongylura timucu* (Belonidae). Cada testículo está suspendido por un mesorchium desde la vejiga natatoria como se observa en *Bairdiella chrysoura* (Sciaenidae).

### **Tamaño relativo**

En general los testículos son más pequeños que los ovarios en la misma especie de teleósteos. Sin embargo, en *Anchoa mitchilli* y *Cetengraulis edentulus* (Engraulidae) (Fig. 43) y en *Astyanax fasciatus* (Characidae) (Fig. 48) los testículos maduros son aproximadamente del mismo tamaño que los ovarios maduros.

### **Asimétricos**

En general un testículo es relativamente más largo que el otro en los Teleostei. Especies que muestran una notable diferencia en el tamaño y la forma entre ambos testículos son *Anchoa mitchilli* y *Cetengraulis edentulus*.

En *A. mitchilli* (Fig. 43 b) el testículo izquierdo es más grande que el derecho, y de manera similar al ovario, se extiende ventral al intestino. Como una situación opuesta, el testículo derecho de *C. edentulus* es notablemente más grande que el izquierdo (Fig. 43 d).

### **Fusionados posteriormente**

En la mayoría de las especies de teleósteos examinadas, ambos testículos están fusionados por su porción posterior. Esto se observa por ejemplo en *Bairdiella chrysoura*, *Mugil curema* (Mugilidae), *Opsanus beta* (Batrachoididae). En especies como *B. chrysoura* la fusión posterior implica que al unirse internamente los dos conductos testiculares principales, se forme un seno testicular, del cual parte el conducto espermático común (Fig. 44 c).

### **Fusionados en su porción anterior**

Esta condición se reconoce en *Goodea atripinnis* (Goodeidae) (Fig. 46), en que el primer tercio de ambos testículos se hallan fusionados entre sí, quedando el resto de las gónadas separado.

### **Unidos en toda su longitud sin fusionarse**

En los bagres de la familia Ariidae (*Cathorops melanopus* (Fig. 45), *Ariopsis felis*, *Bagre marinus*) ambos testículos se encuentran en contacto en toda su longitud, sin embargo, no se encuentran fusionados.

### **Fusionados en toda su longitud**

Los testículos de *Gambusia regani* (Fig. 47) y *G. affinis* se encuentran totalmente fusionados entre sí. Al madurar tienden a desviarse al lado derecho de la cavidad visceral.

### **Rectos**

La mayoría de los teleósteos examinados mostraron los testículos alargados y rectos, como se observa en *B. chrysoura* y *Cathorops melanopus* (Figs. 44, 45).

### **En zigzag**

En los carácidos *Astyanax fasciatus* (Fig. 48) y *Bramocharax dorionii* los testículos maduros tienen una trayectoria en zigzag.

### **Paralelos**

En numerosos teleósteos, ambos testículos tienen una posición paralela, ya sea separados entre sí como en *B. chrysoura* y *Syngnathus scovelli*, o unidos entre sí como en *Cathorops melanopus* (Fig. 45), *Ariopsis felis* y *Bagre marinus*.

## **Divergentes**

Los testículos que tienen un trayecto divergente se observan en especies como *Diodon hystrix* (Fig. 14).

## **Paralelos-divergentes**

En *Rhamdia guatemalensis* (Pimelodidae) (Fig. 49) los testículos son paralelos en su porción posterior, sin embargo, al madurar, quedan separados por la vejiga natatoria.

## **De sección transversal triangular**

En algunas especies como *B. chrysoura* (Fig. 44 d) los testículos son triangulares en sección transversal, por el contacto con la vejiga natatoria, el intestino y la pared de la cavidad visceral.

## **De sección plana**

Los testículos son lateralmente aplanados en especies de cuerpo comprimido como *Cetengraulis edentulus*, *Anchoa mitchilli* (Engraulidae) (Fig. 43 b), *Brevoortia patronus* (Clupeidae), *Symphurus plagiusa* (Cynoglossidae), *Achirus lineatus* (Achiridae) y *Bothus robinsi* (Bothidae).

Los testículos son dorsoventralmente aplanados en especies de cuerpo deprimido como el pez murciélago *Ogcocephalus radiatus* (Ogcocephalidae) y en especies con la cavidad visceral deprimida como *Cathorops melanopus* (Ariidae) (Fig. 45 b).

## **Lobulares**

En especies de bagres de las familias Ictaluridae, (*Ictalurus balsanus* e *Ictalurus punctatus*) (Fig. 50) y Pimelodidae (*Rhamdia guatemalensis*) (Fig. 49) los testículos están formados en toda su longitud por numerosos lóbulos. En *Ictalurus* los lóbulos son triangulares y de varios tamaños, mientras que en *R. guatemalensis* son digitiformes y de tamaño uniforme.

## **Con porciones espermatogénica y aespermatogénica**

En *Hyporhamphus roberti* (Hemirhamphidae) los testículos están especializados en una porción anterior y alargada, denominada espermatogénica y otra posterior más corta llamada aespermatogénica (Fig. 51 b).

### **Ovotestis**

La presencia de ovotestis se reconoció en *Thalassoma lucasanum* (Labridae) (Fig. 52) la que presenta un mayor volumen la porción ovárica que la testicular. Ambos ovarios están fusionados por su porción posterior. El ovario izquierdo es más largo y puntiagudo. El testículo es notablemente pequeño y se encuentra sobre la parte anterior y entre ambos ovarios.

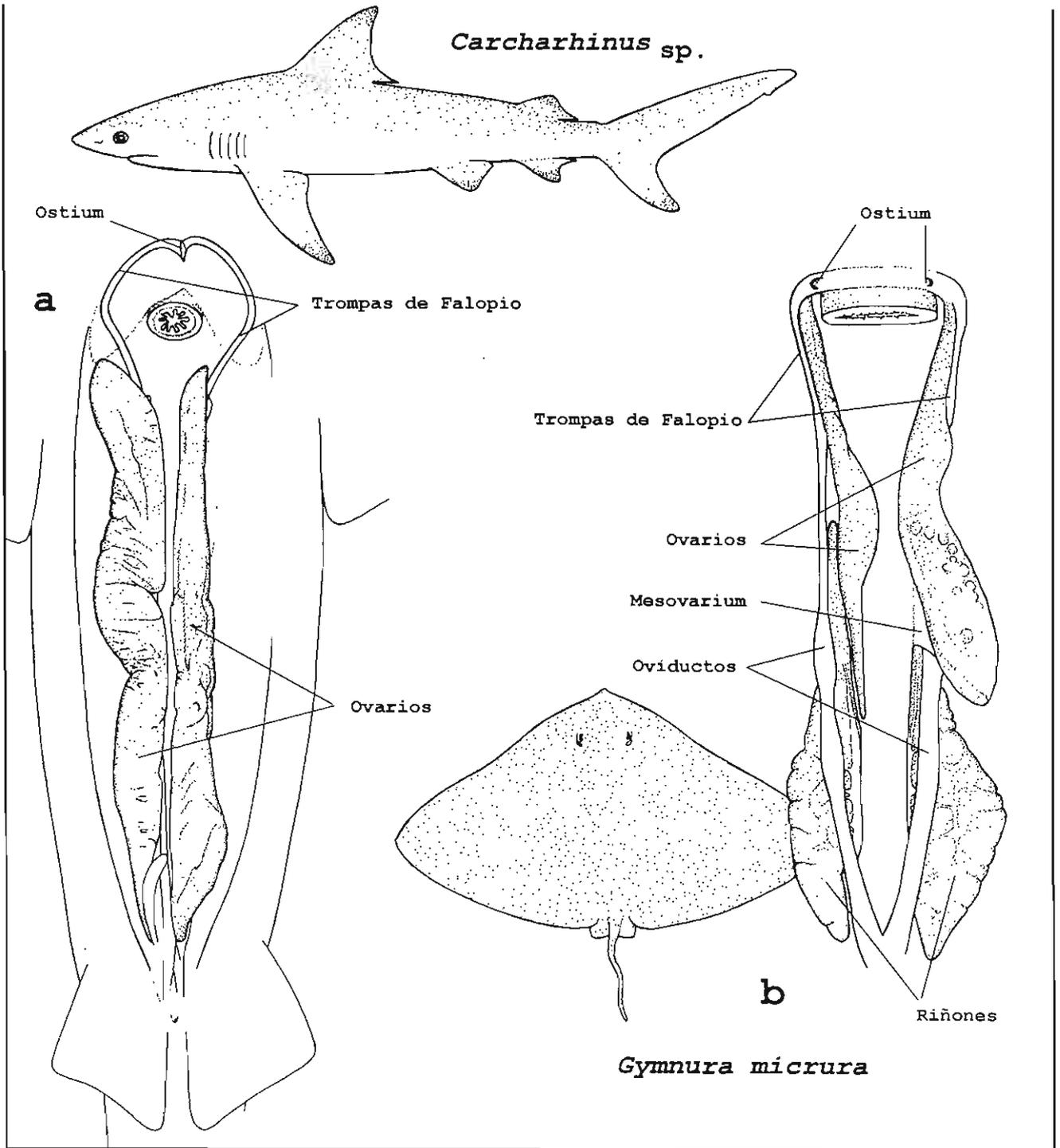


Figura 29. Sistema reproductor femenino de los Condrictios. a) Vista ventral de la cavidad visceral de *Carcharhinus sp.* (Carcharhinidae). b) Vista ventral del sistema reproductor de la hembra de *Gymnura micrura* (Gymnuridae).

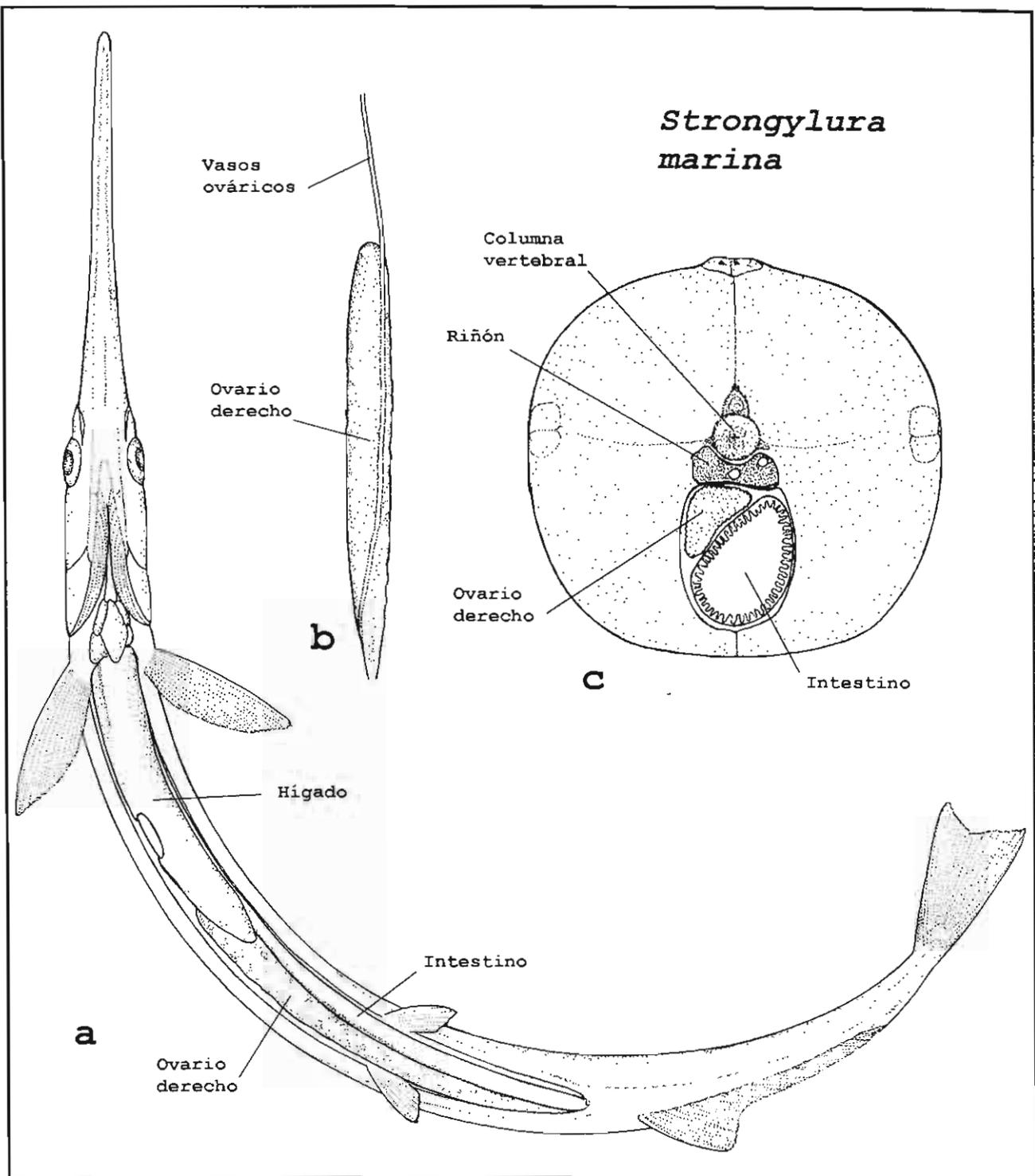


Figura 30. Ovario de *Strongylura marina* (Belonidae). a) Vista ventral de la cavidad visceral. b) Vista ventral del ovario derecho. c) Corte transversal del cuerpo al nivel del ovario.

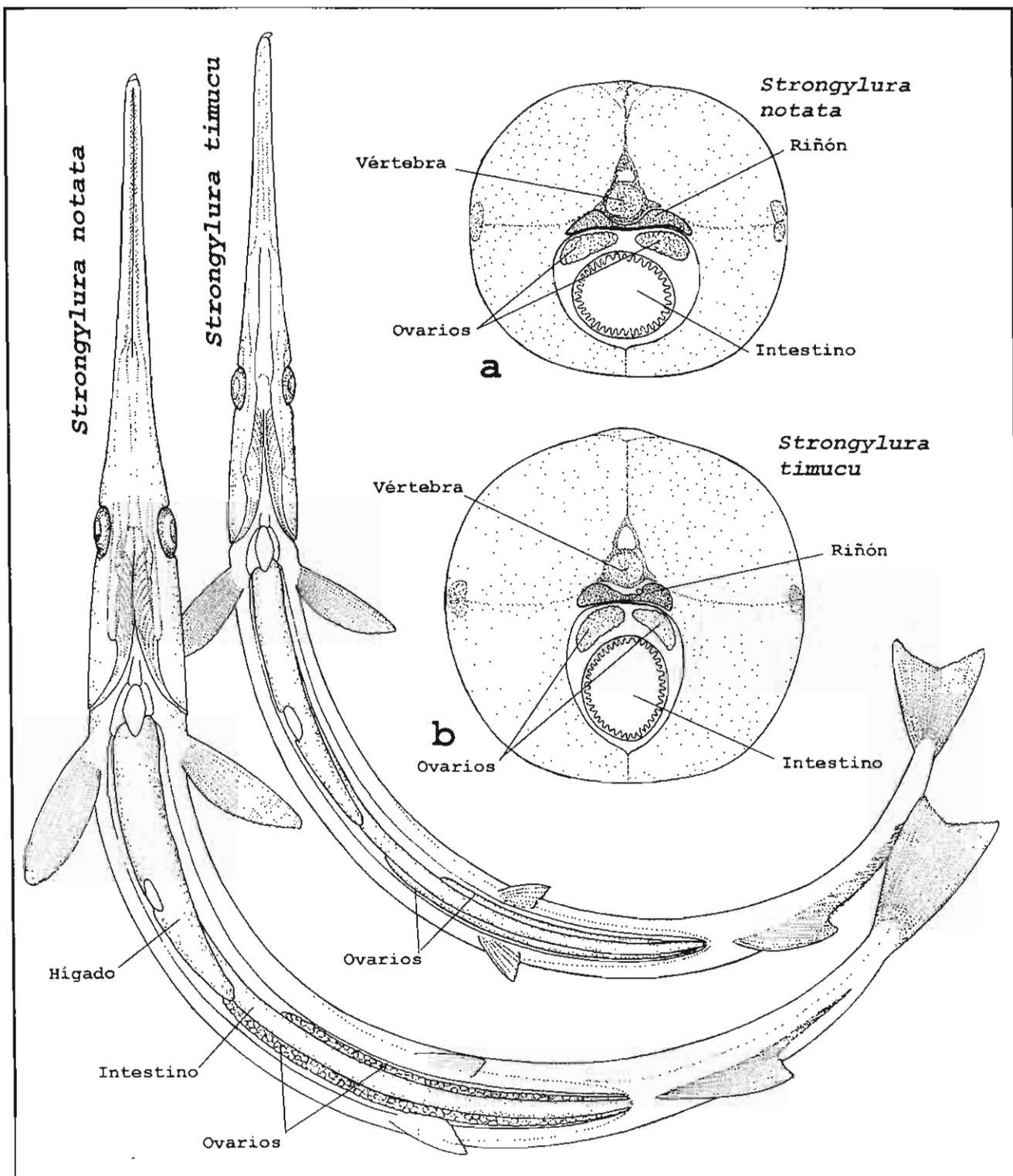


Figura 31. Ovarios de *Strongylura notata* y *Strongylura timucu* (belonidae). A) Vista ventral de la cavidad visceral de ambas especies. b) Corte transversal del cuerpo de las mismas especies.

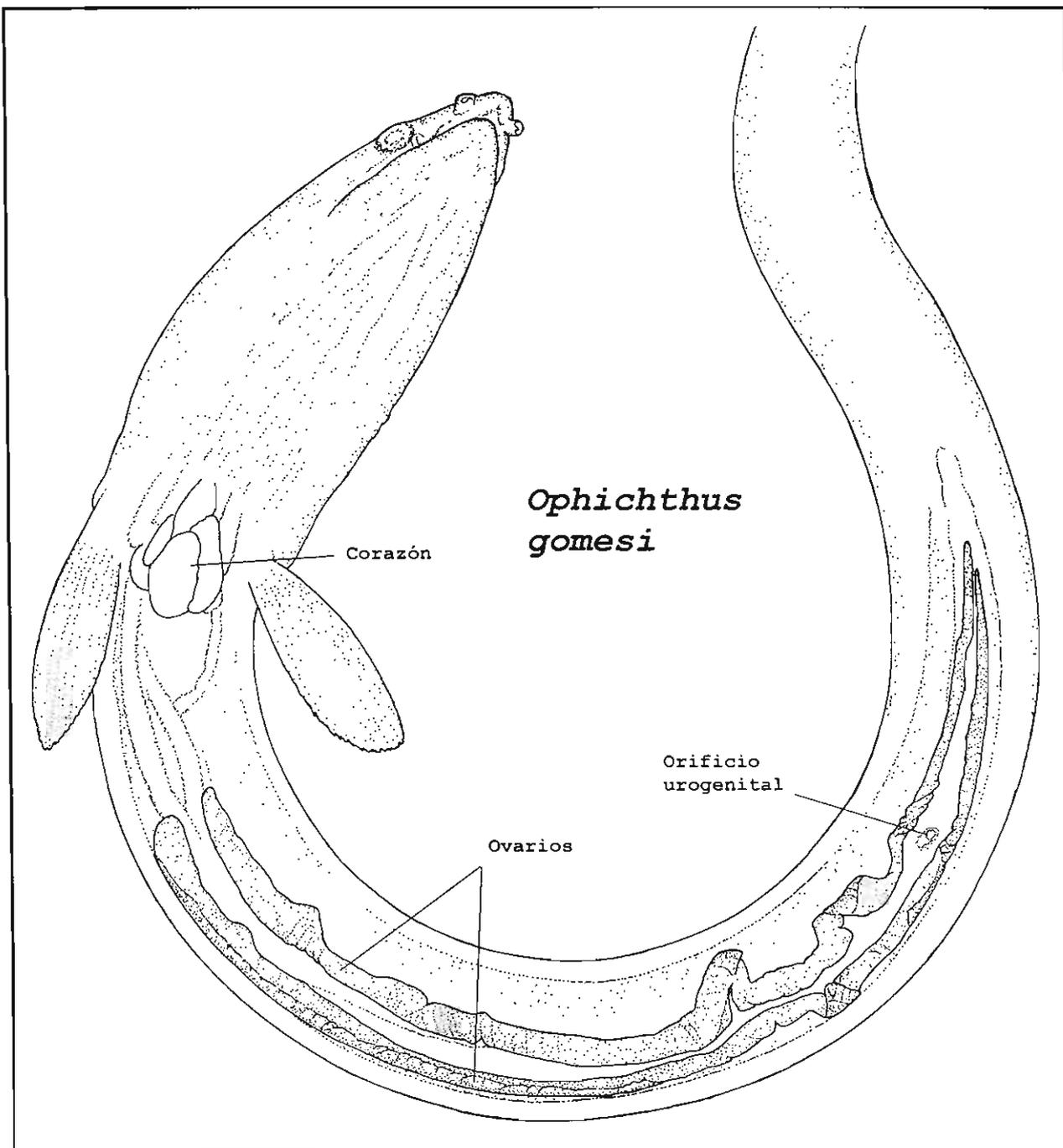


Figura 32. Ovarios de *Ophichthus gomesi* (Ophichthidae).  
Vista ventral.

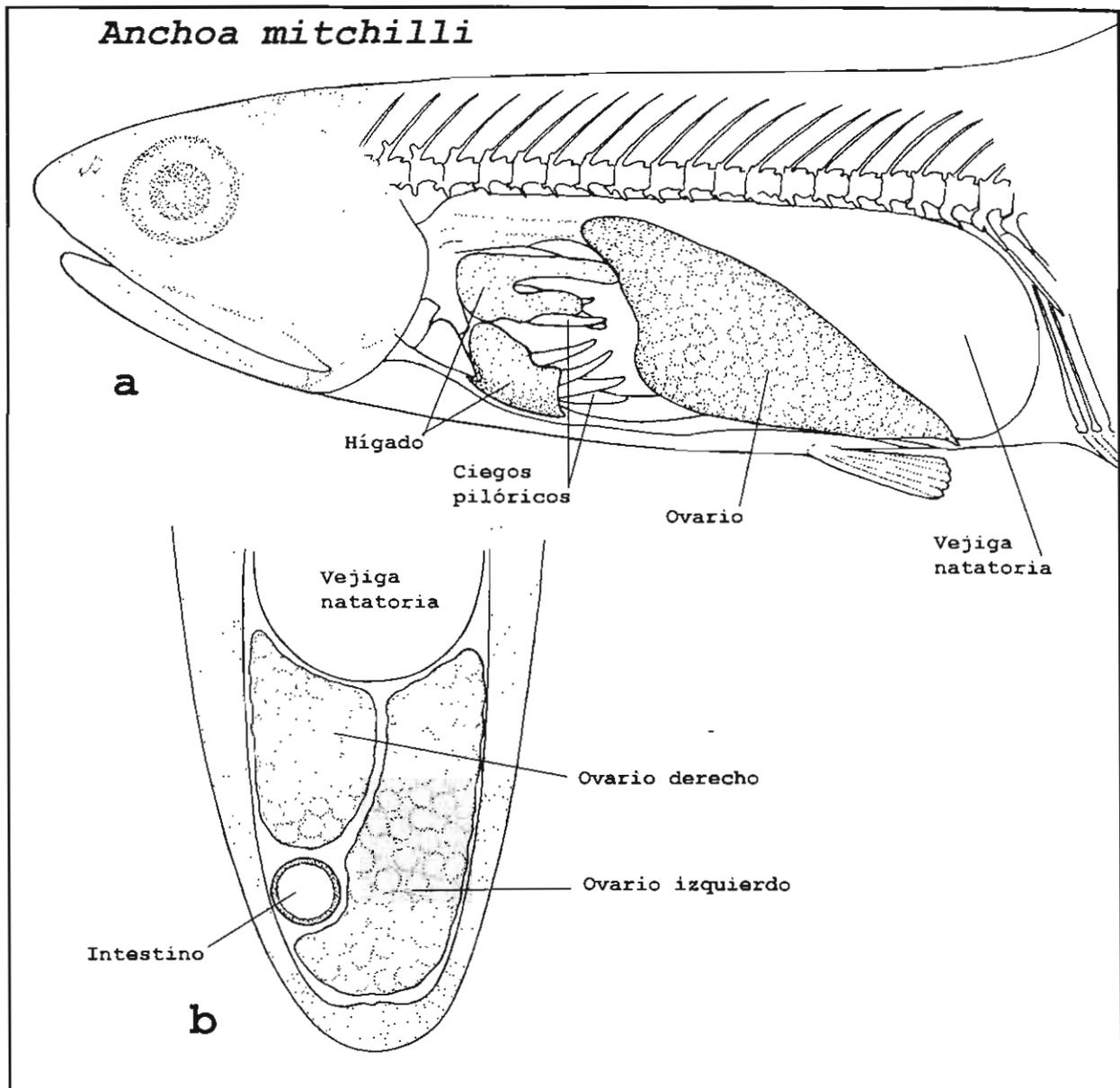


Figura 33. Ovarios de *Anchoa mitchilli* (Engraulidae). a) Vista lateral de la cavidad visceral. b) Corte transversal de la cavidad visceral al nivel del intestino.

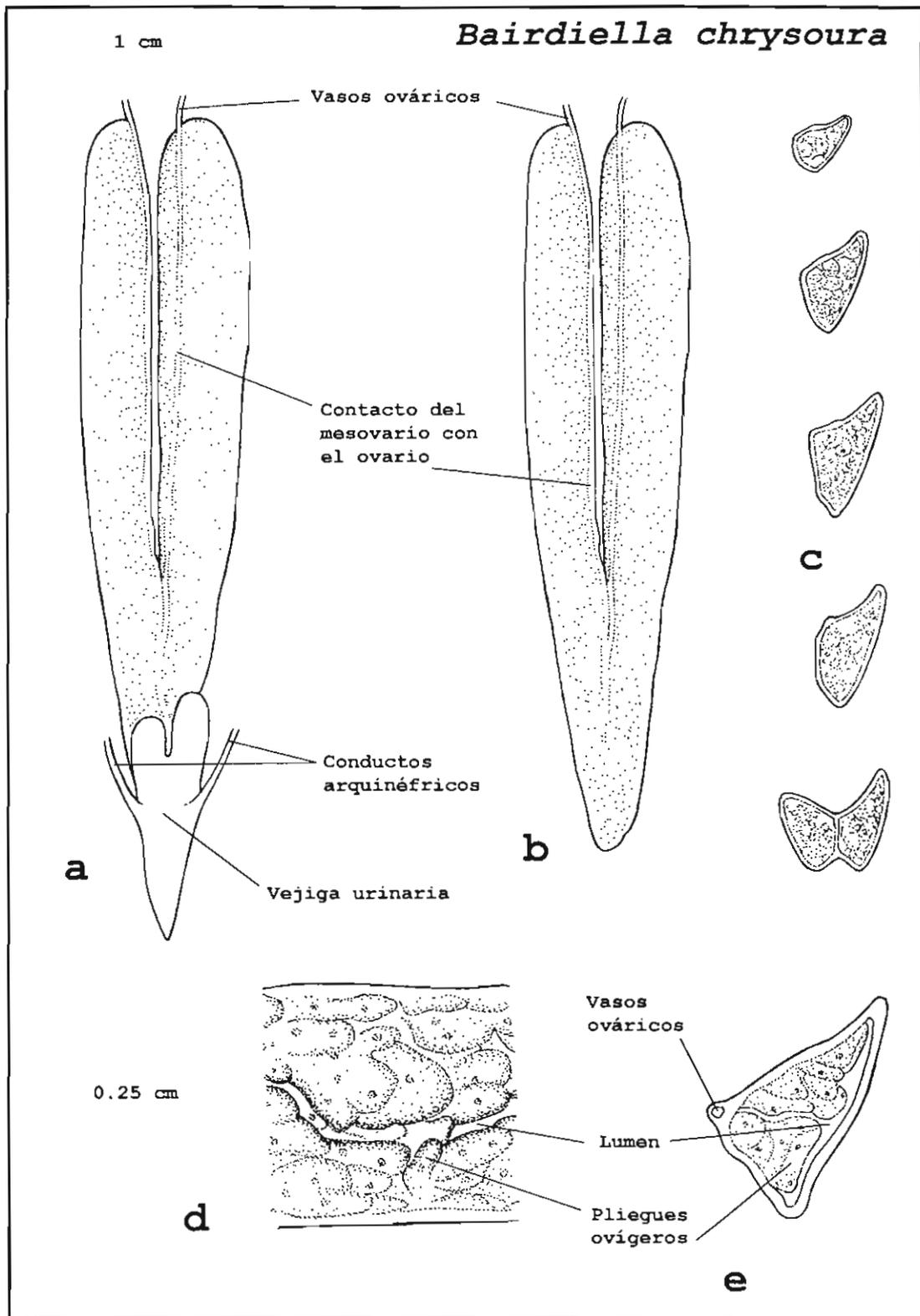


Figura 34. Ovarios de *Bairdiella chrysoura* (Sciaenidae). a) Vista lateral de la cavidad visceral. b) Vista dorsal de los ovarios. c) Cortes transversales del ovario. d) Corte sagital de una porción de un ovario.

*Cathorops melanopus*

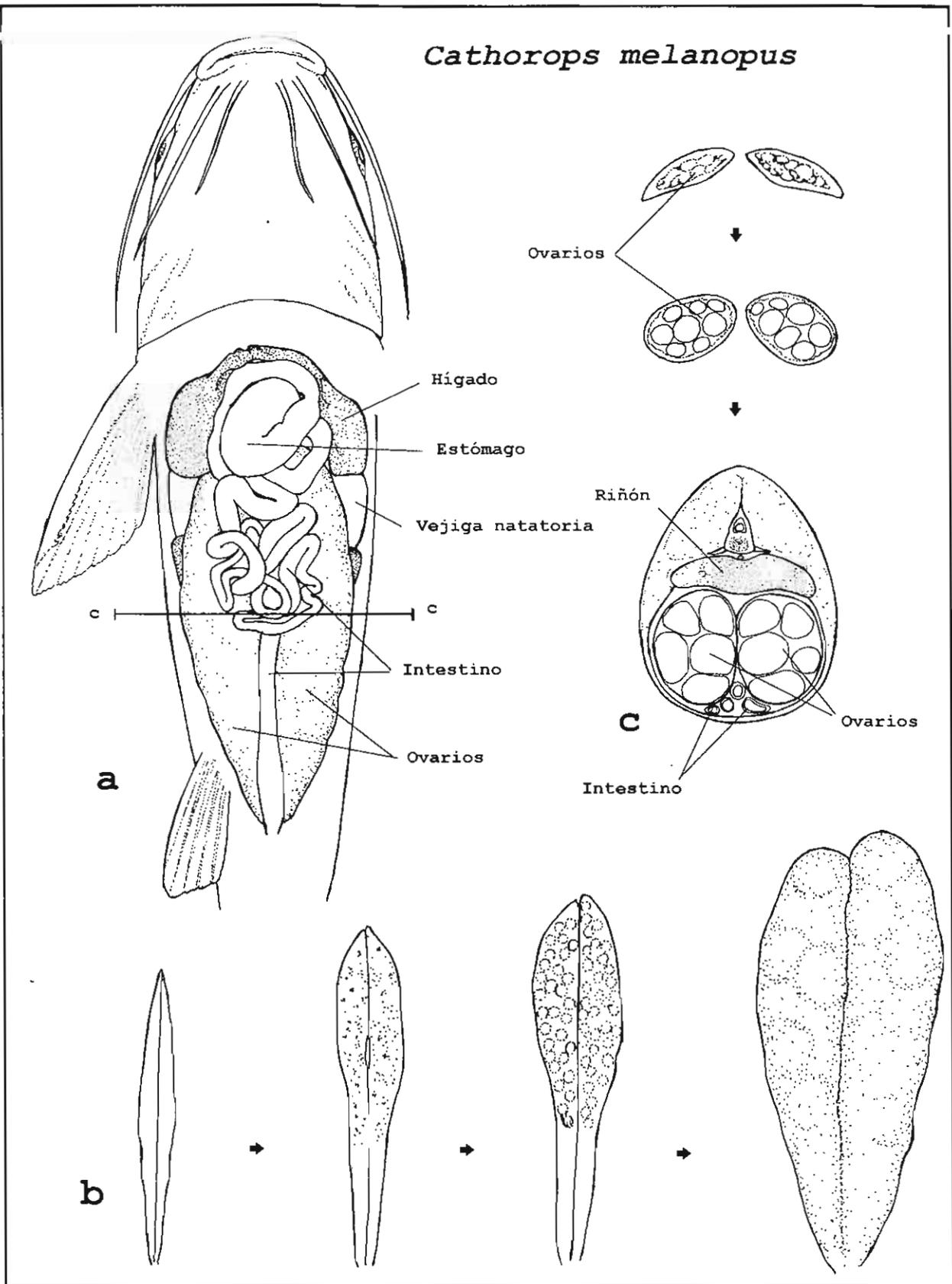


Figura 35. Ovarios de *Cathorops melanopus* (Ariidae). a) Vista ventral de la cavidad visceral. b) Secuencia de maduración de los ovarios. c) Corte transversal de los ovarios en maduración.

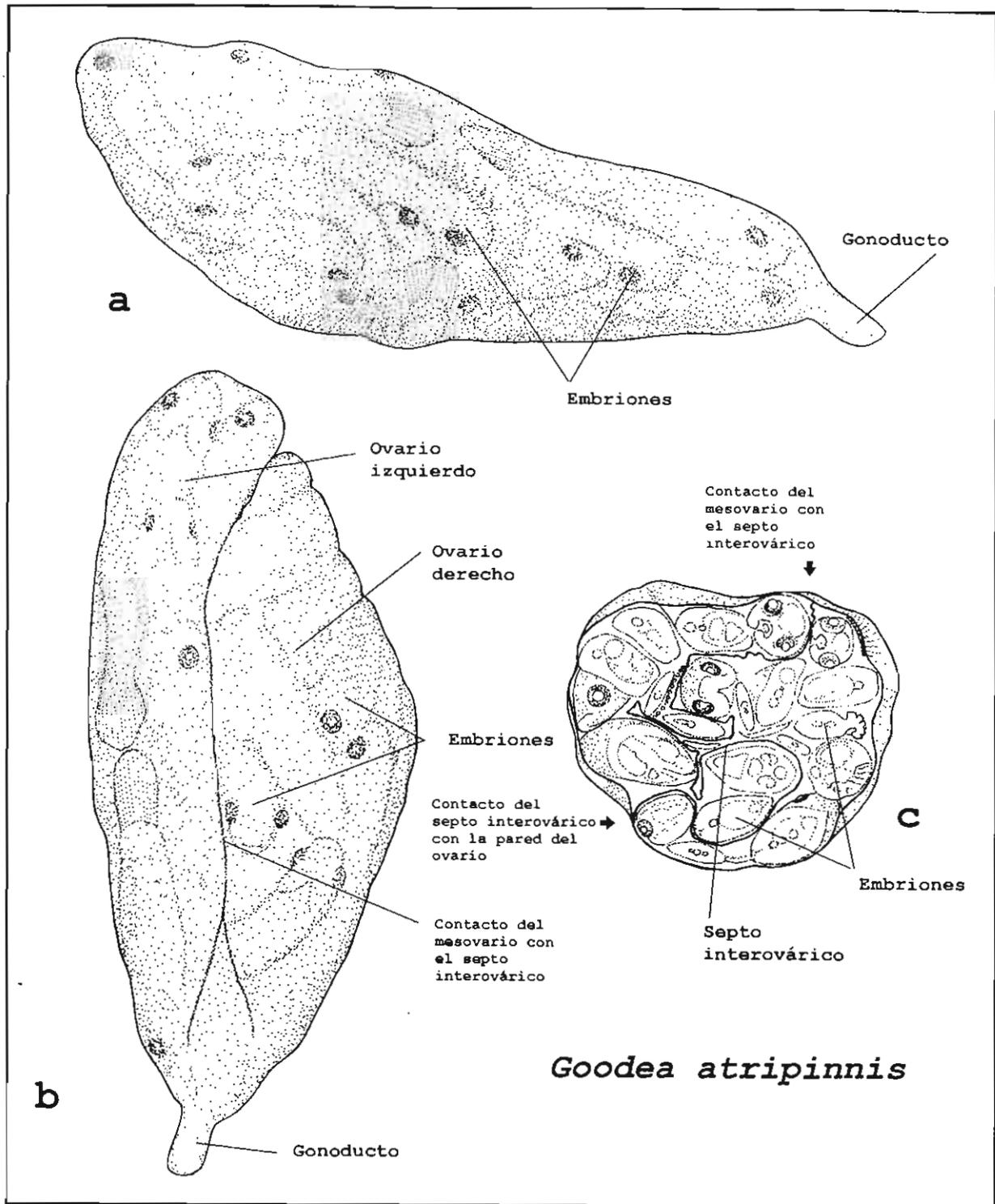


Figura 36. Ovario de *Goodea atripinnis* (Goodeidae). a) Vista lateral izquierda. b) Vista dorsal. c) Corte transversal.

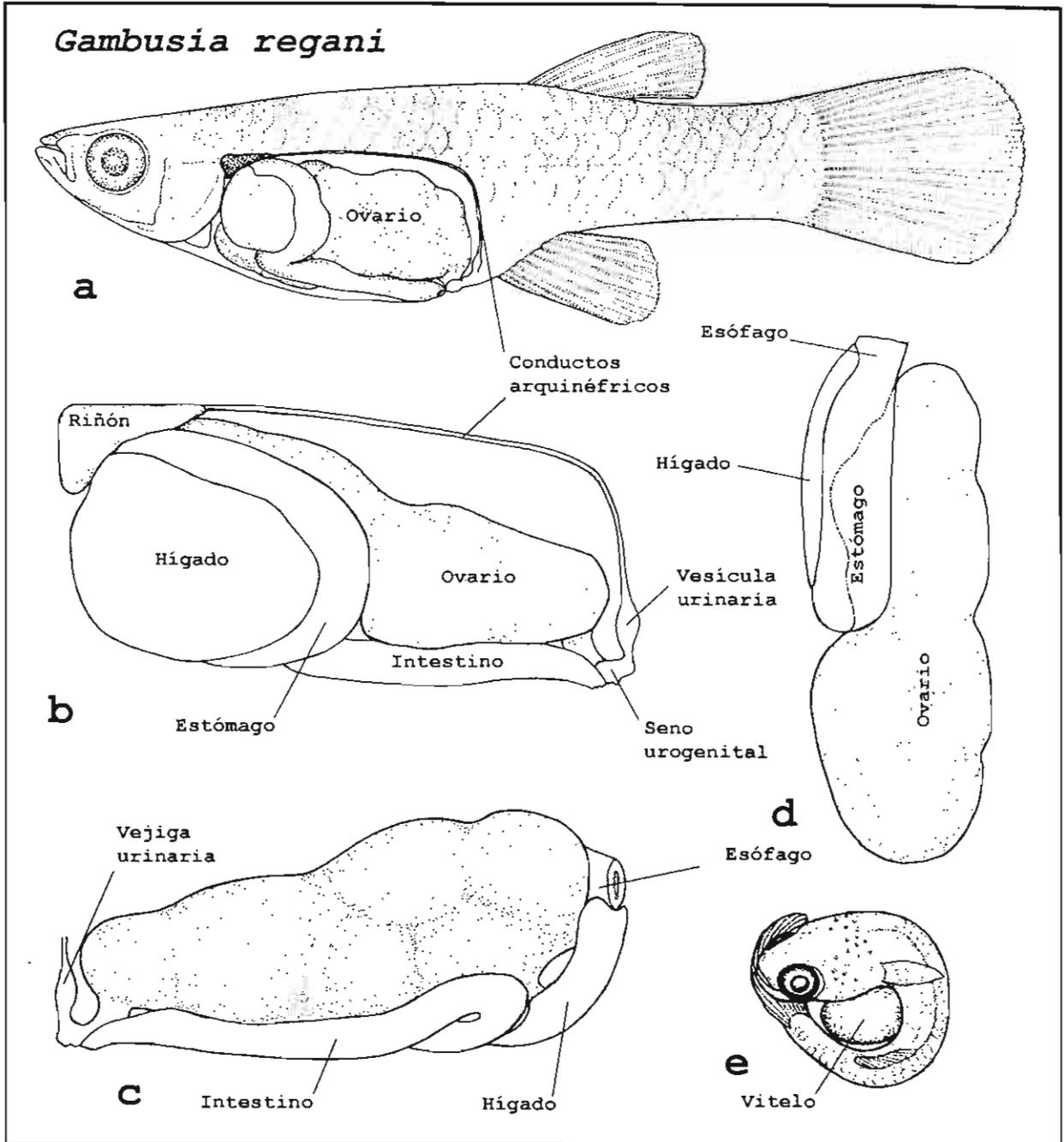


Figura 37. Ovarios de *Gambusia regani* (Poeciliidae). a, b) Vista lateral izquierda de la cavidad visceral. c) Vista lateral derecha del ovario y el sistema digestivo. d) Vista dorsal de los mismos órganos. e) Embrión.

*Syngnathus scovelli*

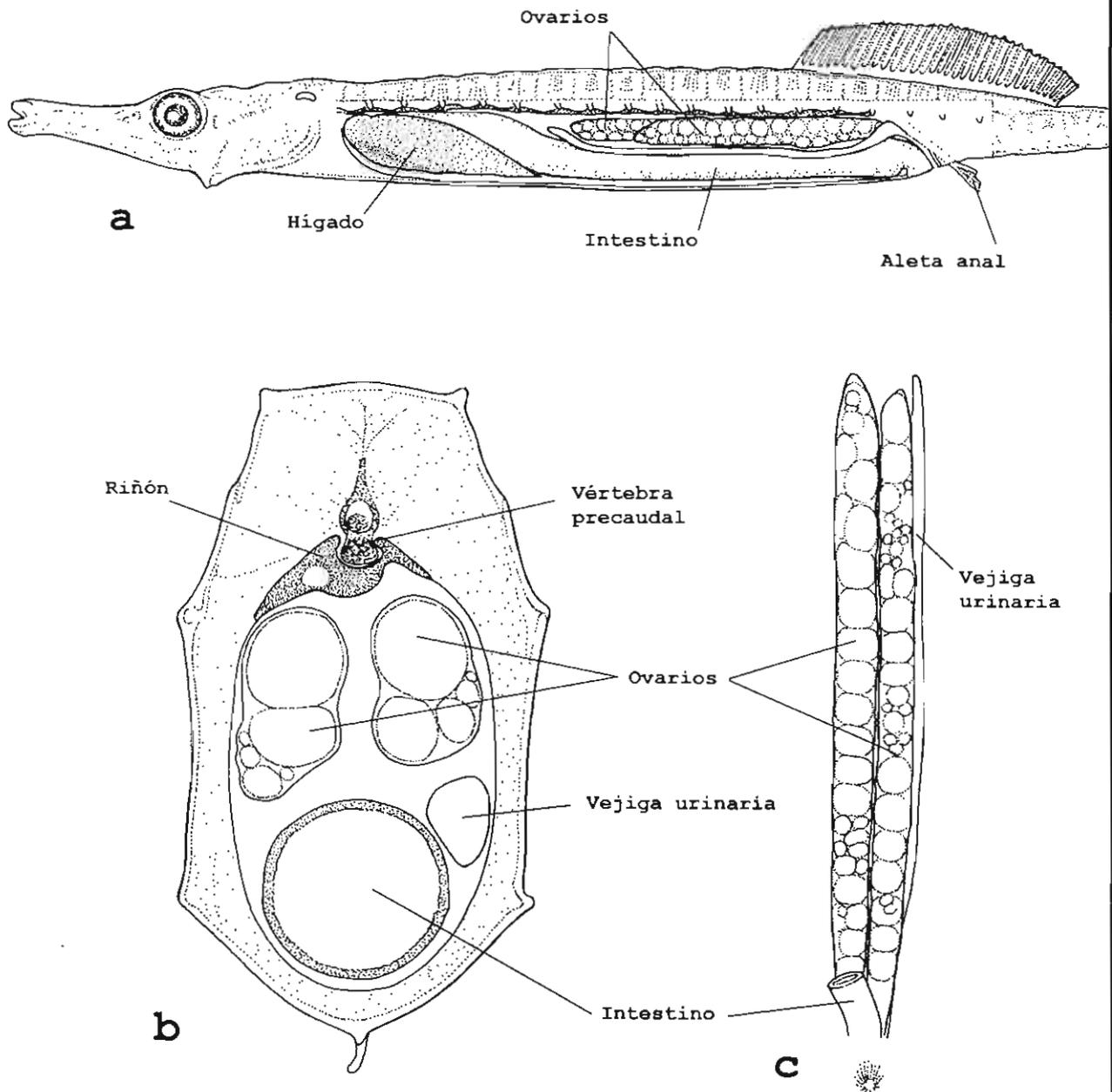


Figura 38. Ovarios de *Syngnathus scovelli* (Syngnathidae).  
a) Vista lateral de la cavidad visceral. b) Corte transversal de la cavidad visceral. c) Vista ventral del ovario y la vejiga urinaria.

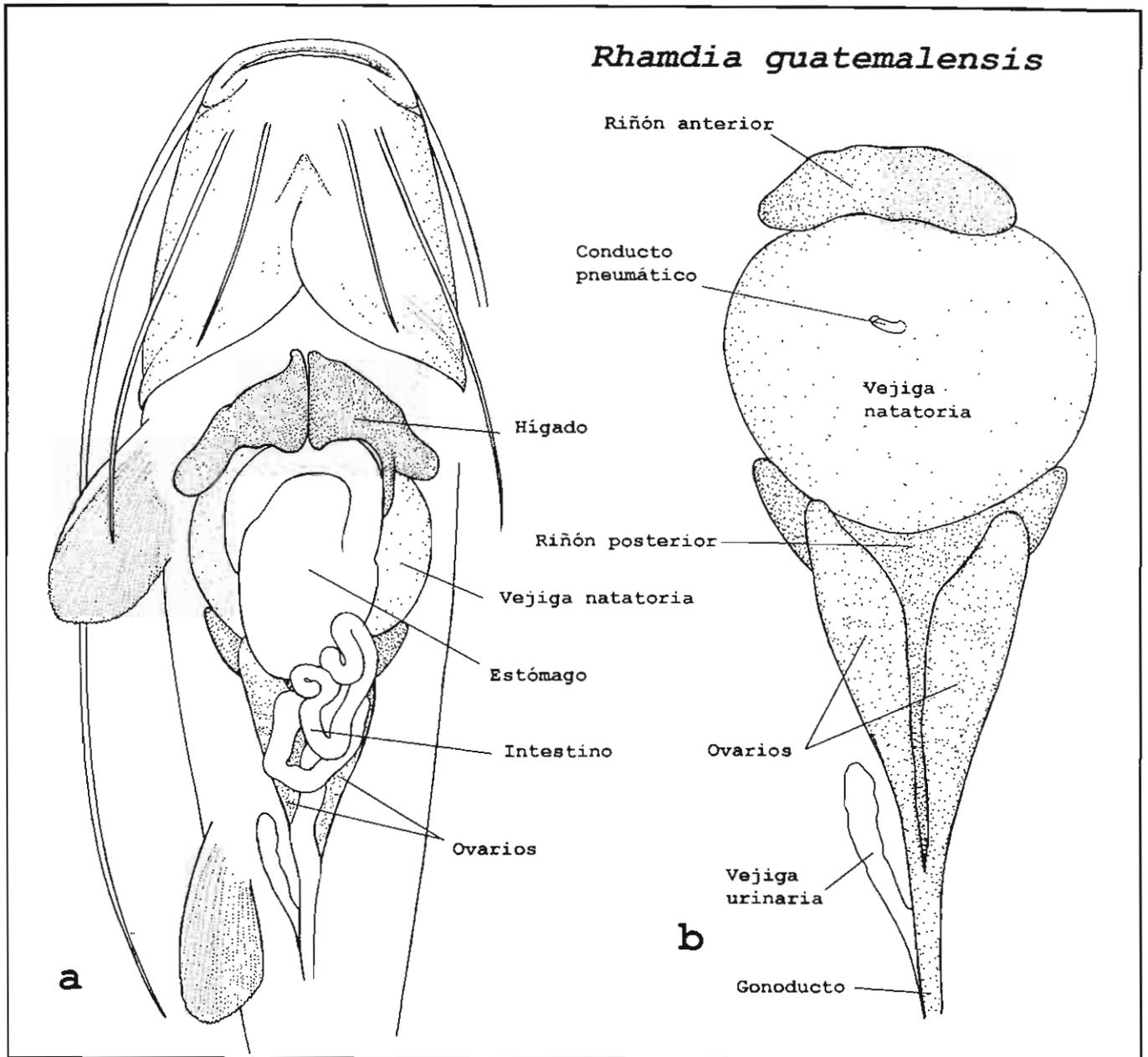


Figura 39. Ovarios de *Rhamdia guatemalensis* (Pimelodidae). a) Vista ventral de la cavidad visceral. b) Vista ventral del sistema urogenital.

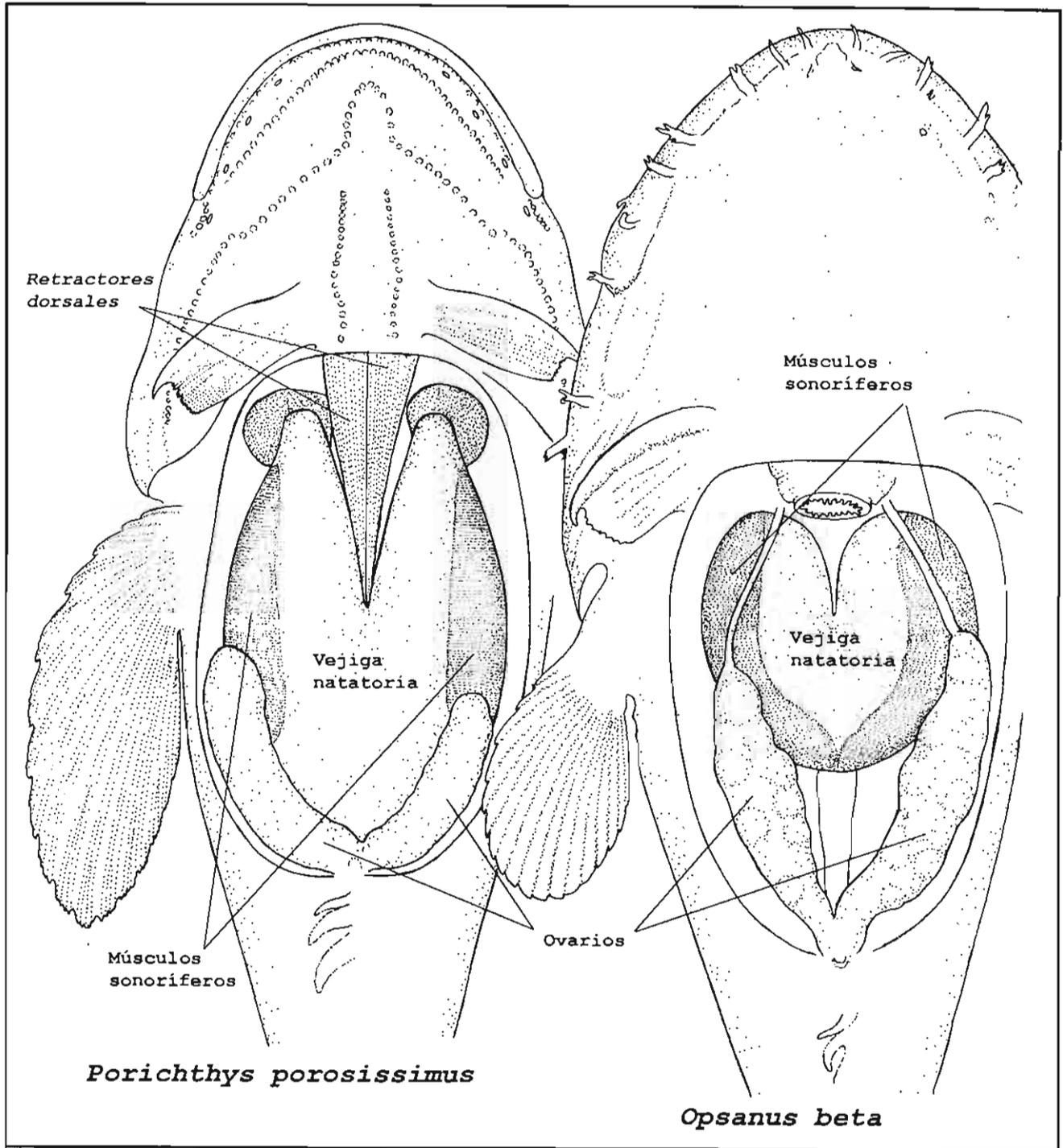


Figura 40. Ovarios de los Batrachoididae. Vista ventral de la cavidad visceral. a) *Porichthys porosissimus*. b) *Opsanus beta*.

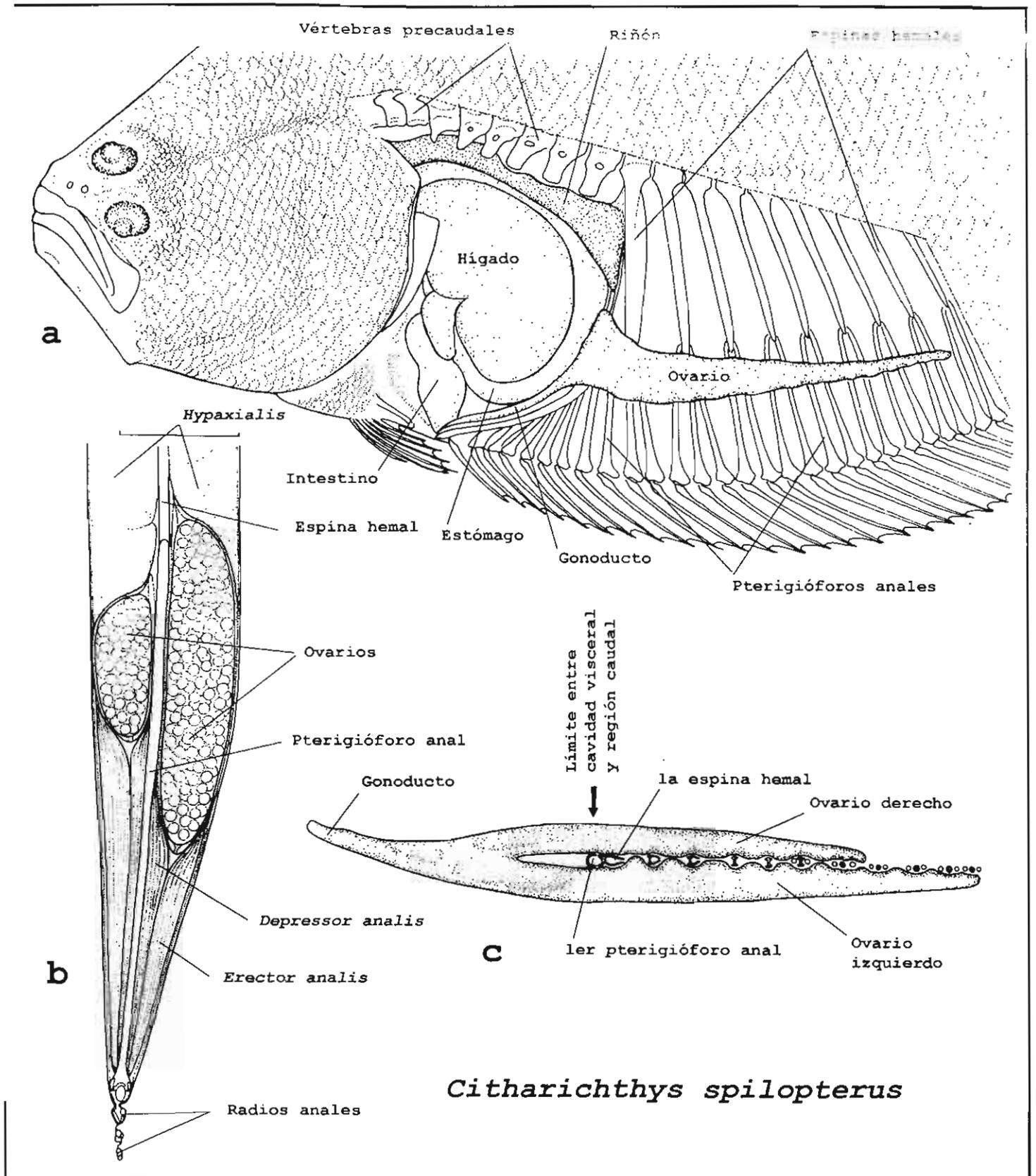


Figura 41. Ovarios de *Citharichthys spilopterus* (Paralichthyidae). a) Vista lateral izquierda (lado oculado) de la cavidad visceral y parte del esqueleto postcefálico. b) Corte transversal de la región caudal al nivel de los ovarios. c) Vista dorsal de los ovarios.

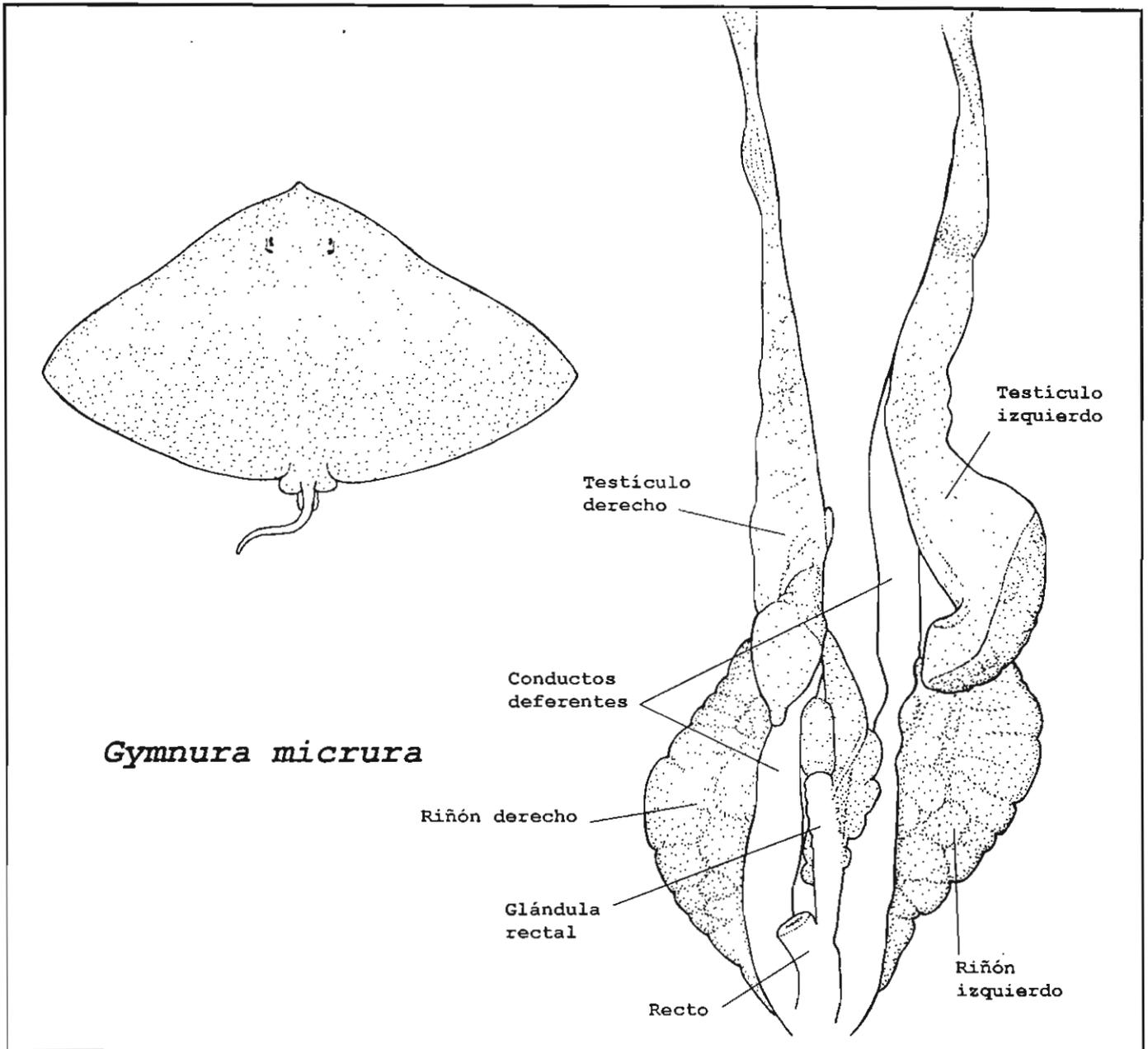


Figura 42. Testículos de *Gymnura micrura* (Gymnuridae).  
Vista ventral del sistema urogenital.

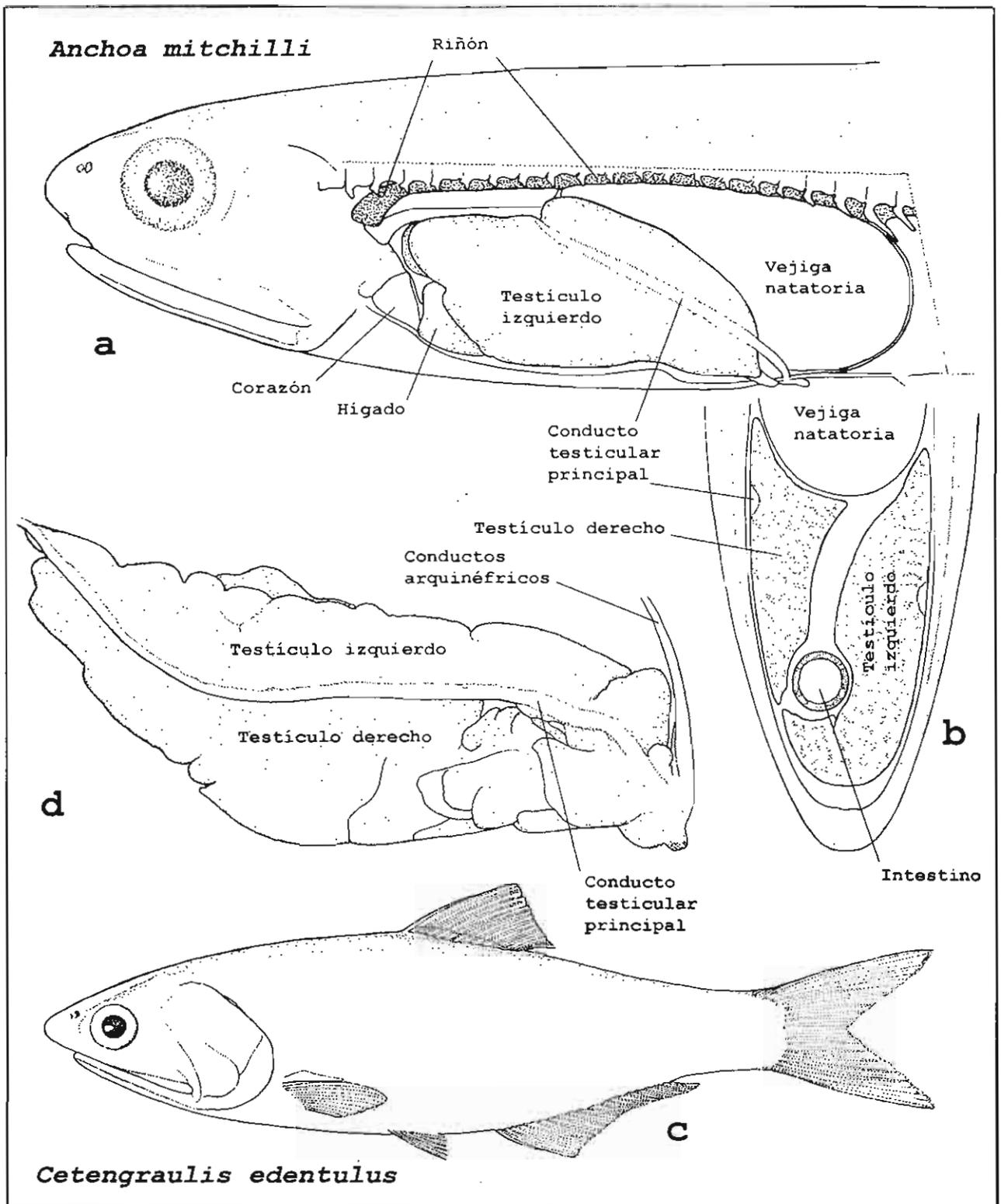


Figura 43. Testículos de Engraulidae. a) Vista lateral de la cavidad visceral de *Anchoa mitchilli*. b) Corte transversal de la cavidad visceral de la misma especie. c) *Cetengraulis edentulus*. c) Vista lateral izquierda de los testículos de la misma especie.

*Bairdiella  
chrysoura*

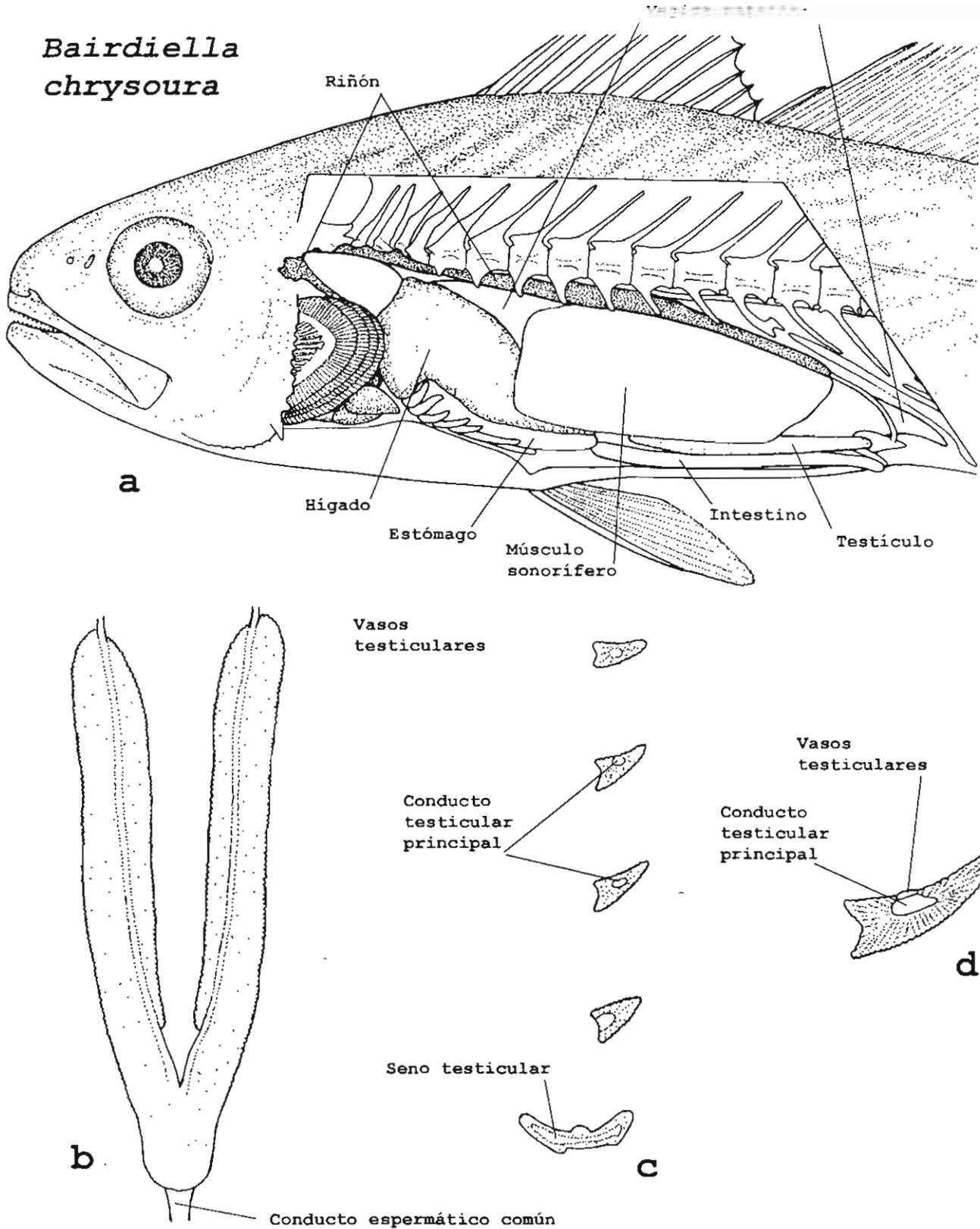


Figura 44. Testículos de *Bairdiella chrysoura* (Sciaenidae). a) Vista lateral de la cavidad visceral del macho. b) Vista dorsal de los testículos. c, d) Secciones transversales del testículo.

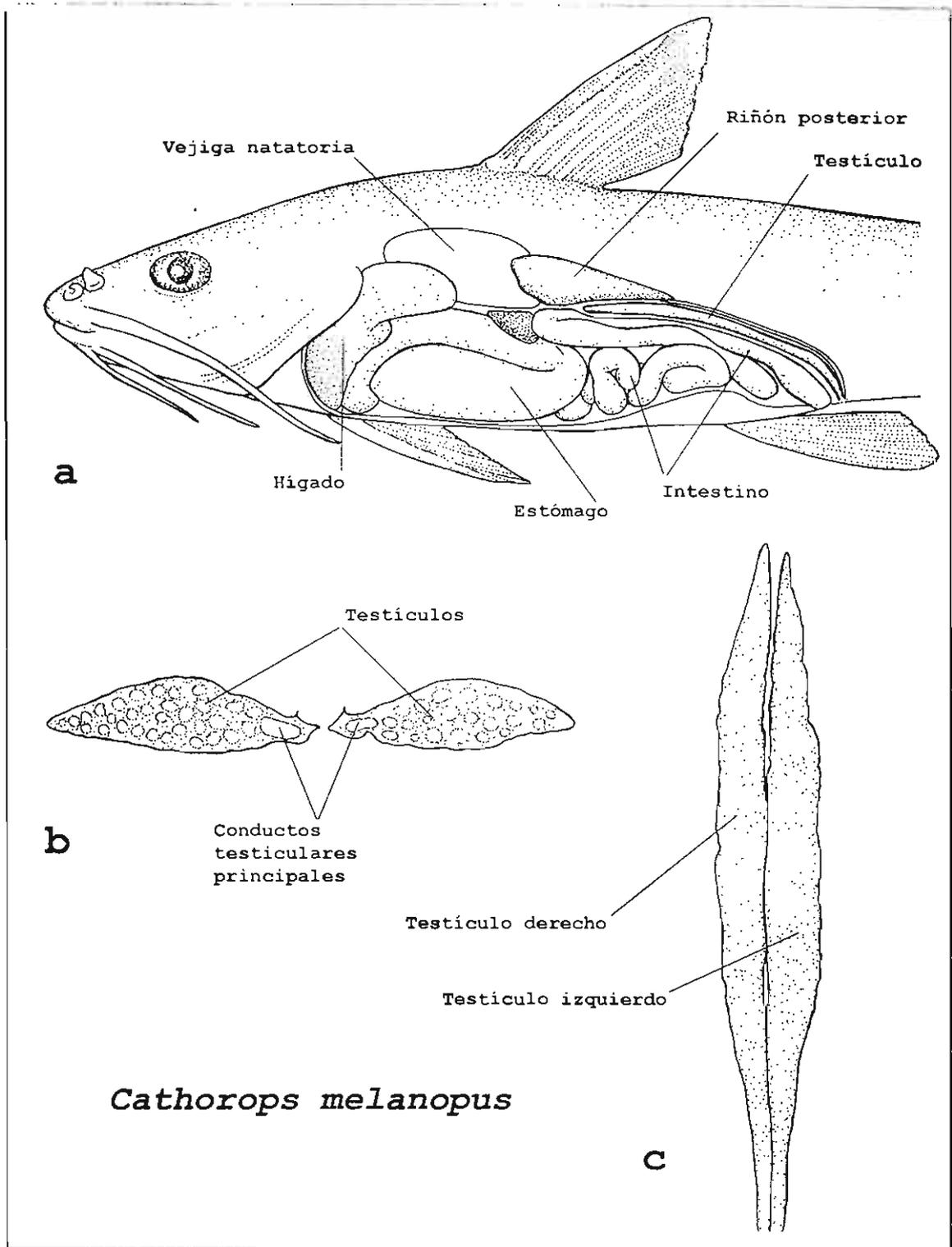


Figura 45. Testículos de *Cathorops melanopus* (Ariidae).  
 a) Vista lateral de la cavidad visceral. b) Corte trasversal de ambos testículos. c) Vista ventral de los testículos.

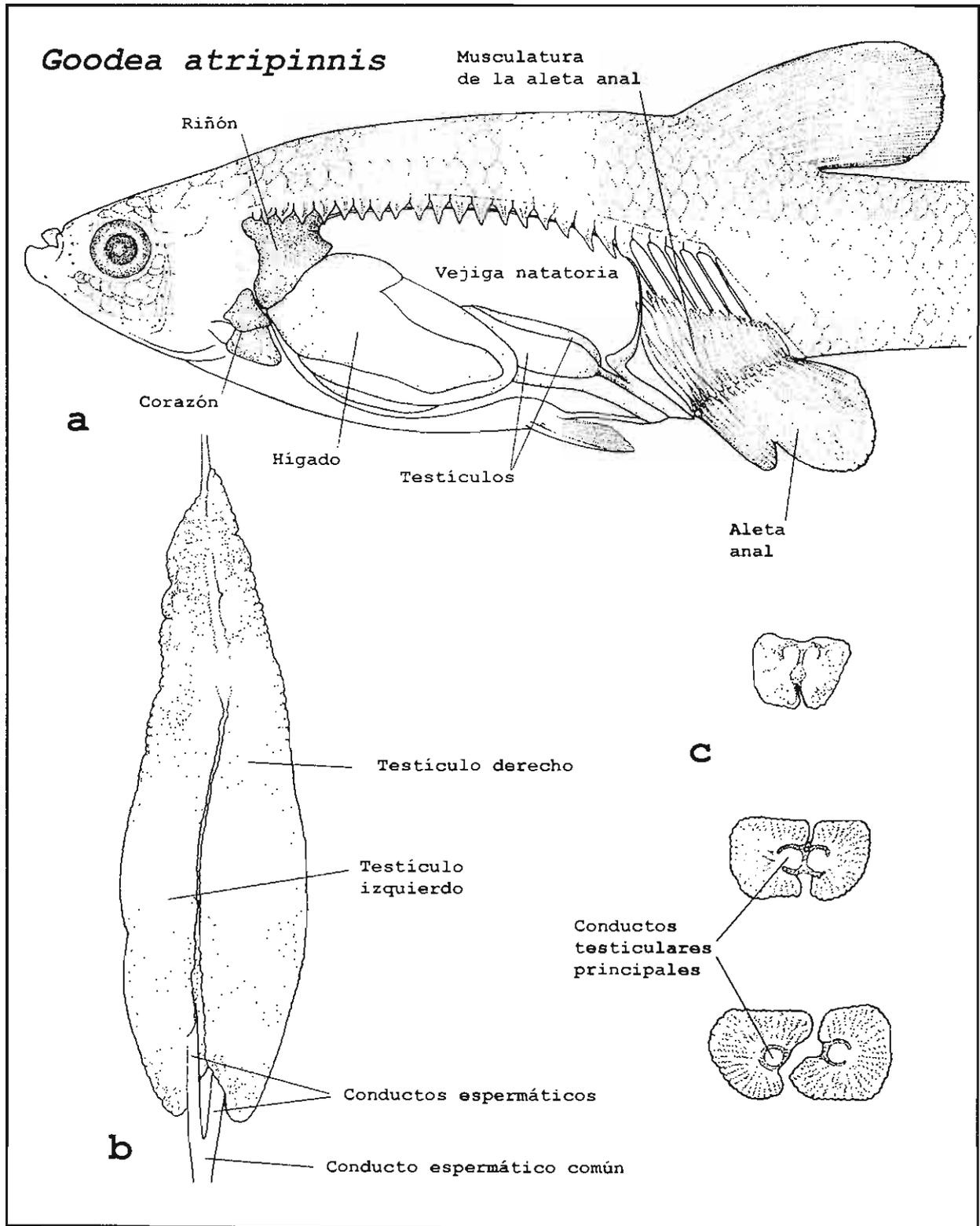


Figura 46. Testículos de *Goodea atripinnis* (Goodeidae).  
 a) Vista lateral de la cavidad visceral. b) Vista dorsal de los testículos. c) Cortes transversales de los

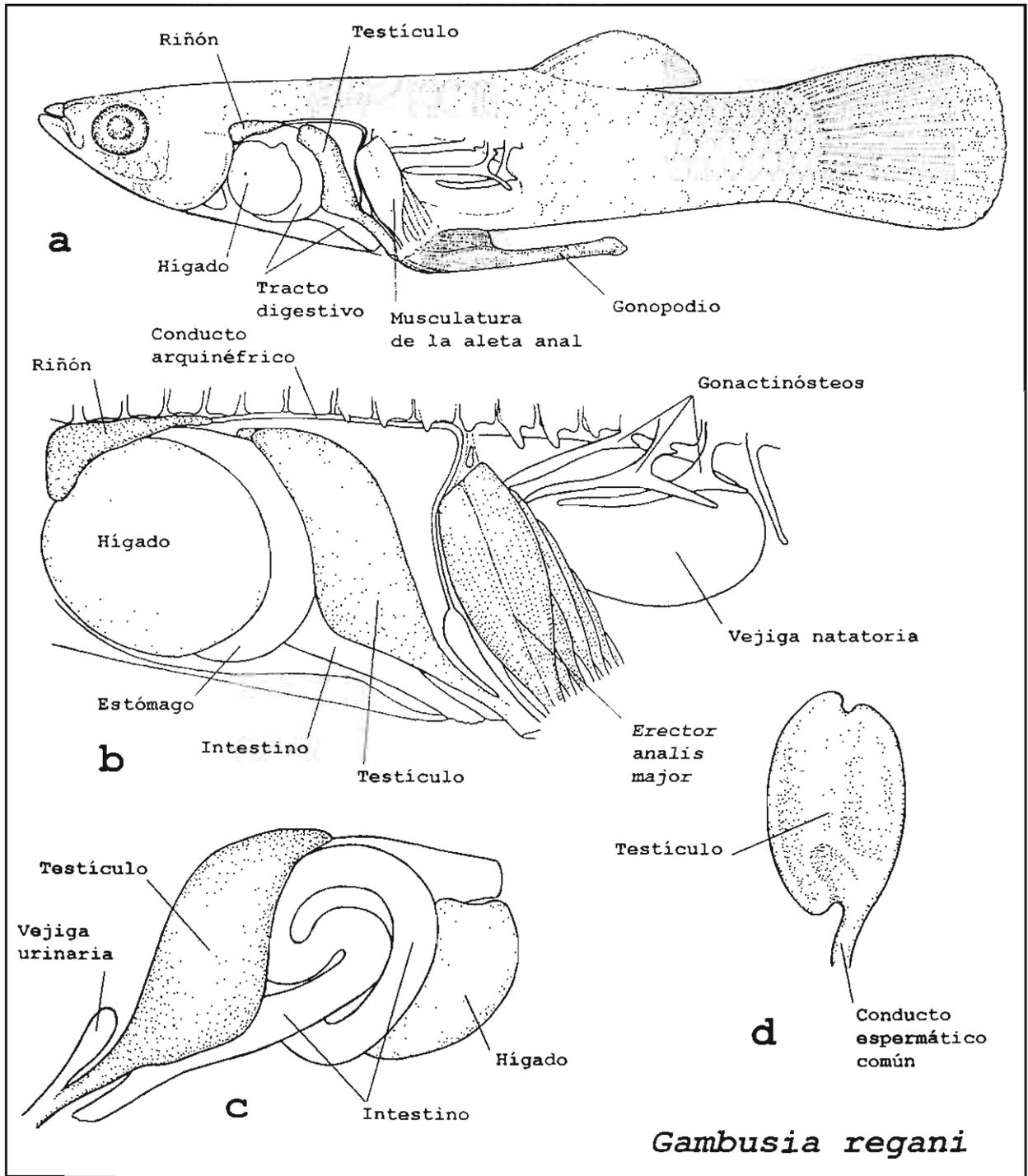
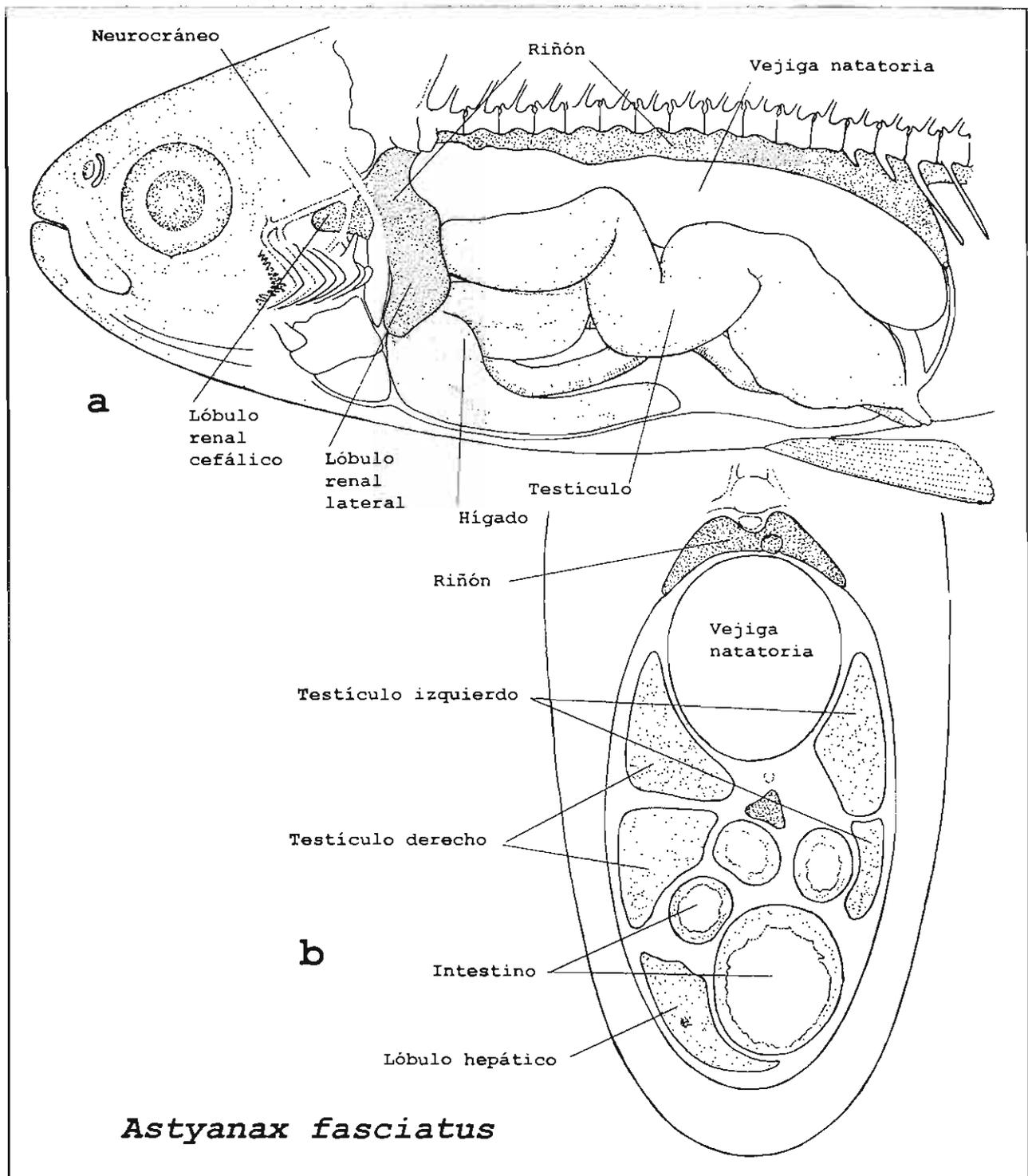


Figura 47. Testículo de *Gambusia regani* (Poeciliidae). a) b) Vista lateral izquierda de la cavidad visceral. c) Vista lateral derecha del sistema digestivo y el testículo. d) Vista anterior del testículo.



*Astyanax fasciatus*

Figura 48. Testículos de *Astyanax fasciatus* (Characidae).  
 a) Vista lateral de la cavidad visceral. b) Corte transversal de la cavidad visceral al nivel del intestino.

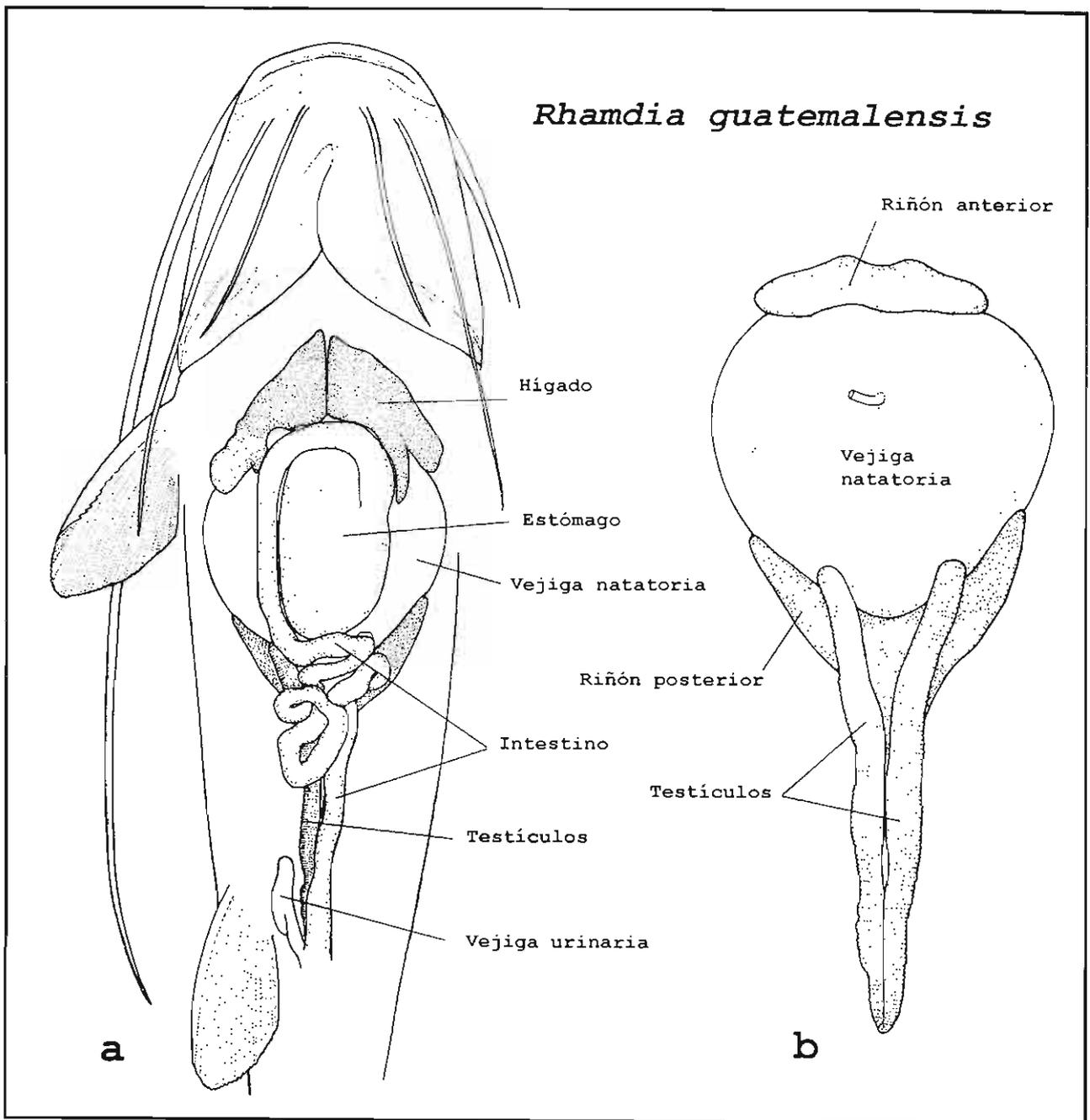


Figura 49. Testículos de *Rhamdia guatemalensis* (Pimelodidae). a) Vista ventral de la cavidad visceral. b) Vista ventral del sistema urogenital.

*Ictalurus balsanus*

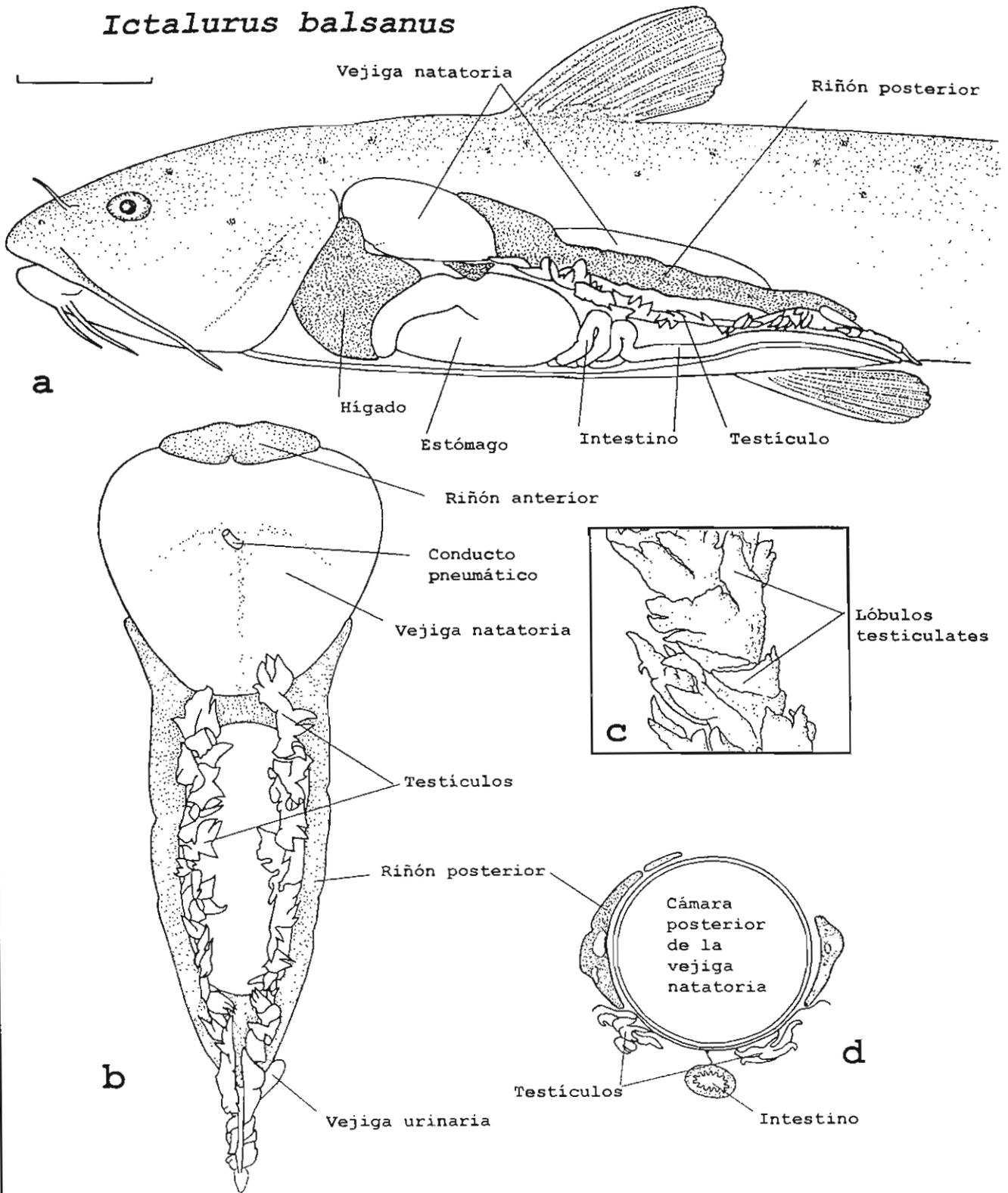


Figura 50. Testículos de *Ictalurus balsanus* (Ictaluridae). a) Vista lateral de la cavidad visceral. b) Vista ventral del sistema urogenital. c) Aspecto de una porción de un testículo. d) Corte transversal de la cámara posterior de la vejiga natatoria y del sistema urogenital.

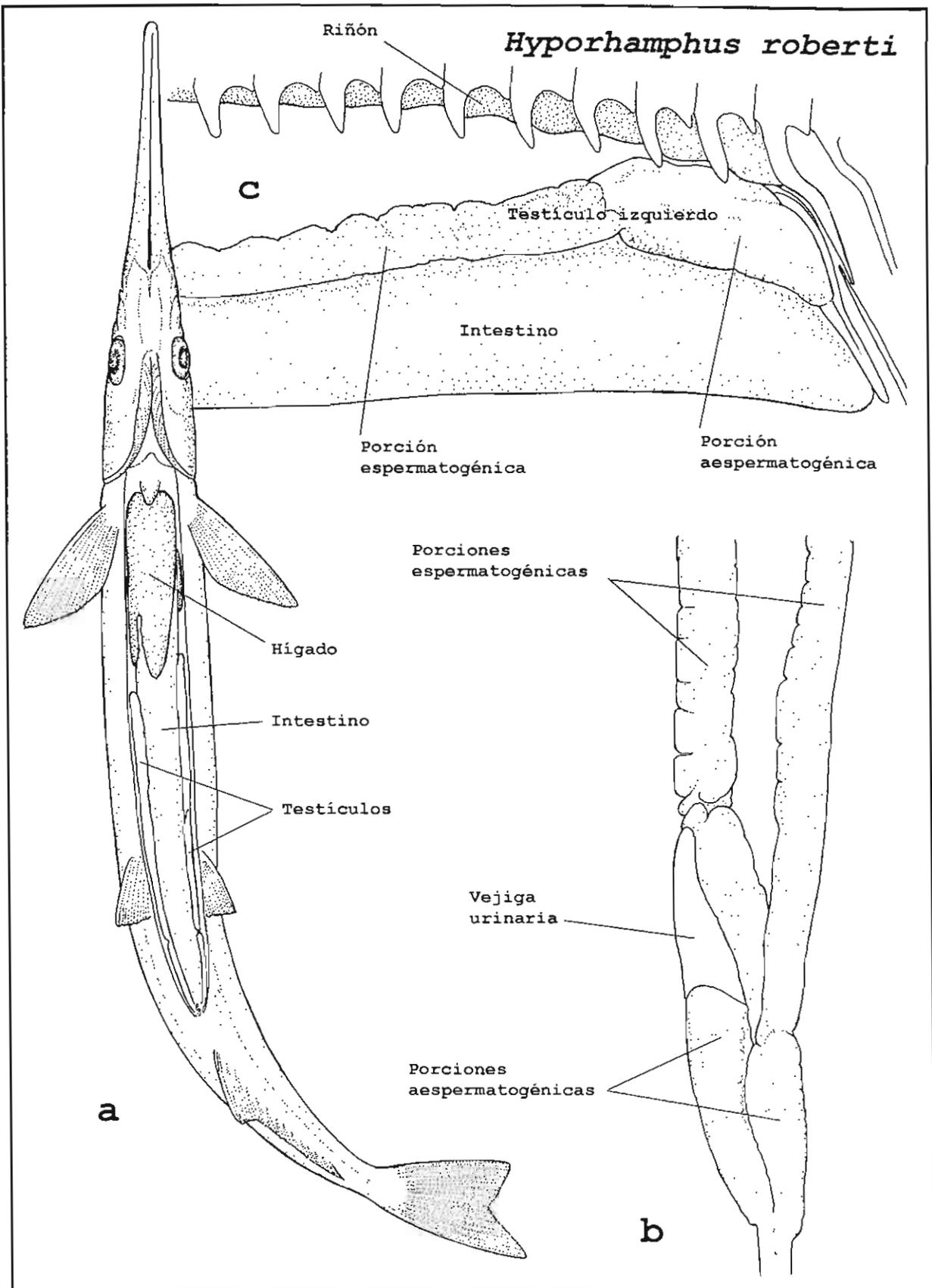


Figura 51. Testículos de *Hyporhamphus roberti* (Hemirhamphidae). a) Vista ventral de la cavidad visceral. b) Vista lateral del testículo. c) Vista ventral de ambos testículos.

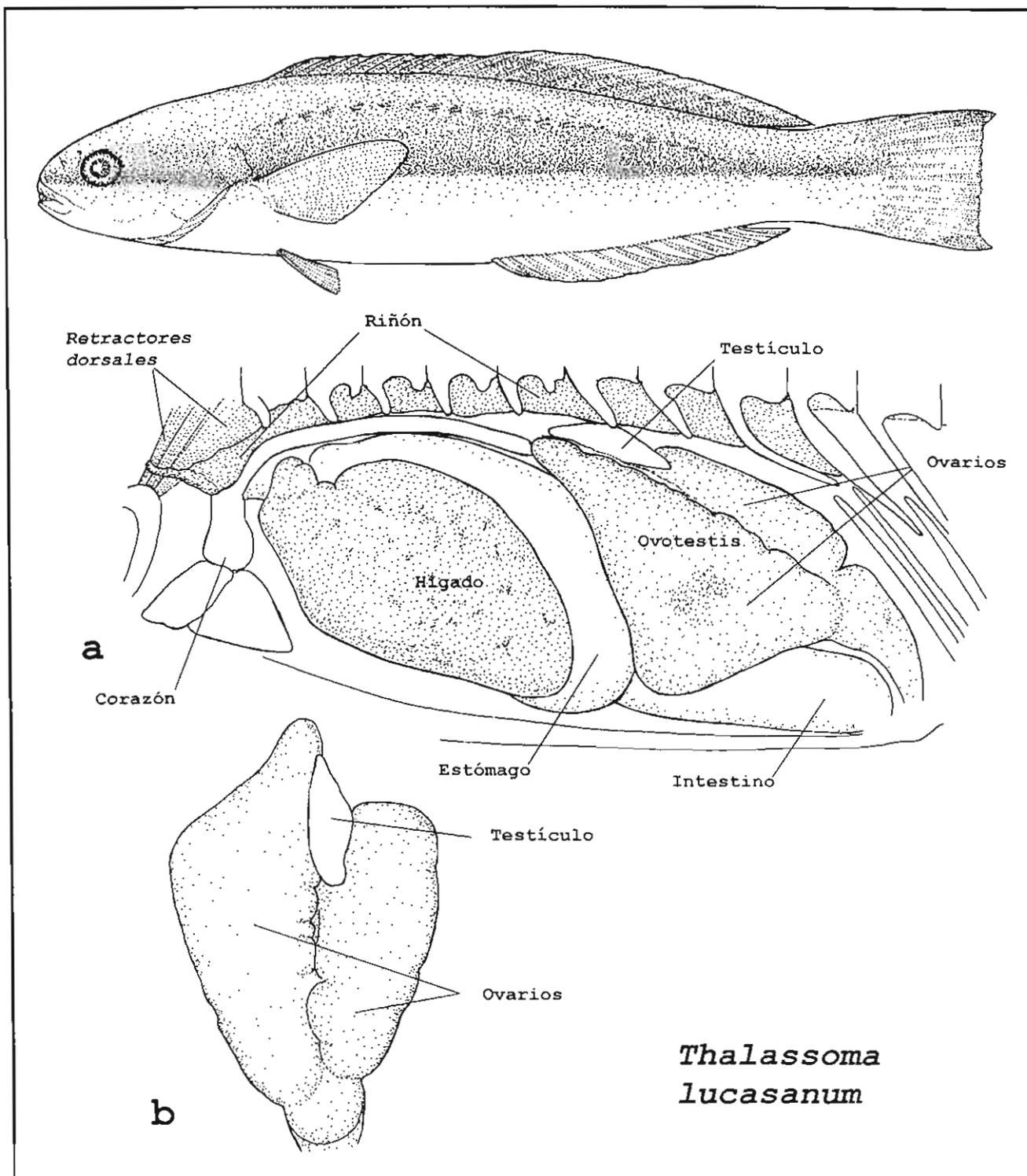


Figura 52. Ovotestis de *Thalassoma lucasanum* (Labridae).  
 a) Vista lateral de la cavidad visceral. b) Vista dorsal del ovotestis.

## **Diversidad del sistema de conductos urogenitales**

### **Conductos urinarios accesorios**

En los Squaliformes *Carcharhinus* sp. y en los Rajiformes como *Urotrygon chilensis*, *Raja texana* (Fig. 53 a), *Dasyatis sabina* (Fig. 53 b), y *Gymnura micrura* (Fig. 6, 7), la orina se conduce desde los riñones por los llamados conductos urinarios accesorios, que resultan de la unión de conductos colectores. En las hembras los dos conductos urinarios accesorios se abren a la cloaca mediante las papilas urinarias. En los machos se unen ambos conductos para abrirse mediante un orificio urinario común en la papila urogenital.

### **Conductos arquinéfricos totalmente separados**

En especies como *Goodea atripinnis* (Fig. 55 a), *Gambusia regani* y *Gambusia affinis* (Poeciliidae) (Fig. 69 a, b) y *Bairdiella chrysoura* (Sciaenidae) (Fig. 54) ambos conductos arquinéfricos salen del riñón y corren paralelamente hasta alcanzar por separado la vejiga urinaria.

En las especies que tienen riñones cortos, los conductos arquinéfricos son largos como en *Gambusia* (Fig. 55 b). En las especies con riñones largos dichos conductos son cortos, como en *B. chrysoura* (Fig. 55 c) y *Gobionellus hastatus* (Gobiidae) (Fig. 55 d).

La longitud de los conductos arquinéfricos varía de acuerdo con el "adelantamiento" de la aleta anal, como se observa en *Menidia beryllina* (Atherinopsidae) (Fig. 55 f), en contraste con *Membras vagrans* (Atherinopsidae) (Fig. 55 e)

En numerosas especies como *Cathorops melanopus* (Ariidae) (Fig. 56 a), *Ictalurus punctatus* (Fig. 56 b) (Ictaluridae), *Diodon hystrix* (Diodontidae) (Fig. 14) ambos conductos abandonan por separado la parte posterior del riñón y después de un tramo, se fusionan en el llamado conducto urinario común.

### **Sin vejiga urinaria**

Tanto los Cephalaspidomorphi como los Chondrichthyes carecen de reservorio de la orina. En las lampreas como *Lampetra spadicea* cada conducto arquinéfrico recorre el borde ventral del mesonefros, sin estar libre, y ambos

conductos se comunican directamente con la papila urogenital.

En los tiburones y rayas los conductos arquinéfricos del macho están transformados en los conductos deferentes, como se observa en *Dasyatis sabina* (Fig. 60), y en las hembras están ausentes.

#### **Vejiga urinaria simple**

En especies de bagres de la familia Ariidae (Fig. 56 a) y de lenguados como *Citharichthys spilopterus* (Paralichthyidae) (Fig. 62) y *Bothus robinsi* (Bothidae), la vejiga urinaria es el ensanchamiento de un tramo del conducto urinario común.

En otras especies como *Goodea atripinnis* (Goodeidae) (Fig. 56 d) y *Gambusia regani* (Poeciliidae) (Fig. 56 i, j) la vejiga urinaria es un saco impar que recibe a los dos conductos arquinéfricos, y que se continúa como conducto urinario común.

#### **Vejiga urinaria doble**

La vejiga urinaria puede estar subdividida en dos lóbulos, como en *Bairdiella chrysoura* (Sciaenidae) (Fig. 56 c), en la que los dos lóbulos son desiguales.

#### **Vejiga urinaria con un solo lóbulo**

Numerosas especies presentan la vejiga urinaria formada por un único lóbulo, el cual se orienta hacia uno de los lados. En términos generales el lóbulo se coloca en el lado izquierdo en *Syngnathus scovelli* (Syngnathidae), en la cual es notablemente larga, rebasando con frecuencia la longitud de las gónadas.

En *Ictalurus balsanus* e *Ictalurus punctatus* (Fig. 56 b) se coloca en el lado derecho.

#### **Vejiga urinaria extravisceral**

En las especies de lenguados de la familia Achiridae, *Achirus lineatus* (Fig. 56 g, h), *Trinectes maculatus* y *Gymnachirus texae* la vejiga urinaria está formada por un largo lóbulo, que se ubica fuera de la cavidad visceral, acompañando al lóbulo posterior del riñón y en las hembras, además al ovario izquierdo.

### **Sin oviductos**

La lamprea *L. spadicea* carece de oviductos, quedando los ovocitos maduros libres en la cavidad visceral.

Asimismo, la anguila *Ophichthus gomesi* (Ophichthyidae), carece de oviductos, haciendo contacto directo cada ovario con la abertura genital (Fig. 32).

### **Dos oviductos funcionales**

En *Raja texana* (Rajidae) (Fig. 57) se forman los dos oviductos, los cuales son funcionales para el transporte de los huevos al exterior.

### **Un solo oviducto funcional**

En *Dasyatis sabina* (Dasyatidae) (Fig. 58) se forman los dos oviductos, sin embargo, solo es funcional el izquierdo para albergar los embriones.

### **Trompas de Falopio ventrales al hígado**

Las dos trompas de Falopio rodean tanto al esófago como a los lóbulos hepáticos anteriores, hasta unirse entre sí en el ostium, como en *Carcharhinus* sp. (Fig. 59), y *Dasyatis sabina*.

### **Trompas de Falopio ventrales al esófago**

Las dos trompas de Falopio exclusivamente rodean al esófago, hasta unirse por la parte ventral al mismo, como en *Gymnura micrura* (Gymnuridae) (Fig. 29 b).

### **Abertura común de las Trompas de Falopio**

En el tiburón *Carcharhinus* sp. (Fig. 59), y en las rayas *Dasyatis sabina* y *Raja texana* (Fig. 57) las dos trompas de Falopio forman un solo ostium.

### **Aberturas separadas de las Trompas de Falopio**

En la raya *Gymnura micrura* (Gymnuridae) (Fig. 29 b) las dos trompas de Falopio se unen ventralmente al esófago, sin embargo, cada una conserva su propia abertura para el ingreso de los ovocitos.

### **Seno genital femenino**

En la raya *Raja texana* (Rajidae) (Fig. 57) ambos oviductos se unen a un seno común, el cual se abre a la cloaca.

### **Utero con trofonemata**

Durante la gestación de los embriones, las rayas *Urotrygon chilensis* (Urolophidae) y *Dasyatis sabina* (Dasyatidae) desarrollan internamente prolongaciones digitiformes o trofonemata (Fig. 58 b) que secretan la "leche intrauterina" para la alimentación del embrión.

### **Conductos deferentes**

La totalidad de machos de especies examinadas de tiburones (*Carcharhynus* sp.) y de rayas (*Urotrygon chilensis*, *Dasyatis sabina*, *Raja texana* y *Gymnura micrura*) (Figs. 60, 42) presentaron los conductos deferentes, los cuales están regionalizados en epidídimo, conducto deferente propiamente, vesícula seminal y saco espermático.

### **Conductos espermáticos**

Los conductos espermáticos son independientes uno del otro en *Anchoa mitchilli* (Engraulidae) y *Onchorhynchus mikiss* (Salmonidae) (Fig. 61), sin formar un conducto espermático común. Son cortos en la primera especie, mientras que en la última son notablemente largos (Fig. 61 a, b).

### **Conducto espermático múltiple**

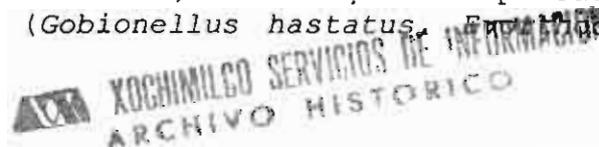
En el lenguado *Citharichthys spilopterus* (Paralichthyidae) (Fig. 62) cada conducto espermático sufre modificaciones notables durante la maduración de los testículos. Se transforma de un conducto simple a una estructura multitubular anastomosada, que contiene espermatozoides. Se reconoce esta misma condición anatómica en otras especies de las familias Paralichthyidae, Bothidae y Pleuronectidae.

### **Conducto espermático común**

Los dos conductos espermáticos se pueden unir en el espermático común, como se observa en *Gambusia regani* (Poeciliidae) (Fig. 47 d) y en *Goodea atripinnis* (Goodeidae) (Fig. 46 b). En *Bairdiella chrysoura* (Sciaenidae) ambos conductos se unen en un seno espermático (Fig. 44).

### **Vesículas seminales**

Como estructuras asociadas a los conductos espermáticos se reconocen las vesículas seminales, las cuales son pareadas en la familia Gobiidae (*Gobionellus hastatus*, *Engraulis*



*lyricus*) e impares en la familia Batrachoididae (*Porichthys porosissimus*, *Opsanus beta*) (Fig. 62).

### **Conducto urogenital**

La unión del conducto urinario común con el conducto espermático común, resulta en un conducto urogenital en los machos de Teleostei, como se ilustra en *Bairdiella chrysoura* (Fig. 56 l).

### **Cloaca**

La cloaca está presente en todas las especies examinadas de Cephalaspidomorphi y Condrichthyes.

En *L. spadicea* se localiza ventral al inicio del último tercio del cuerpo. Tiene aspecto ligeramente longitudinal y de la misma sobresale parte de la papila urogenital, en ambos sexos.

En *Carcharhinus* sp., *Urotrygon chilensis*, *Dasyatis sabina*, *Raja texana* y *Gymnura micrura* (Figs. 4, 12), la cloaca se localiza entre las dos aletas pélvicas. Cerca de los bordes de la cloaca, estas especies muestran los dos orificios abdominales, que comunican la cavidad visceral con el exterior.

### **Orificio genital femenino**

En la lamprea de Chapala *L. spadicea* los ovocitos maduros pasan por un par de orificios al interior de la papila urogenital, para ser expulsado por el orificio urogenital.

En el tiburón *Carcharhinus* sp. y en las rayas *Urotrygon chilensis*, *Dasyatis sabina* y *Gymnura micrura*, cada oviducto se abre a la parte anterior de la cloaca (Fig. 6). En *raja texana* (Fig. 57) ambos oviductos convergen a un seno genital, que a su vez se abre en la parte anterior de la cloaca (Figs. 4, 6).

En las hembras de los teleósteos examinados el orificio genital femenino o gonoporo se abre inmediatamente detrás del ano, sin formarse una papila genital. Sin embargo, en *Gambusia regani* (Poeciliidae) el orificio genital femenino se abre a un seno urogenital (Figs. 37, 56 j).

### **Orificio genital masculino**

En los machos de *L. spadicea* el esperma pasa a la papila urogenital por dos orificios de ésta y salen por el orificio urogenital.

En los machos de los condriictios examinados los dos conductos deferentes se abren por separado en el extremo de la papila urogenital, colocada en el techo de la cloaca, como se observa en *G. micrura* (Gymnuridae) (Fig. 7 d, e).

En los teleósteos examinados el conducto urogenital se abre al exterior mediante el orificio urogenital, como en *Bairdiella chrysoura* (Sciaenidae) (Fig. 8). Sin embargo, en varias especies el orificio se encuentra en la punta de una papila urogenital, colocada detrás del ano como en *Goodea atripinnis* (Goodeidae), *Gobionellus hastatus* y *Evorthodus lyricus* (Gobiidae).

En *Citharichthys spilopterus* (Paralichthyidae) la papila urogenital lleva un verticilo de pequeñas papilas.

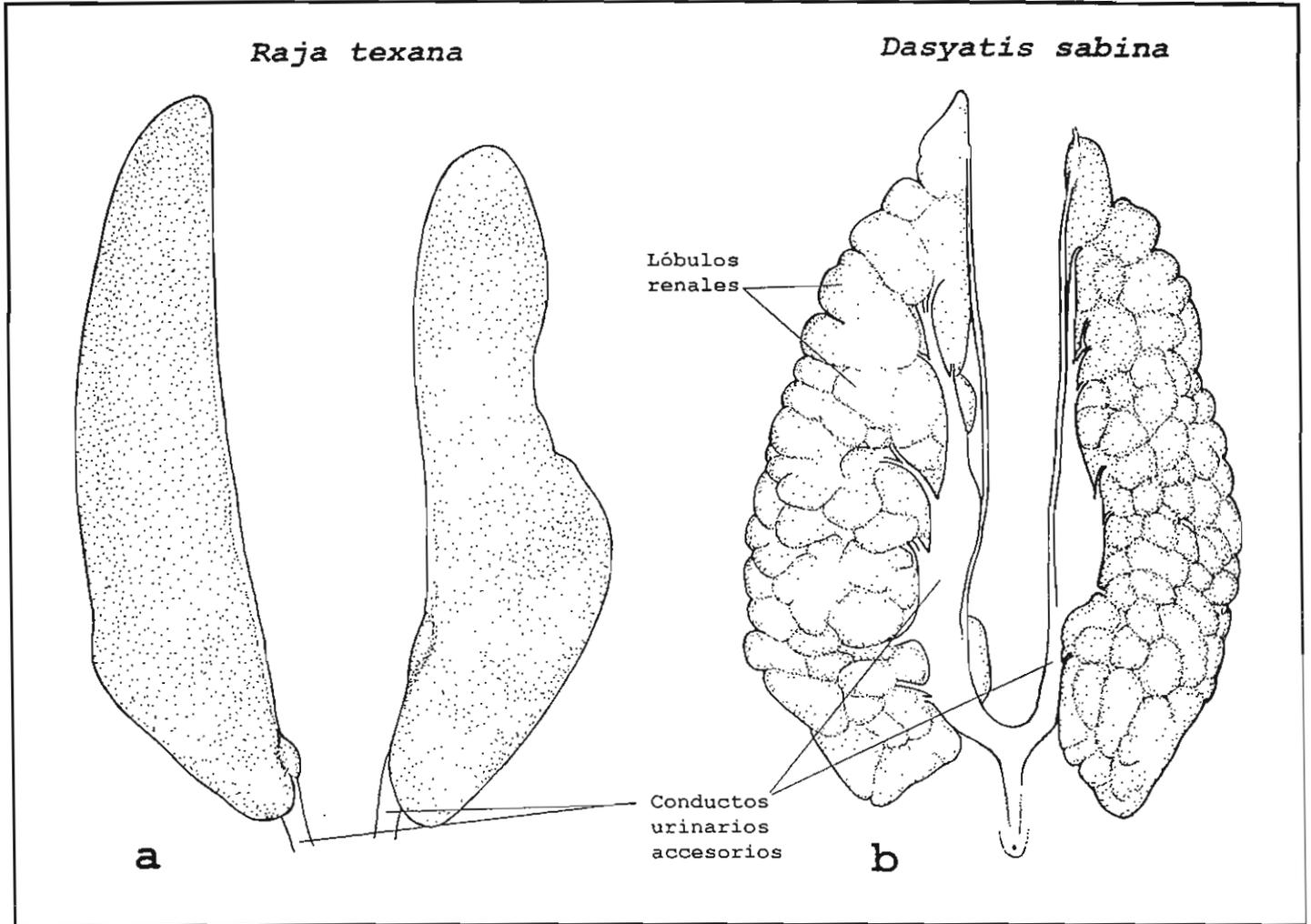


Figura 53. Conductos urinarios accesorios de los Rajiformes. a) *Raja texana* (Rajidae). b) *Dasyatis sabina* (Dasyatidae).

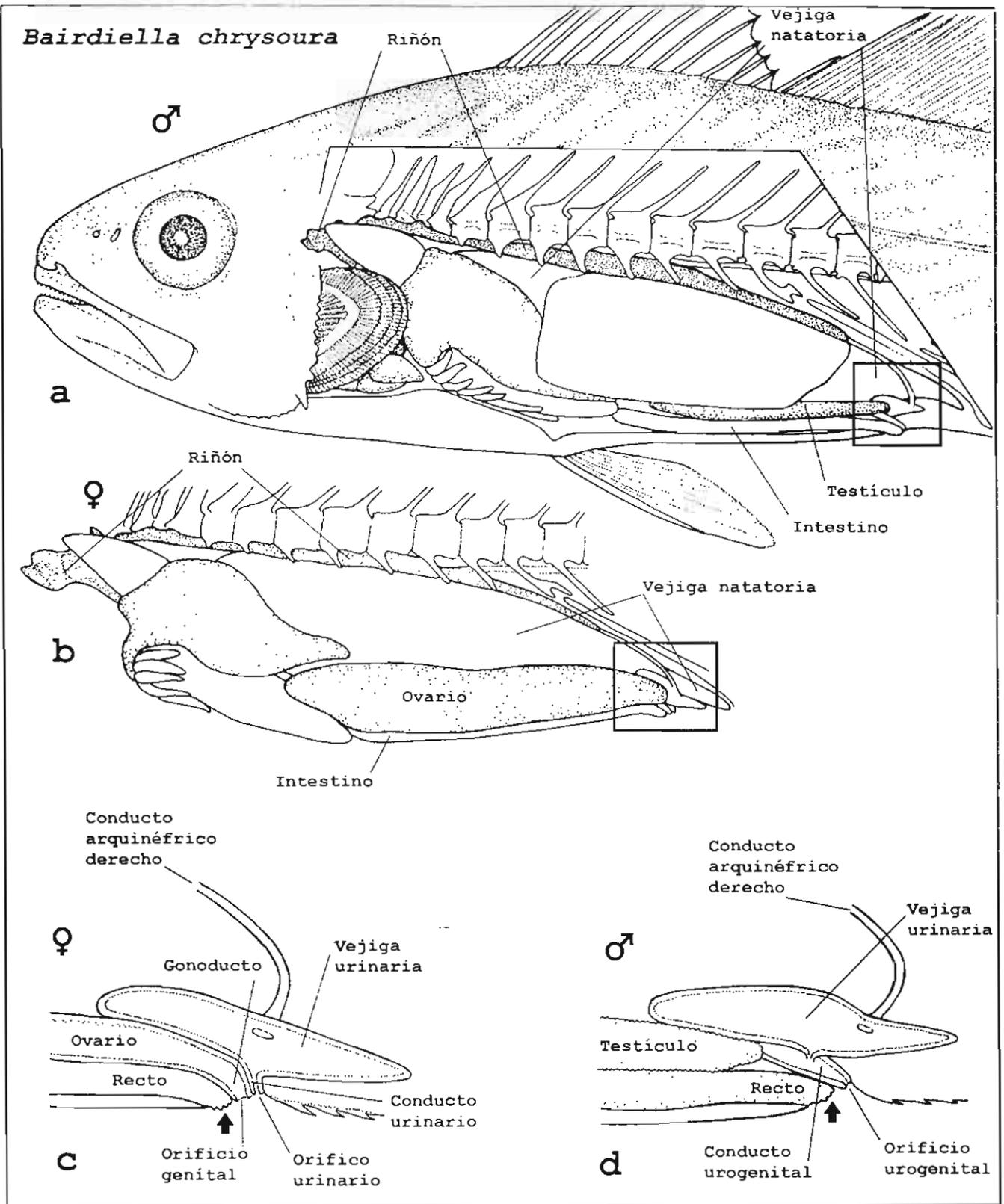


Figura 54. Conductos arquinéfricos de *Bairdiella chrysoura* (Sciaenidae). a) Vista lateral de la cavidad visceral del macho. b) Vista lateral de la cavidad visceral de la hembra. c) Corte sagital de los conductos urinarios y genital de la hembra. d) Corte sagital de los conductos urogenitales del macho.

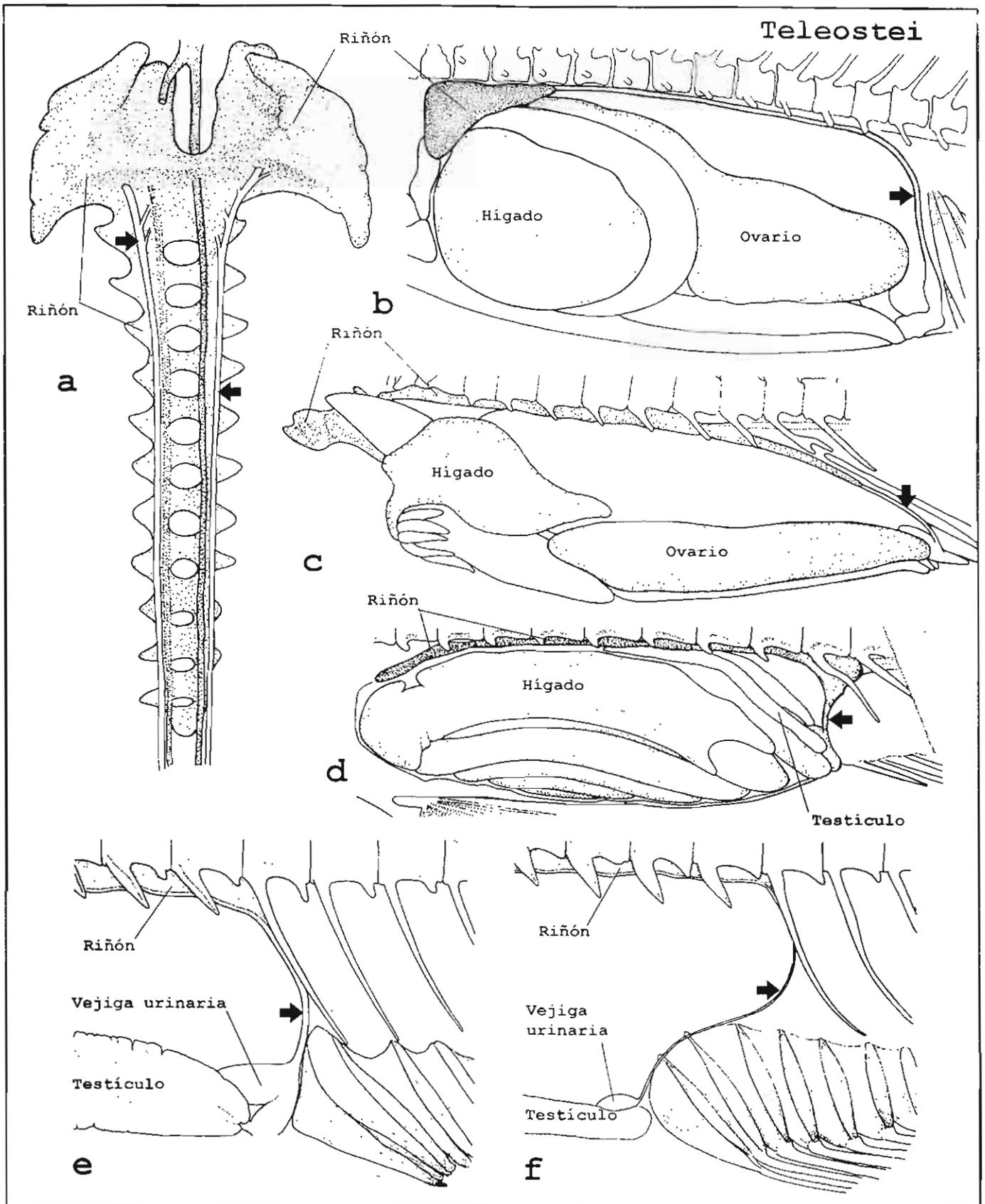


Figura 55. Diversidad de conductos urogenitales de los teleósteos. a) *Goodea atripinnis*. b) *Gambusia regani*. c) *Bairdiella chrysoura*. d) *Gobionellus hastatus*. e) *Membras vagrans*. f) *Menidia beryllina*.

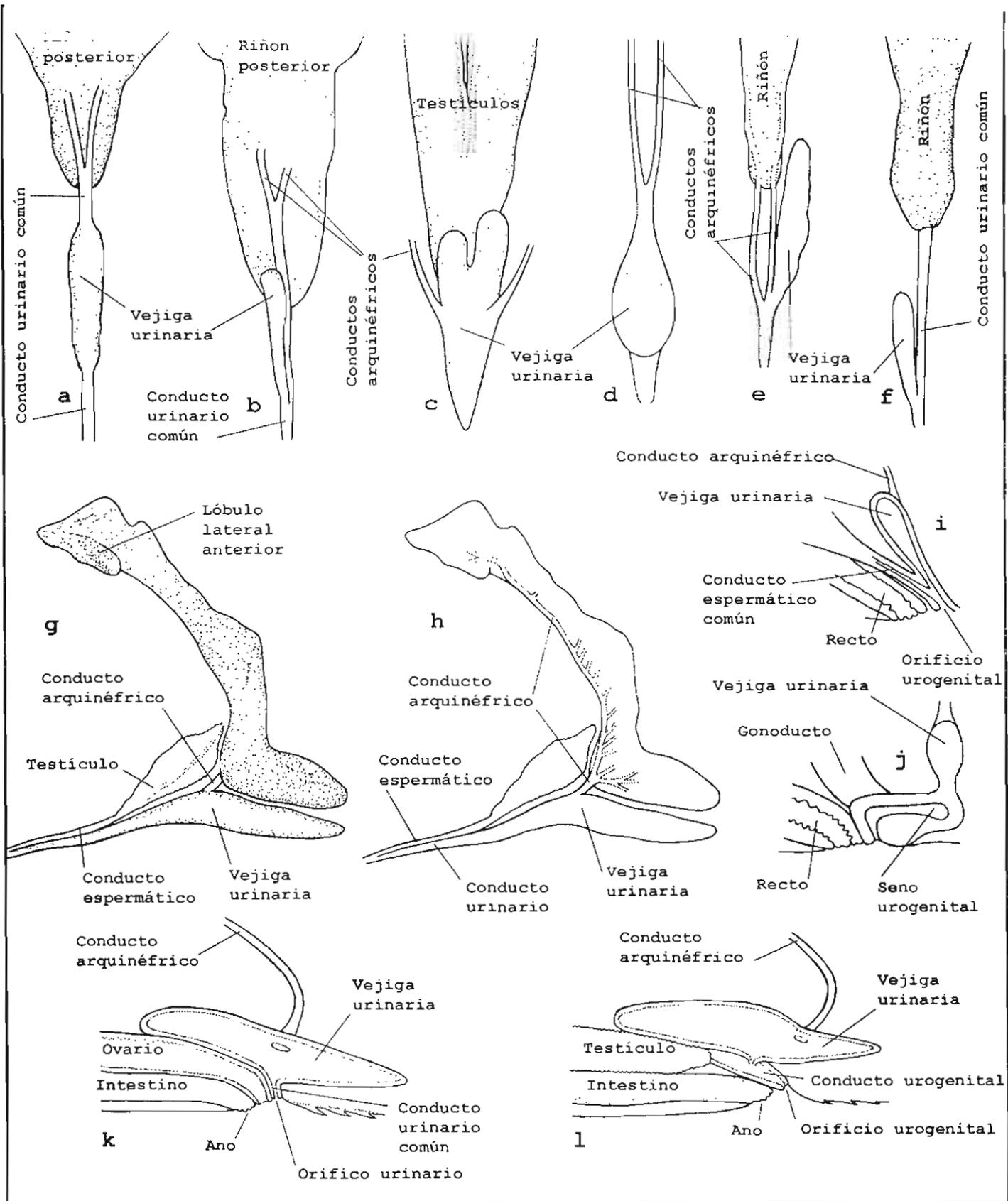


Figura 56. Diversidad de vejigas urinarias de los telósteos. a) *Cathorops melanopus*. b) *Ictalurus punctatus*. c) *Bairdiella chrysoura*. d) *Goodea atripinnis*. e) *Opsanus beta*. f) *Astyanax fasciatus*. g) *Achirus lineatus*. h) *Achirus lineatus* (corte sagital). i, j) *Gambusia regani*. k, l) *Bairdiella chrysoura*.

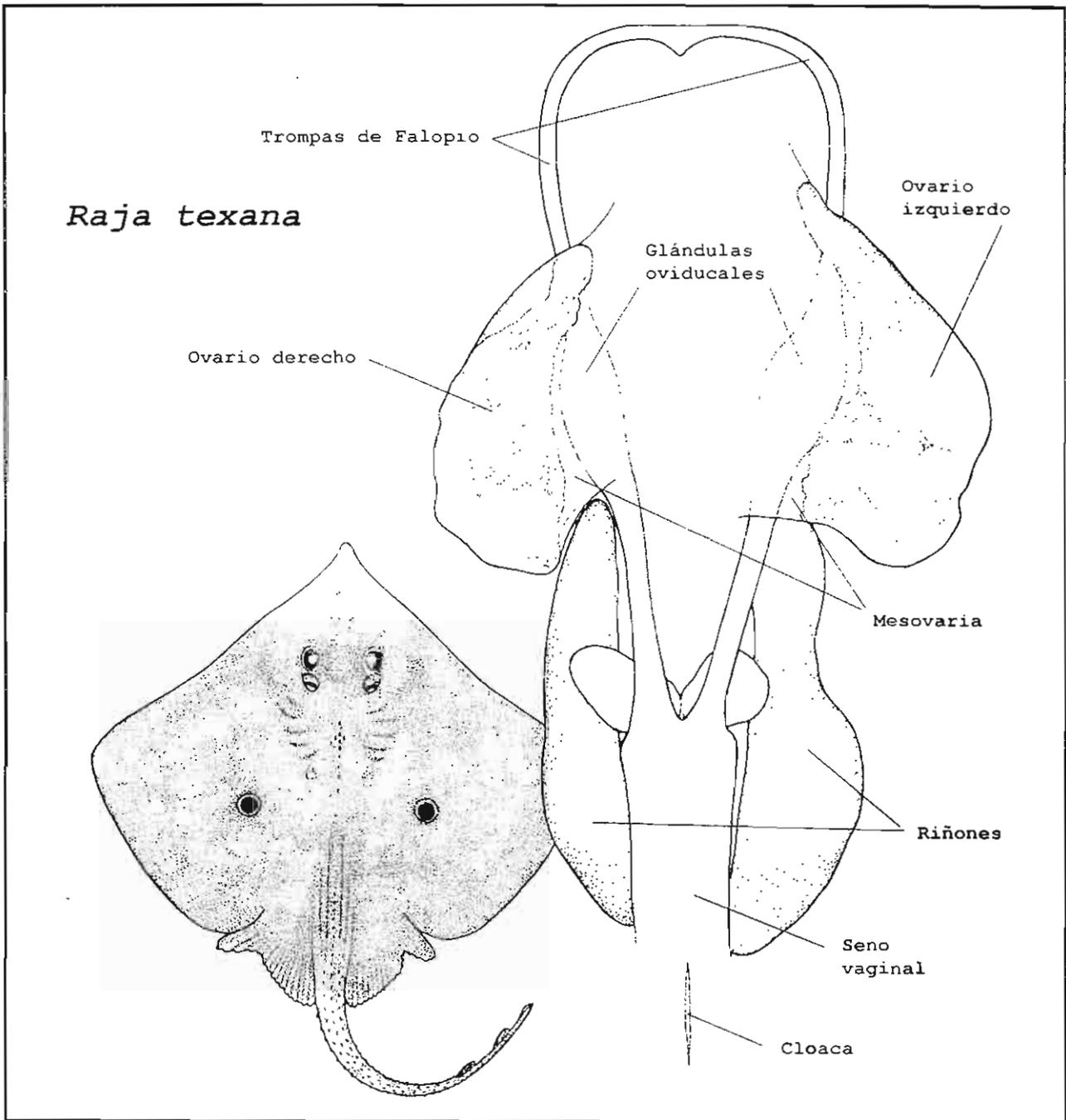


Figura 57. Sistema urogenital de la hembra de *Raja texana*. Vista ventral.

*Dasyatis sabina*

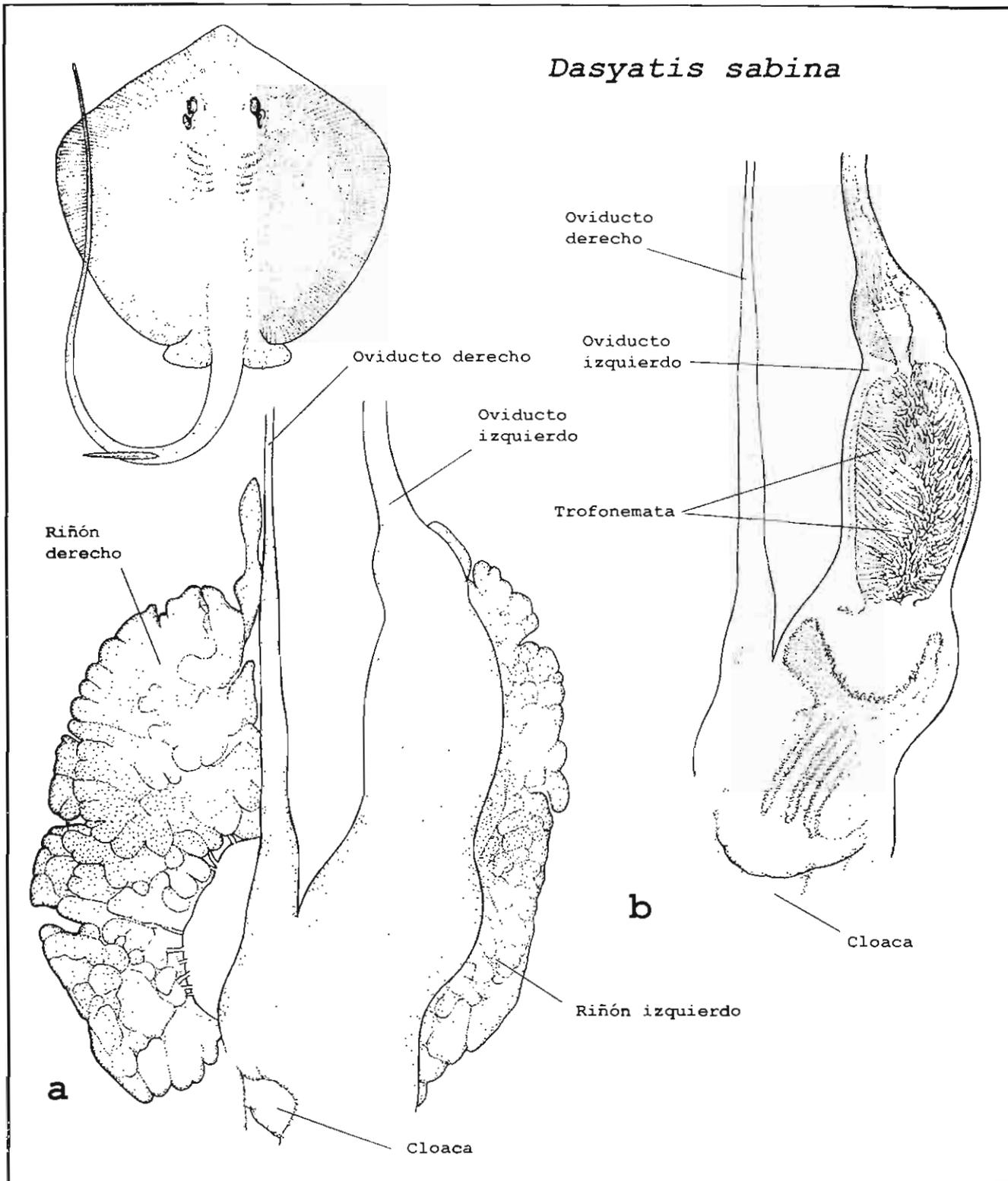


Figura 58. Oviductos de *Dasyatis sabina* (Dasyatidae). a) Vista ventral de los oviductos y los riñones. b) Corte frontal de los oviductos.

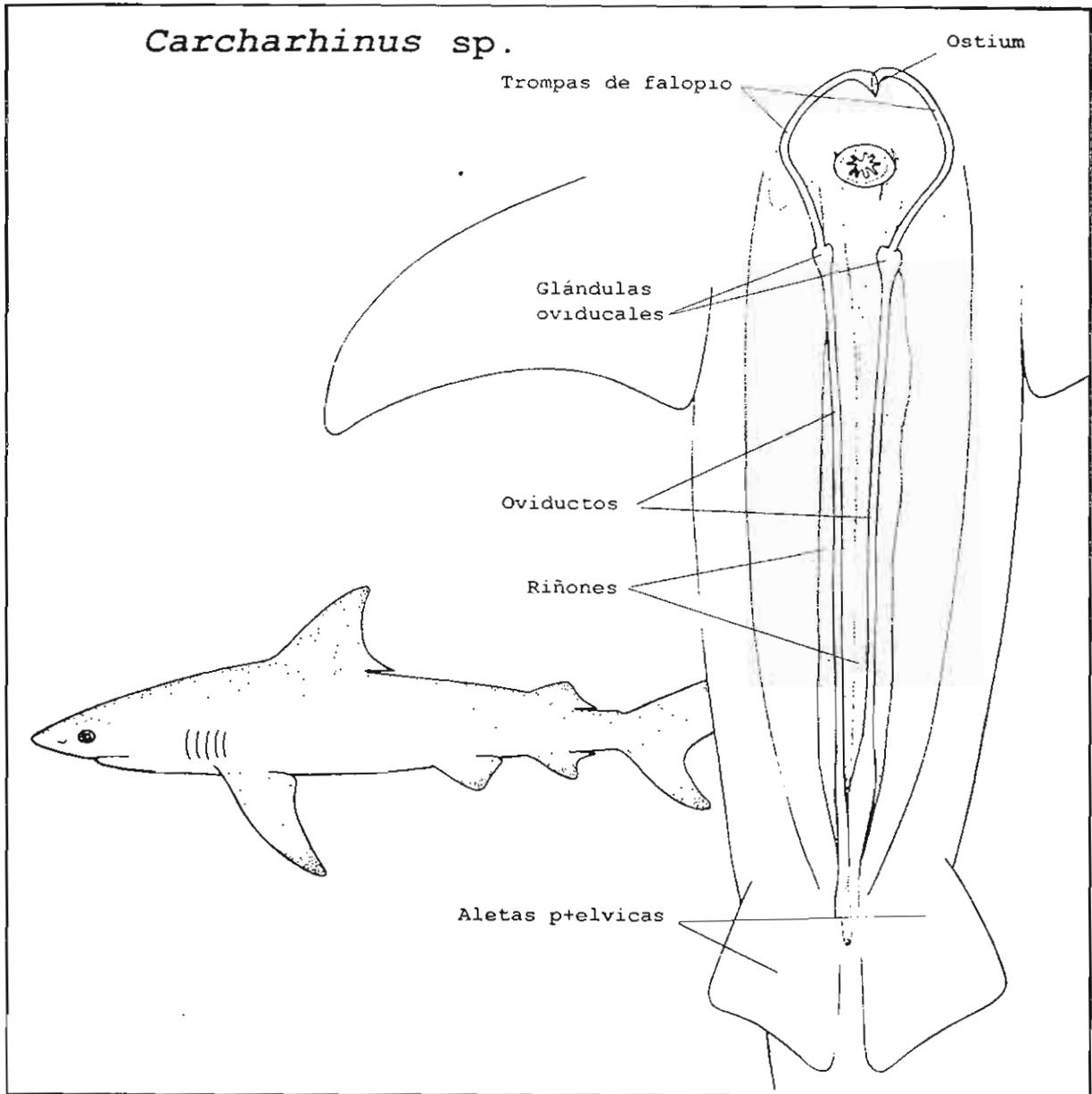


Figura 59. Oviductos de *Carcharhinus* sp. (Carcharhinidae). Vista ventral.

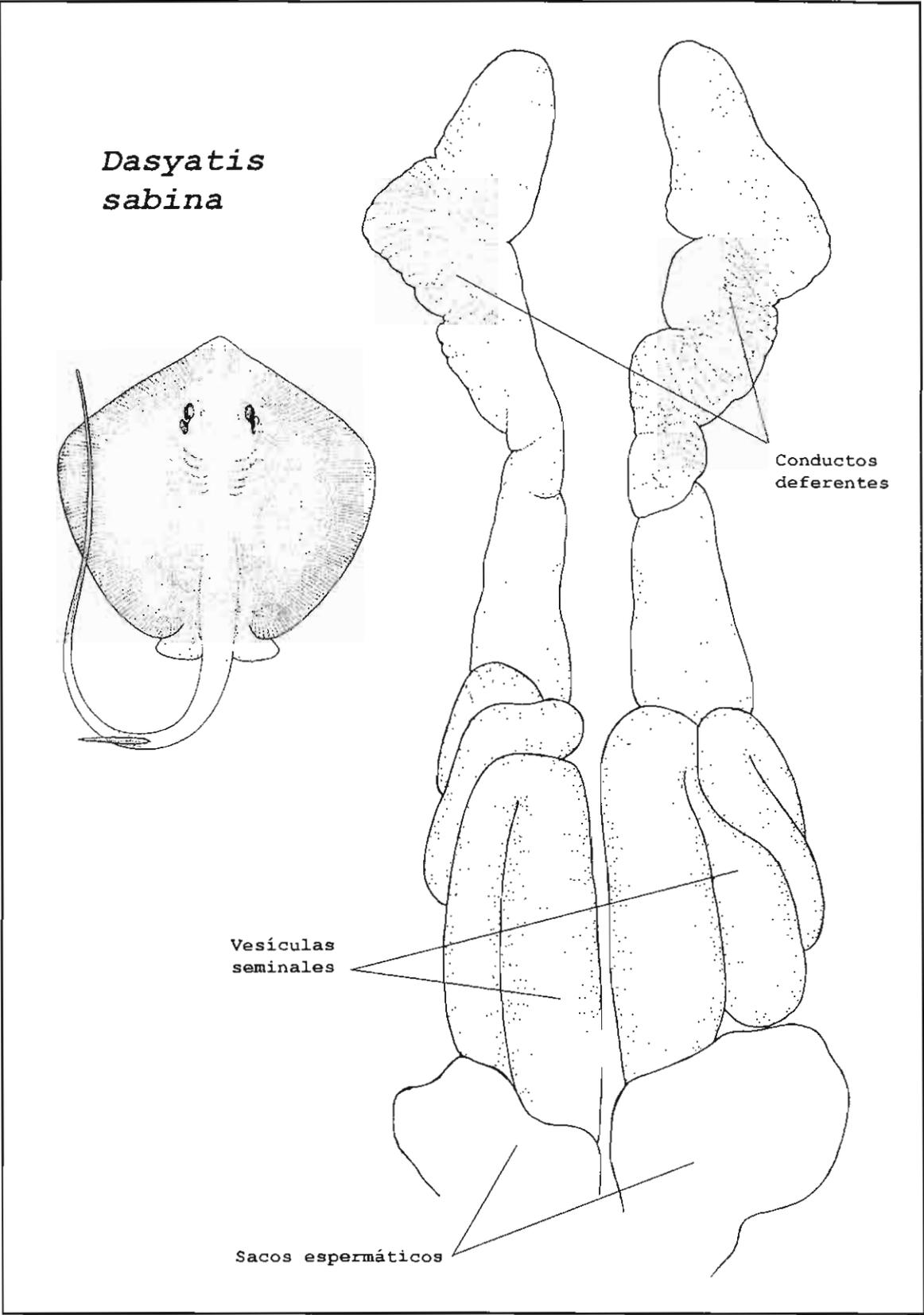
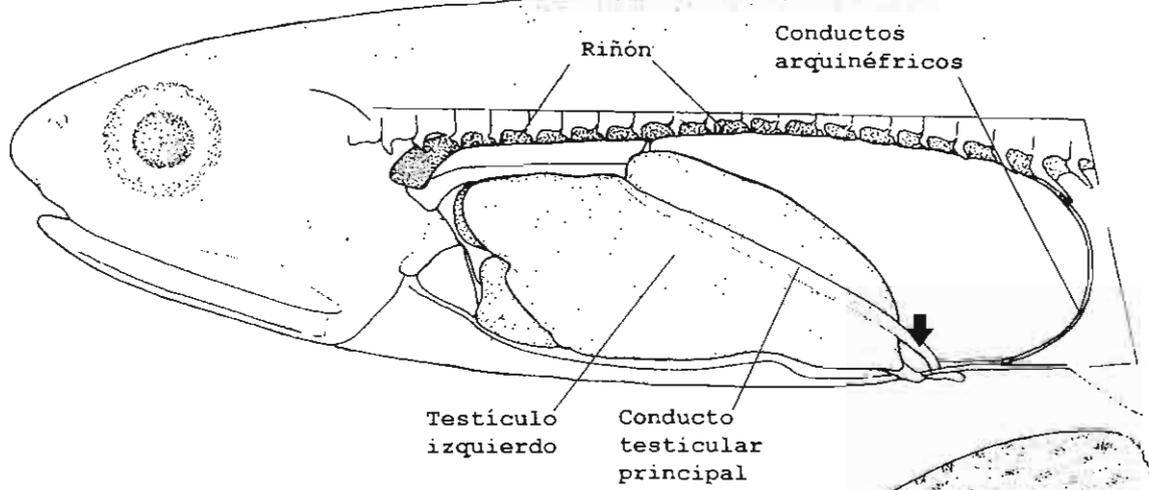
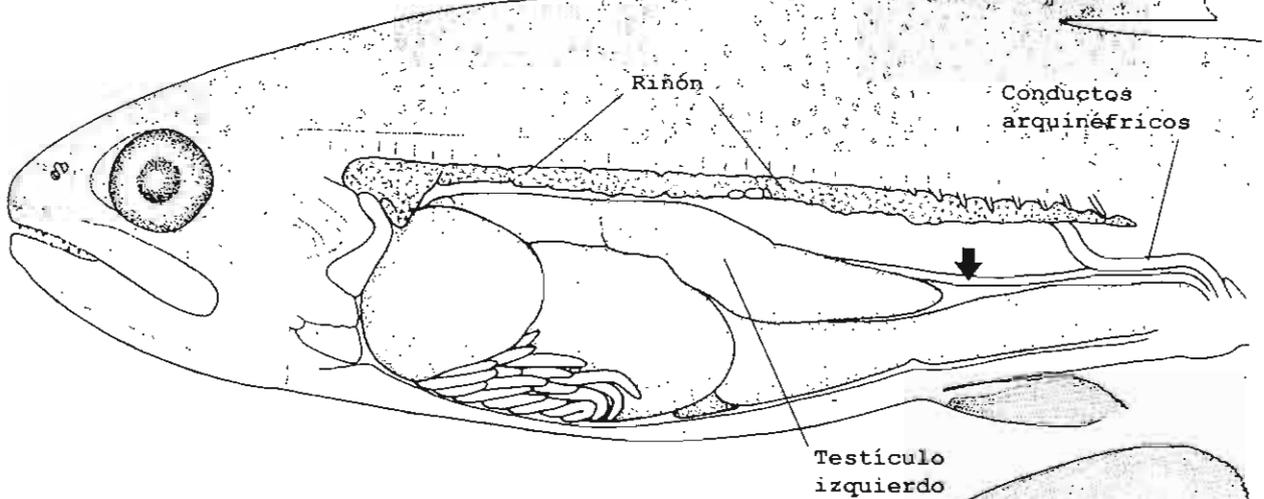


Figura 60. Conductos deferentes de *Dasyatis sabina* (Dasyatidae). Vista ventral.

*Anchoa mitchilli*



*Onchorhynchus mykiss*



*Goodea atripinnis*

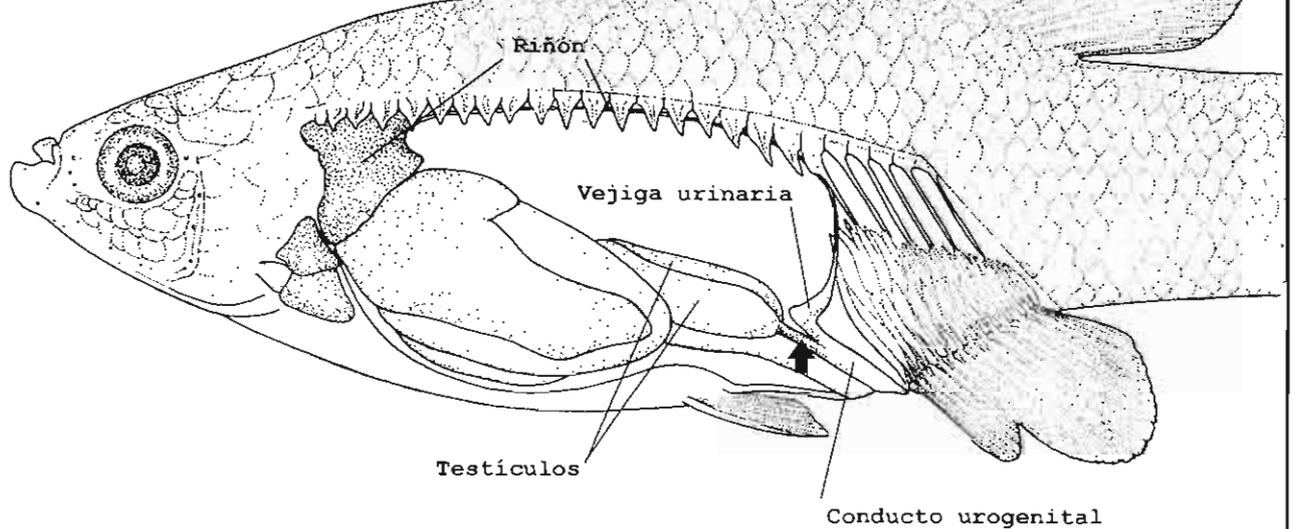


Figura 61. Longitud de los conductos espermáticos. a) *Anchoa mitchilli* (Engraulidae). b) *Onchorhynchus mykiss* (Salmonidae). c) *Goodea atripinnis* (Goodeidae).

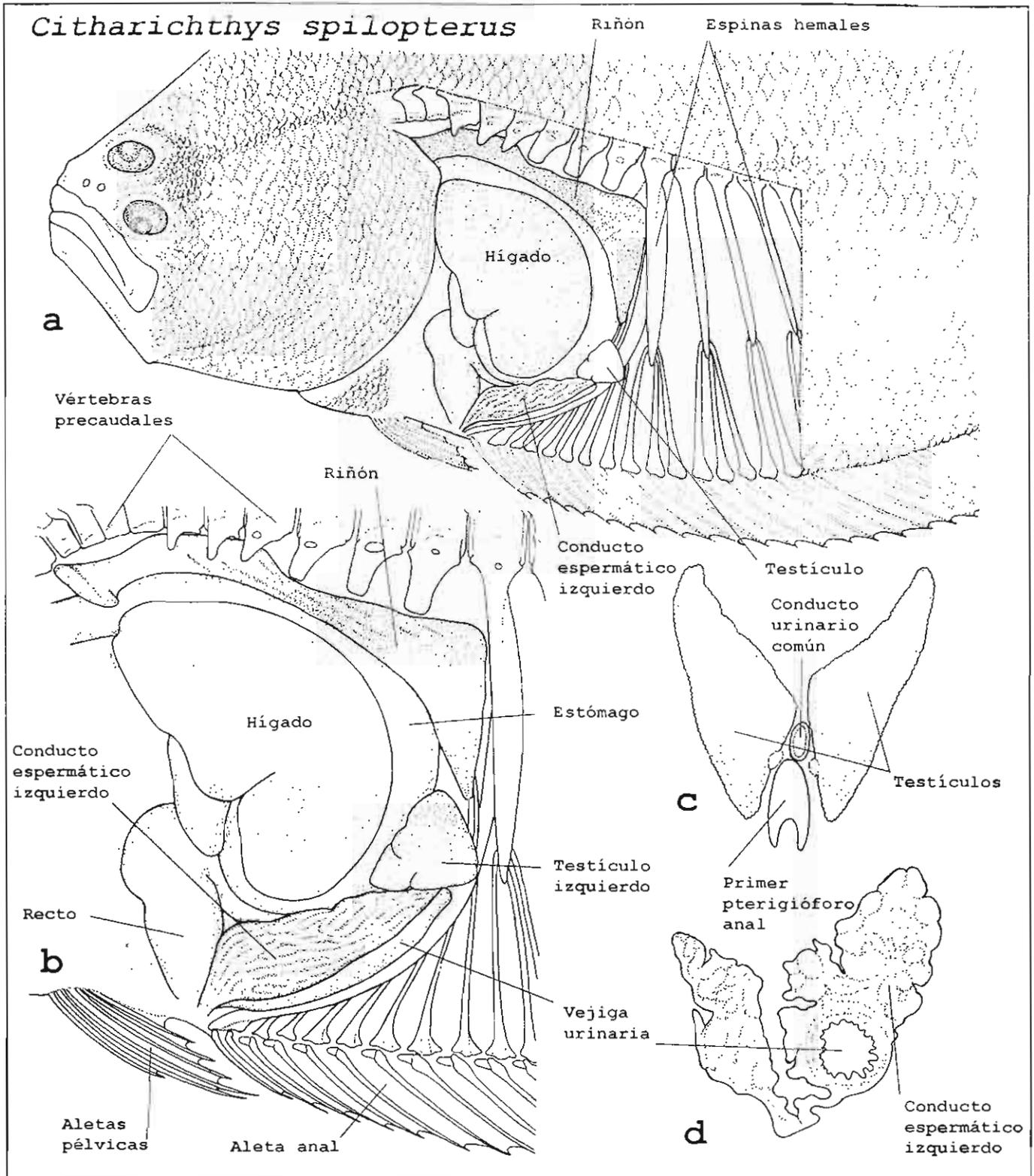


Figura 62. Conductos urogenitales de *Citharichthys spilopterus* (Paralichthyidae). a, b) Vista lateral de la cavidad visceral del macho. c) Sección transversal de los testículos. d) Sección transversal de los conductos espermáticos.

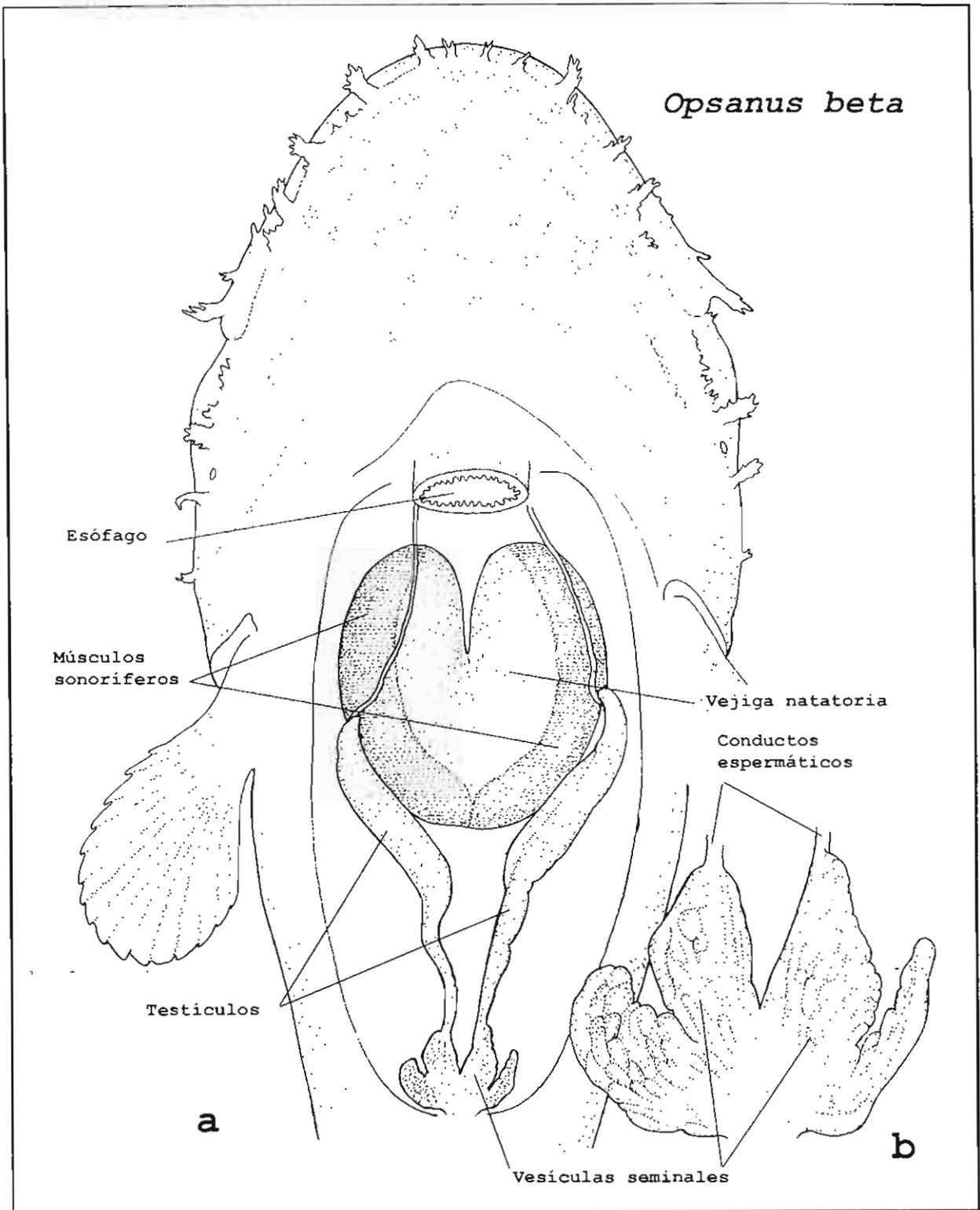


Figura 63. Vesículas seminales de *Opsanus beta* (Batrachoididae). a) Vista ventral de la cavidad visceral del macho. b) Vesículas seminales.

## **Caracteres sexuales secundarios**

### **Tamaño del cuerpo**

En la mayoría de las especies de los Chondrichthyes y los Osteichthyes el cuerpo de las hembras es de mayor talla que el de los machos, como se nota en *Goodea atripinnis* (Fig. 64 a).

Esta relación fue inversa en *Bothus robinsi* (Bothidae) (Fig. 64 b), pues los machos muestran una LP mayor (X de LP de 80.41 mm) que las hembras (X de LP de 75.87 mm).

### **Grosor del cuerpo**

En el pez pipa *Syngnathus scovelli* (Syngnathidae) (Fig. 65) la altura del tronco de las hembras es mayor que la de los machos. Dicha diferencia está relacionada con el mayor volumen de los ovarios, los que se ubican en posición dorsal al intestino, mientras que en los machos los testículos son acintados y de volumen reducido.

### **Bolsa incubatriz**

La bolsa incubatriz de los machos de *Syngnathus scovelli* (Figs. 65, 66) se localiza en la región caudal, inmediatamente detrás de la aleta anal. Presenta una abertura longitudinal media. Internamente se encuentran dos hileras de compartimientos individuales para los embriones en desarrollo. Ambas hileras están separadas por un tabique longitudinal medio, y los compartimientos por tabiques transversales.

En la figura 66 se muestra una secuencia de fases de desarrollo de los embriones de *S. scovelli*. De manera preliminar se reconoce una relación directa entre el número y tamaño de los embriones y la longitud de la bolsa incubatriz y la longitud total del progenitor.

### **Aletas dorsales**

El dimorfismo sexual en la aleta dorsal de teleósteos, se ejemplifica con las especies *Poecilia velifera* (Poeciliidae) y *Evorthodus lyricus* (Gobiidae), en los cuales los machos poseen la aleta más amplia.

## Aleta anal

En algunas especies de teleósteos, se reconocen diferencias sexuales en la aleta anal, como en *Bramocharax doriani* (Characidae) (Fig. 67 c), en que el macho tiene pequeños ganchos en los radios anales.

El dimorfismo sexual en la aleta anal es evidente en los grupos de teleósteos con fecundación interna, como las familias vivíparas Anablepidae, Goodeidae y Poeciliidae. En los anablépidos, como *Anables dowi*, la parte anterior de la aleta está modificada en una estructura tubular; en los godeidos como *Goodea atripinnis*, se separan seis radios de la aleta formando un andropodio (Fig. 68); en los pecílidos como *Gambusia regani*, *Gambusia affinis* y *Poeciliopsis infans* los radios 3, 4 y 5 de la aleta se modifican en un gonopodio (Figs. 69, 70).

Mientras que en las familias Anablepidae y Goodeidae el esqueleto de la aleta anal de los machos no se encuentra modificado, con relación al de las hembras, en Poeciliidae, se modifican algunos pterigióforos anales y tres vértebras en el denominado suspensorio gonopodial (Figs. 70, 72, 73).

En *Goodea atripinnis* (Goodeidae) (Fig. 68) el dimorfismo sexual de la aleta anal consiste en la formación del andropodio, la mayor longitud de la aleta anal y su mayor amplitud de base, la mayor longitud de los pterigióforos, la mayor longitud y amplitud de los músculos anales, y el mayor grosor del *infracarinalis medius*.

Mientras que *Gambusia regani* muestra el gonopodio y su musculatura de mediana longitud (Fig. 69 a), en *Gambusia affinis* el gonopodio es más largo y su musculatura es más abultada (Fig. 69 b).

En *G. regani* (Fig. 70 a) se cuentan 10 pterigióforos proximales anales o gonactinóstas en ambos sexos, que soportan 11 radios anales. En *Poeciliopsis infans* (Figs. 72, 73) suman 9 gonactinóstas que soportan 10 radios anales. Entre los pterigióforos proximales y los radios se encuentran los pterigióforos distales, de forma esférica, también llamados baseósteos.

En ambas especies, el conjunto de vértebras caudales de las hembras presenta los arcos y las espinas hemales de forma normal.

En los machos de estas dos especies de pecílidos, los radios anales 3, 4 y 5 forman el gonopodio, el cual es más largo en *P. infans*. La longitud del mismo en *G. regani*

aproximadamente corresponde a 11 vértebras, mientras que en *P. infans* corresponde a 16 vértebras.

El suspensorio gonopodial en ambas especies está constituido por las gonapófisis, el ligastilo y las gonactinósteas.

En *G. regani* (Fig. 70 a) se reconocen las gonapófisis I, II y III como modificación de los arcos hemales de las vértebras 14, 15 y 16, mientras que en *P. infans* (Fig. 73) corresponden a las vértebras 15, 16 y 17. En *G. regani* la gonapófisis I es recta y sin procesos unciformes, las gonapófisis II y III son trirradiadas por presentar dichos procesos unciformes. En *P. infans* las gonapófisis I y II son trirradiadas, con procesos uncinados, y la III tiene forma de L, sin estos procesos. En esta última especie la primera espina hemal (vértebra 18) es más gruesa que las de las restantes vértebras caudales.

En *G. regani* se cuentan 10 pterigióforos anales o gonactinósteas, y en *P. infans* suman 9.

En *G. regani* la gonactinósta I es de forma normal, mientras que en *P. infans* es lateralmente aplanada y tiene forma de clava, curvada hacia delante y con sus extremos en forma de cóndilos; soporta los dos primeros radios de la aleta anal.

En ambas especies el complejo gonactinostal soporta los tres radios que forman el gonopodio.

El complejo gonactinostal está formado en ambas especies por la fusión de las gonactinósteas II, III y IV. En *G. regani* el complejo es recto, con el extremo superior en forma de copa (Fig. 70 a), mientras que en *P. infans* proyecta hacia adelante una lámina con un cóndilo anterior, y hacia arriba varios procesos puntiagudos, separados por dos escotaduras, que corresponden a la separación de los tres elementos óseos (Fig. 73).

Mientras que en *G. regani* el complejo gonactinostal es simétrico, en *P. infans* es asimétrico (Fig. 73 b), teniendo la cara izquierda cóncava y la derecha convexa; desde el lado derecho se forma un proceso adicional.

La gonactinósta 5 es delgada y sigmoide en *P. infans*, y sigue la curvatura de la parte posterior del complejo gonactinostal, mientras que en *G. regani* es recta. En ambas especies las restantes gonactinósteas son simples y soportan los radios post-gonopodiales.

En las dos especies, el ligastilo es un elemento incluido en el ligamento suspensorio, el cual se origina del extremo superior del complejo gonactinostal y se inserta en el centrum de la vértebra 10 en *G. regani* y en la 11 en *P. infans*. El ligastilo tiene forma de barra en *P. infans* y de gota en *G. regani*.

Los músculos *inclinatores anales* de la hembra de las dos especies son notablemente cortos, y tienen una trayectoria oblicua (Fig. 71 b); su tamaño gradualmente disminuye del primero al último y se originan en la fascia entre la piel y el músculo *hypaxialis*. Los músculos *erectores anales* se originan de la superficie anterolateral de los pterigióforos anales y se insertan en la base de los radios anales. Los músculos *depressores anales* se originan de la superficie posterolateral de los pterigióforos y se insertan en la base de los radios anales.

En ambas especies el músculo *erector analis minor* es delgado, se origina en la gonactinóstea 1 y se inserta en el segundo radio anal. Con el origen en el complejo gonactinostal se encuentran los músculos *erectores analis major 1, 2 y 3* en *P. infans* (Fig. 74 b, c) y 1 y 2 en *G. regani* (Fig. 70 b) los cuales se insertan mediante tendones en los radios 3 y 4 del gonopodio. Los *erectores analis major 1 y 2* de *G. regani* son más abultados que en *P. infans* y ocultan al *erector analis major 3*. Correspondiendo a la asimetría del complejo gonactinostal de *P. infans*, los músculos *erectores* mayores son también asimétricos.

Las gonactinósteas posteriores al complejo gonactinostal presentan cada una un músculo *depressor analis*, careciendo las dos últimas del músculo *erector analis*.

El músculo *infracarinalis medius* de *P. infans* es relativamente grueso y conecta la cintura pélvica con la fascia anteroventral a la primera actinóstea. El músculo *infracarinalis posterior* es notablemente reducido, originándose en el último pterigióforo anal y continuando hacia atrás. El músculo *obliquus inferioris* se separa del resto del *hypaxialis* y se inserta mediante dos tendones en el cóndilo anterior del complejo gonactinostal y en el cóndilo superior de la gonactinóstea 1.

Se reconocen en ambas especies ligamentos entre el extremo superior del complejo gonactinostal y la punta anterior de la gonapófisis I, entre la punta anterior de la gonapófisis II y la gonactinóstea VII, y entre el extremo anterior de la gonapófisis III y las gonactinósteas VIII y IX.

## **Aletas pares**

Las aletas pectorales pueden manifestar diferente forma o tamaño entre los sexos; así, en *Gambusia regani* presentan los tres radios superiores ligeramente curvados hacia arriba.

En *Bothus robinsi* (Fig. 76) y *Syacium papillosum* los machos tienen estas aletas más largas que las de las hembras.

De acuerdo con la tabla 1 se reconoce como la diferencia más significativa entre machos y hembras de *B. robinsi* la longitud de la aleta pectoral del lado oculado.

El principal carácter sexual secundario de los Chondrichthyes es la formación de los gonopterigios como modificación de parte de las aletas pélvicas. Su organización esquelética consiste en un conjunto de cartílagos que forman una estructura tubular para la conducción del esperma, como se observa en *Dasyatis sabina* (Fig. 75) y en *Charcharhinus* sp..

El gonopterigio o mixopterigio consiste de un tallo y un glande. En su parte dorsal corre un surco. El orificio anterior o apópilo se encuentra cerca de la cloaca y la abertura posterior o hipópilo se encuentra en el inicio del glande. Entre el cartílago basipterigio y el tallo se encuentran unos cartílagos intermedios. El tallo está formado por el cartílago axial y los cartílagos marginales dorsal y ventral. El glande está formado por un complejo de varios cartílagos.

Cada gonopterigio tiene cuatro músculos *mixopodiales* y el *saccus glandulosus* o sifón del gonopterigio, que corren medioventralmente.

### **Sifón y glándula del gonopterigio**

El macho del tiburón *Carcharhinus* sp. presenta en cada aleta pélvica, una glándula del sifón para impulsar el esperma por el gonopterigio.

En los machos de las rayas *Dasyatis sabina* (Fig. 75 b), *Urotrygon chilensis*, y *Raja texana* se reconoció en las aletas pélvicas las glándulas del gonopterigio. Estas glándulas presentan un saco, dentro del cual se encuentran una estructura glandular alargada y con una serie de pequeñas papilas.

En *Bramocharax dorioni* (Fig. 67 a, b) las aletas pélvicas del macho son más cortas, con un espacio entre los radios medios y con ganchos en todos los radios.

### **Separación de ojos**

La mayor distancia entre los ojos en los machos, se reconoció en las especies de Bothidae, *Bothus robinsi* (Fig. 76 a, b) y *Syacium papillosum*.

El análisis del dimorfismo sexual de *B. robinsi* muestra en la tabla 1 los caracteres sexuales secundarios en orden de importancia.

La mayor distancia interorbital en los machos de esta especie, implica una mayor amplitud de los huesos frontal izquierdo y etmoides lateral izquierdo, una mayor longitud de los músculos *obliquus superioris* y *obliquus inferioris* de ambos ojos, una mayor longitud de los dos nervios ópticos y del nervio olfatorio izquierdo (Fig. 77 c, d).

Al comparar el neurocráneo de ambos sexos, se observa que la mayor separación entre las órbitas oculares en el macho se debe a la mayor amplitud de los huesos frontal izquierdo y etmoides lateral izquierdo. La mayor distancia interorbital en el macho implica mayor longitud de los músculos oblicuos superiores e inferiores de los ojos y de los nervios ópticos. El macho muestra con relación a la hembra, mayor longitud del músculo oblicuo superior del ojo inferior y del nervio óptico del mismo ojo.

Cada uno de los músculos oculares oblicuo superior y oblicuo inferior, muestra su origen notablemente amplio, mientras que la inserción es más angosta. Los dos músculos oblicuos superiores y los dos oblicuos inferiores se fijan en el miodomo anterior, el cual tiene forma tubular.

El nervio óptico superior (del ojo migratorio) es corto, hace una notable curva y se conecta al lóbulo óptico izquierdo, mientras que el nervio óptico inferior es más largo, menos curvado y se conecta al lóbulo óptico derecho.

*B. robinsi* no desarrolla el bulbo y el nervio olfatorio del lado ciego (derecho). Se observa que el nervio olfatorio izquierdo del macho es más largo que el de la hembra (Fig. 77 c, d).

Se reconoce que la llamada "espina rostral" es un proceso puntiagudo anterior del maxilar, mucho más largo en el macho (Fig. 76 b, d).

Los huesos de la mandíbula superior son más largos en el macho que en la hembra, particularmente el maxilar, por desarrollar la espina rostral.

La dentición mandibular de *B. robinsi* muestra diferencias entre los sexos. Los dientes son más grandes en el macho. Asimismo, el macho lleva una hilera externa completa de dientes grandes en el premaxilar del lado oculado, mientras que en la hembra es incompleta (Fig. 76 c, d).

### **Vellosidades orales**

Las vellosidades orales se observan en los machos de *Poecilia* sp. y se localizan dorsal al labio superior.

### **Dentición**

El dimorfismo sexual de los dientes se presenta con respecto al número de dientes y su forma.

En *Bothus robinsi* el número y tamaño de los dientes del premaxilar y del dentario es mayor en los machos.

En las rayas *Urotrygon chilensis* (Fig. 78) y *Raja texana* (Fig. 80) los dientes son durante todo el año, planos en las hembras y puntiagudos en los machos. Sin embargo, en *Dasyatis sabina* (Fig. 79) dicho dimorfismo solo se manifiesta en la época reproductiva.

### **Músculos sonoríferos**

En los machos de *Bairdiella chrysoura* (Fig. 81), *Bairdiella ronchus* y *Stellifer lanceolatus* se desarrollan los músculos sonoríferos. Estos músculos extrínsecos se originan de una fascia dorsal a la vejiga natatoria y se insertan en este mismo órgano.

*Goodea  
atripinnis*

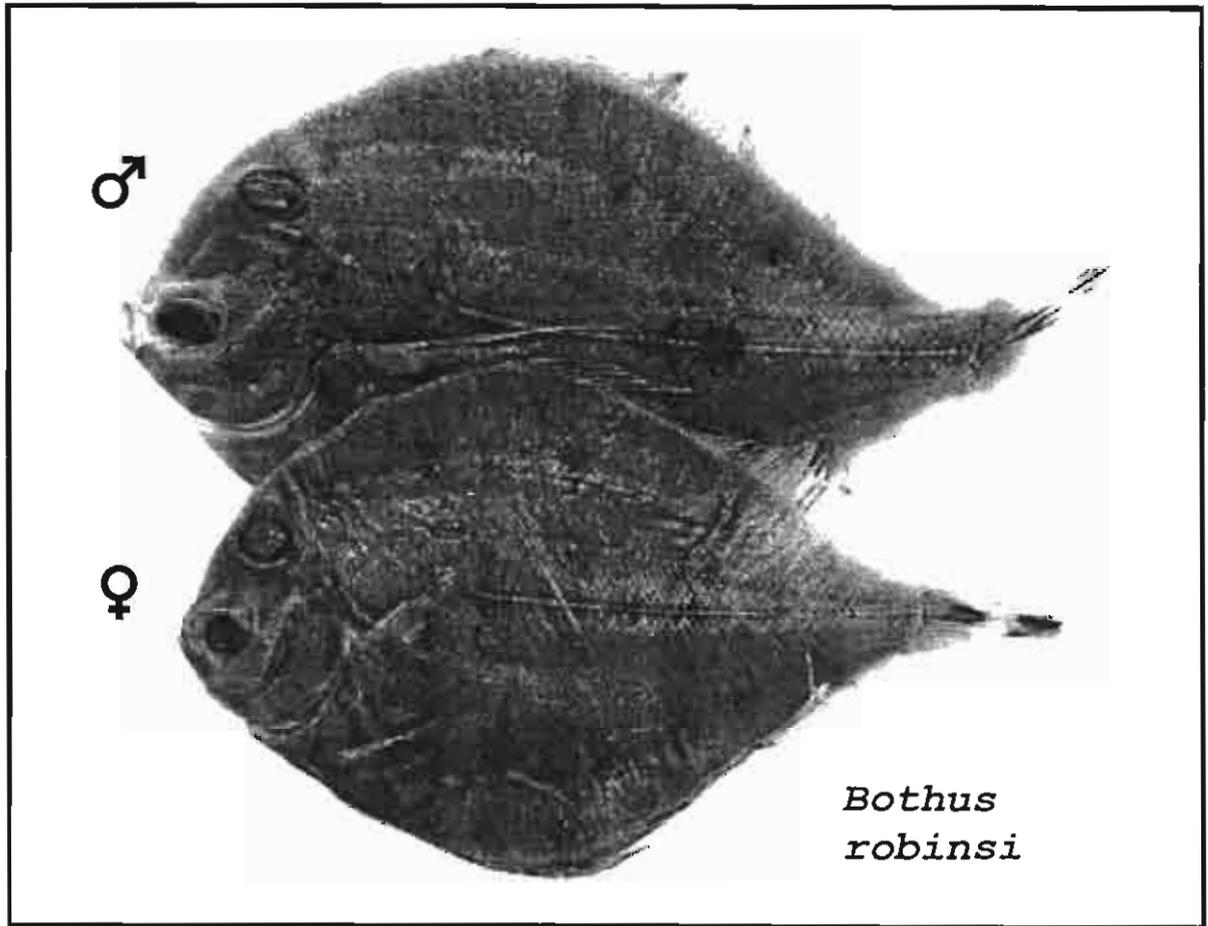
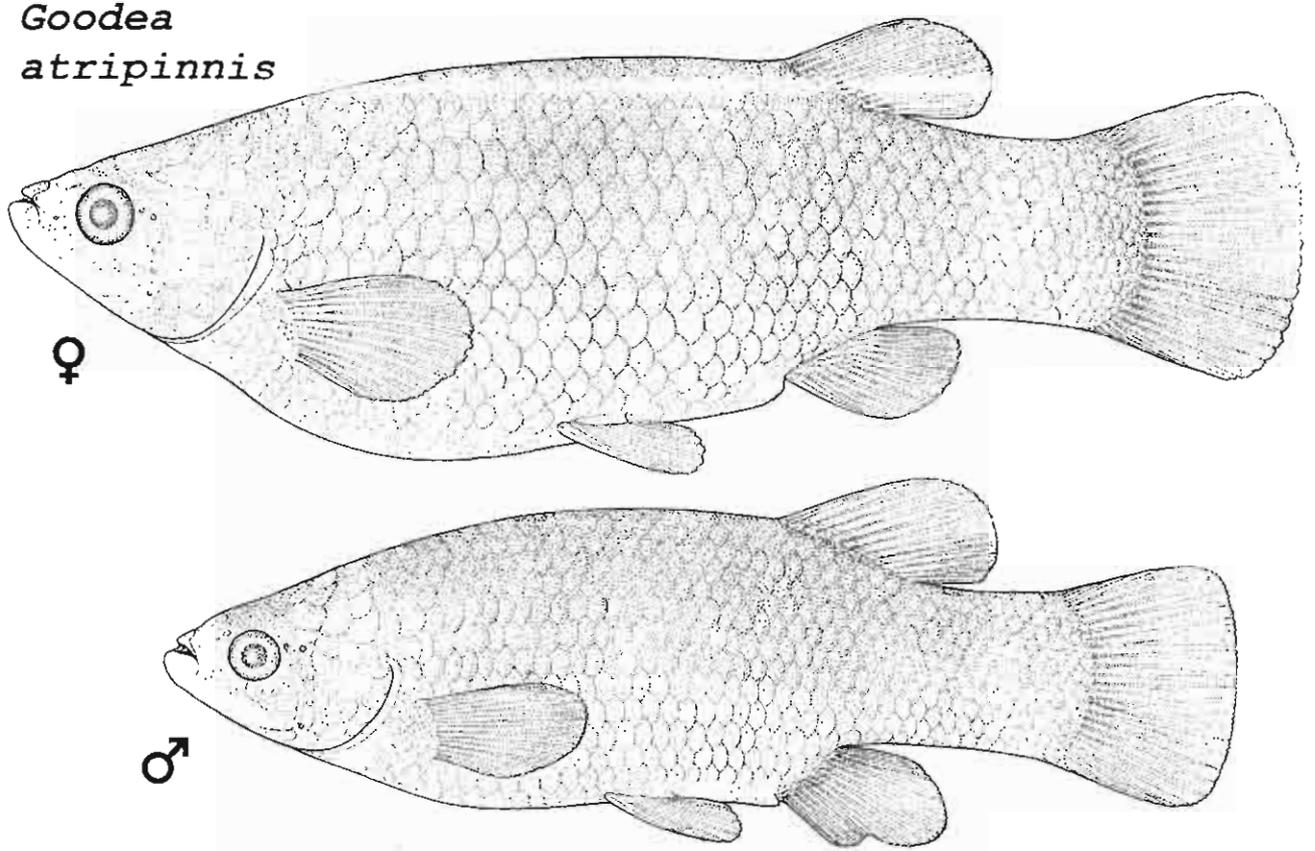


Figura 64. Dimorfismo sexual en el tamaño del cuerpo de *Goodea atripinnis* (Goodeidae) y *Bothus robinsi* (Bothidae).

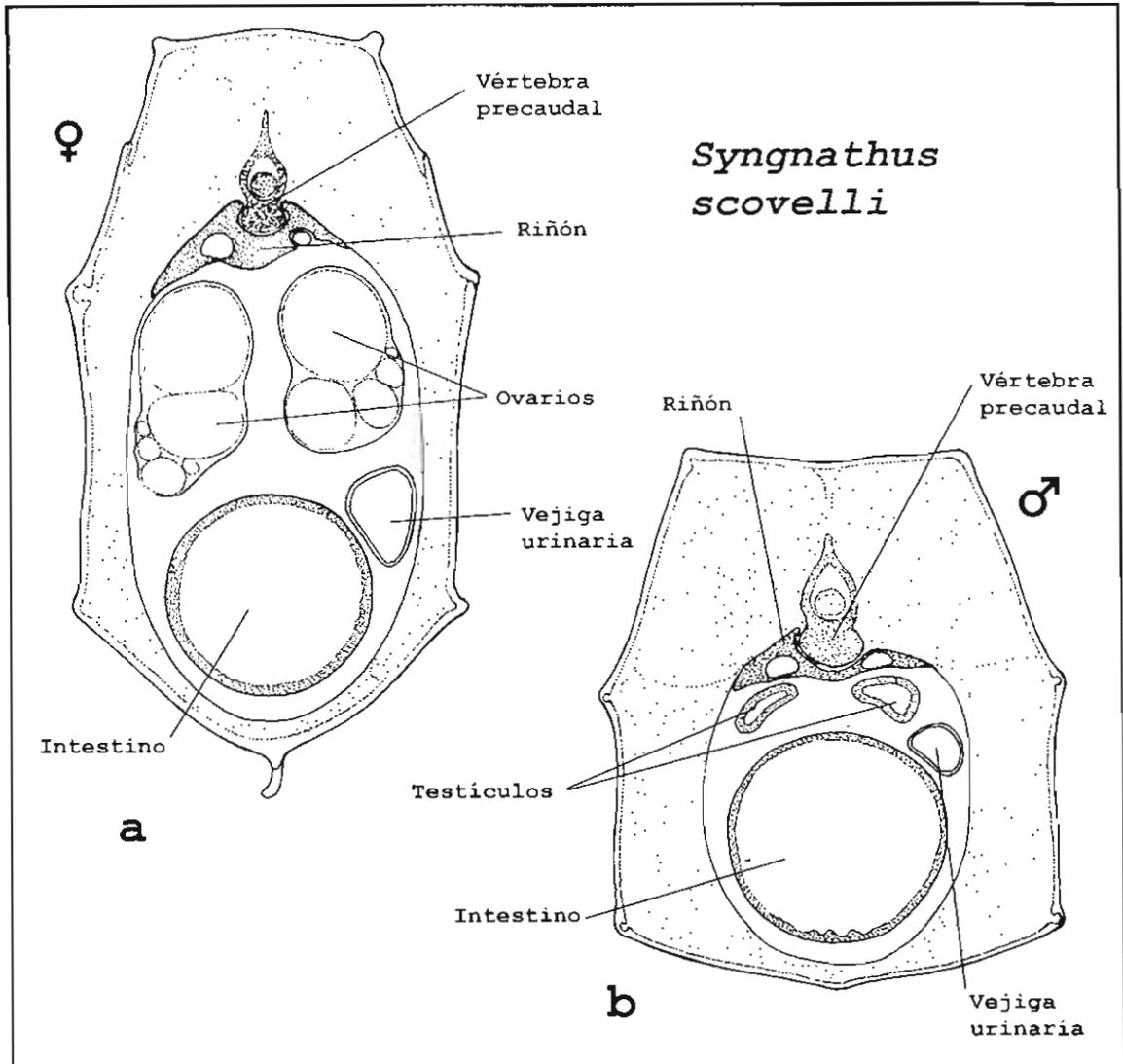


Figura 65. Dimorfismo sexual en la forma del tronco de *Syngnathus scovelli* (Syngnathidae). a) Sección transversal de la hembra. b) Sección transversal del macho.

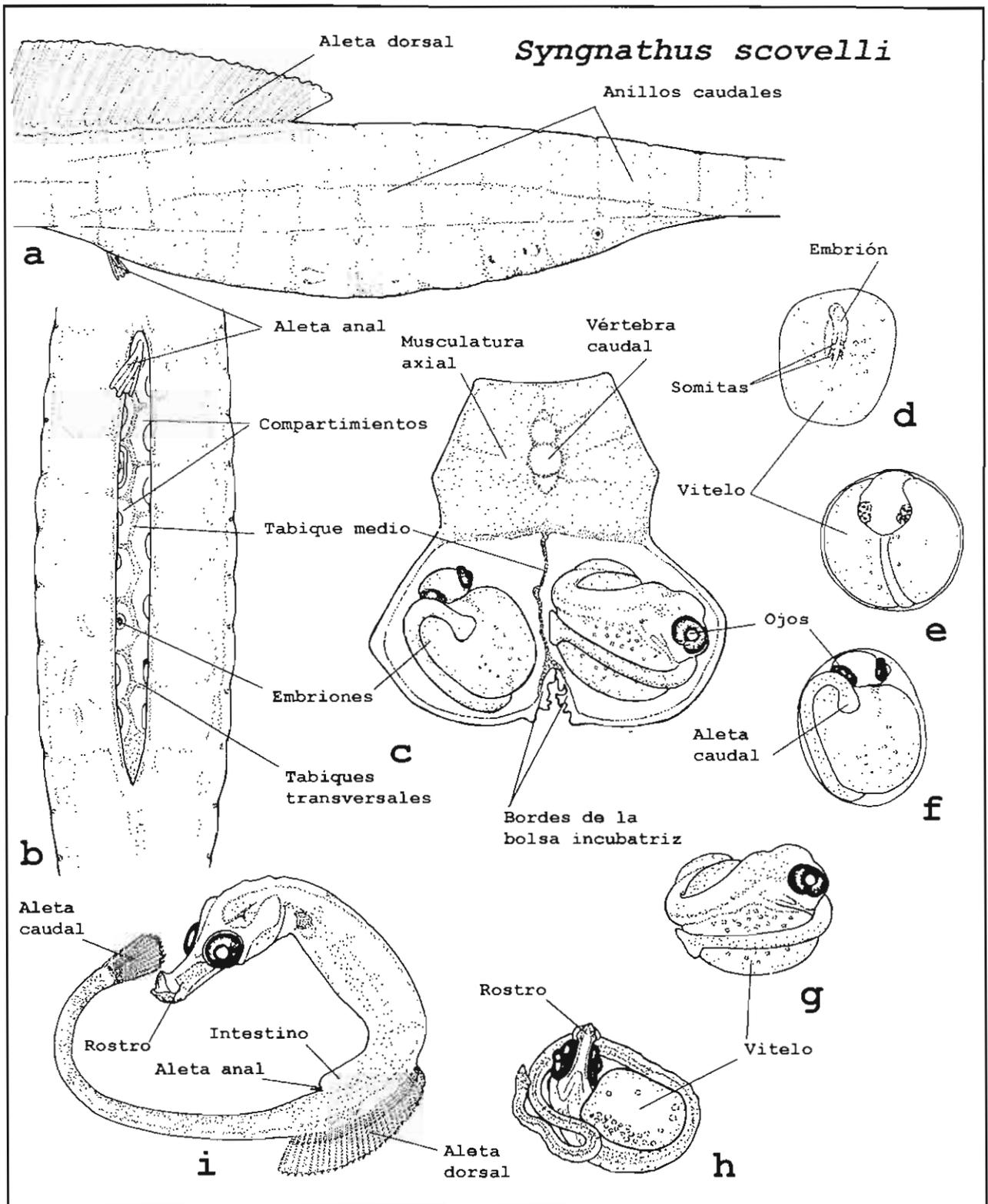


Figura 66. Bolsa incubatriz de *Syngnathus scovelli* (Syngnathidae). a) Vista lateral de la bolsa incubatriz. b) Vista ventral de la bolsa incubatriz. c) Sección transversal de la región caudal a nivel de la bolsa incubatriz. d-i) Fases del desarrollo embrionario.

*Bramocharax dorioni*

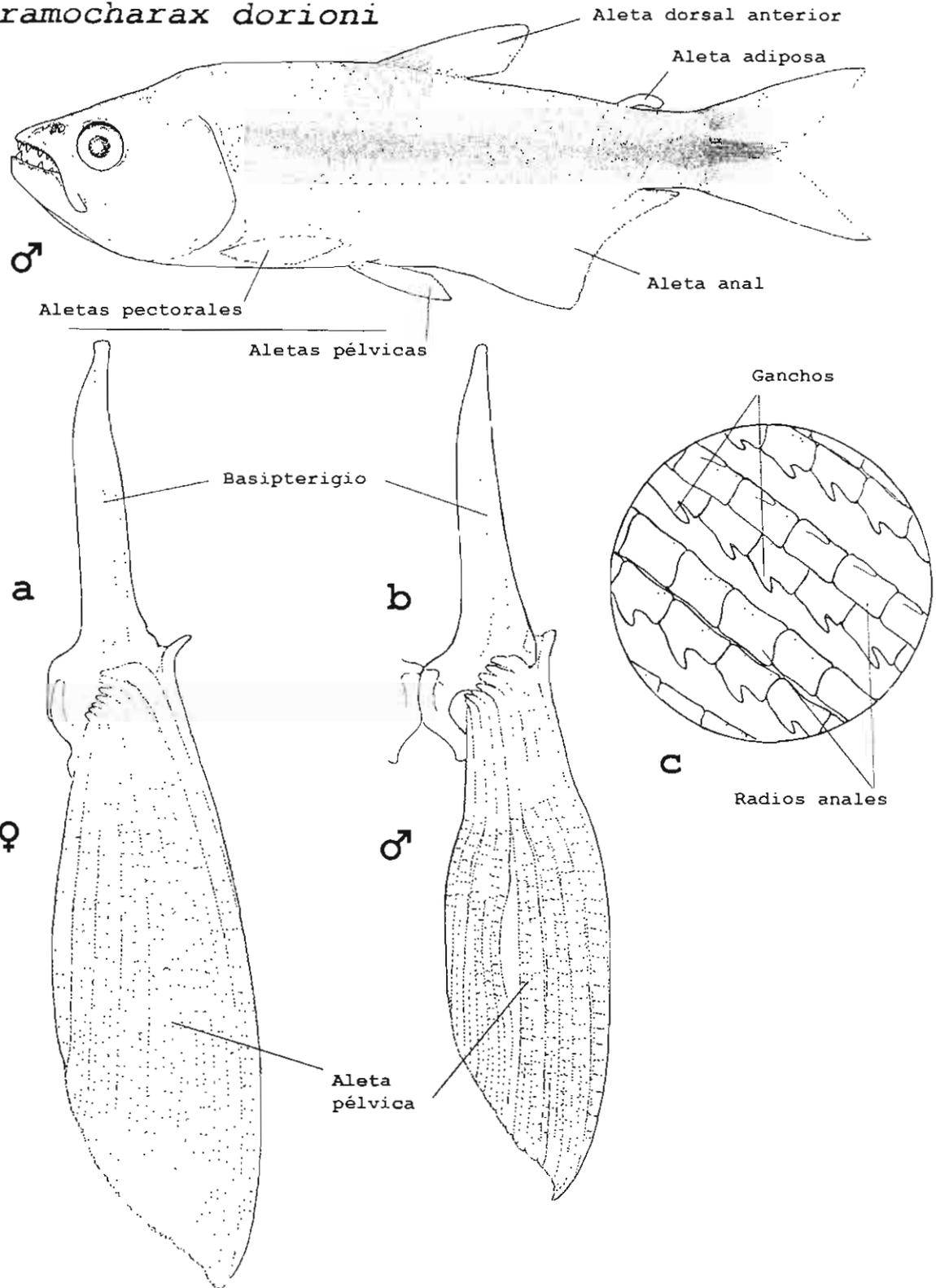


Figura 67. Dimorfismo sexual en las aletas pélvicas y anal de *Bramocharax dorioni* (Characidae). a) Cintura y aleta pélvica de la hembra. b) Cintura y aleta pélvica del macho. c) Detalle de los radios de la aleta anal.

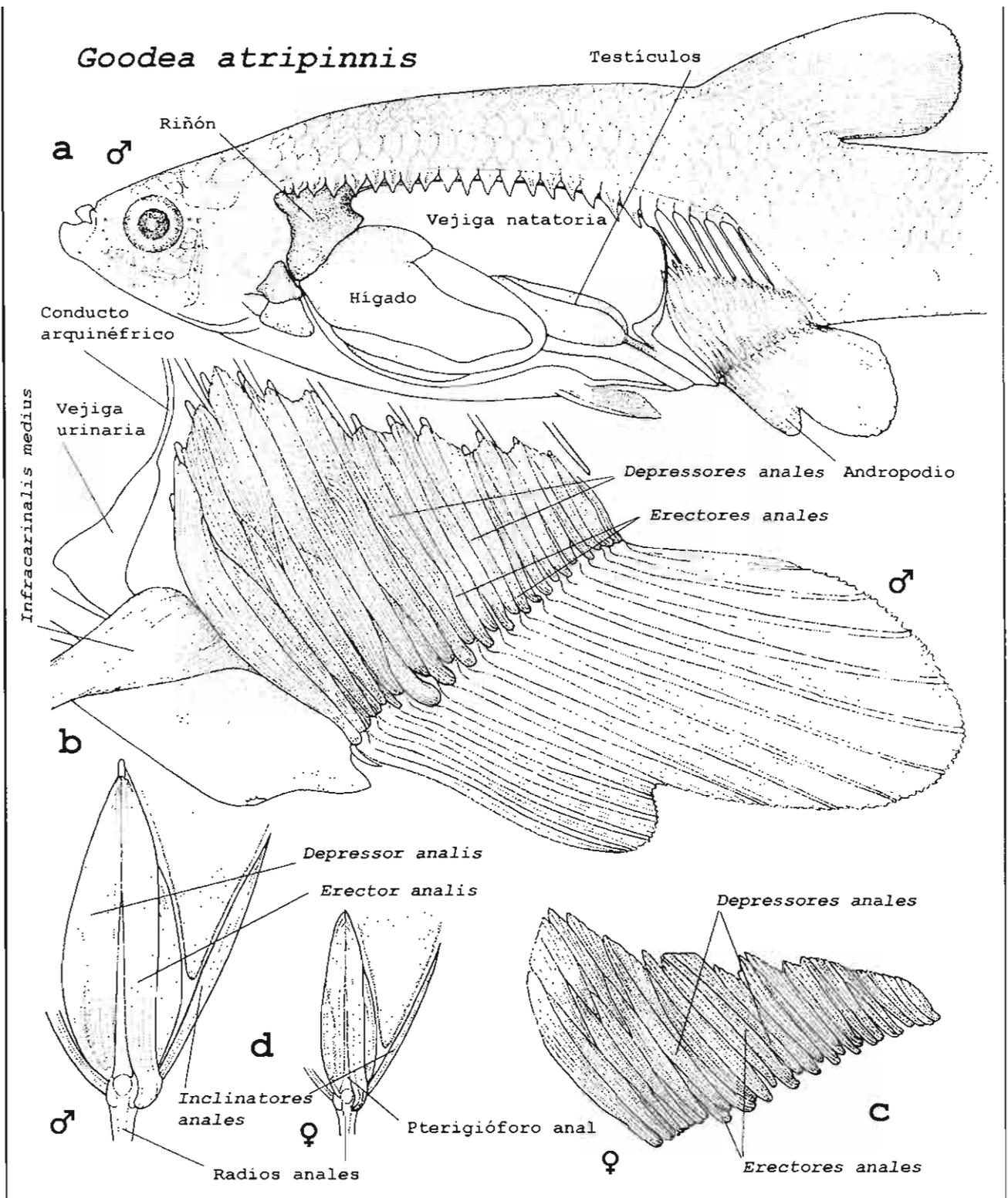


Figura 68. Dimorfismo sexual en la aleta anal de *Goodea atripinnis* (Goodeidae). a) Vista lateral de la cavidad visceral y de la aleta anal. b) Vista lateral de la musculatura de la aleta anal del macho. c) Musculatura de la aleta anal de la hembra. d) Vista anterior de la musculatura anal en macho y hembra.

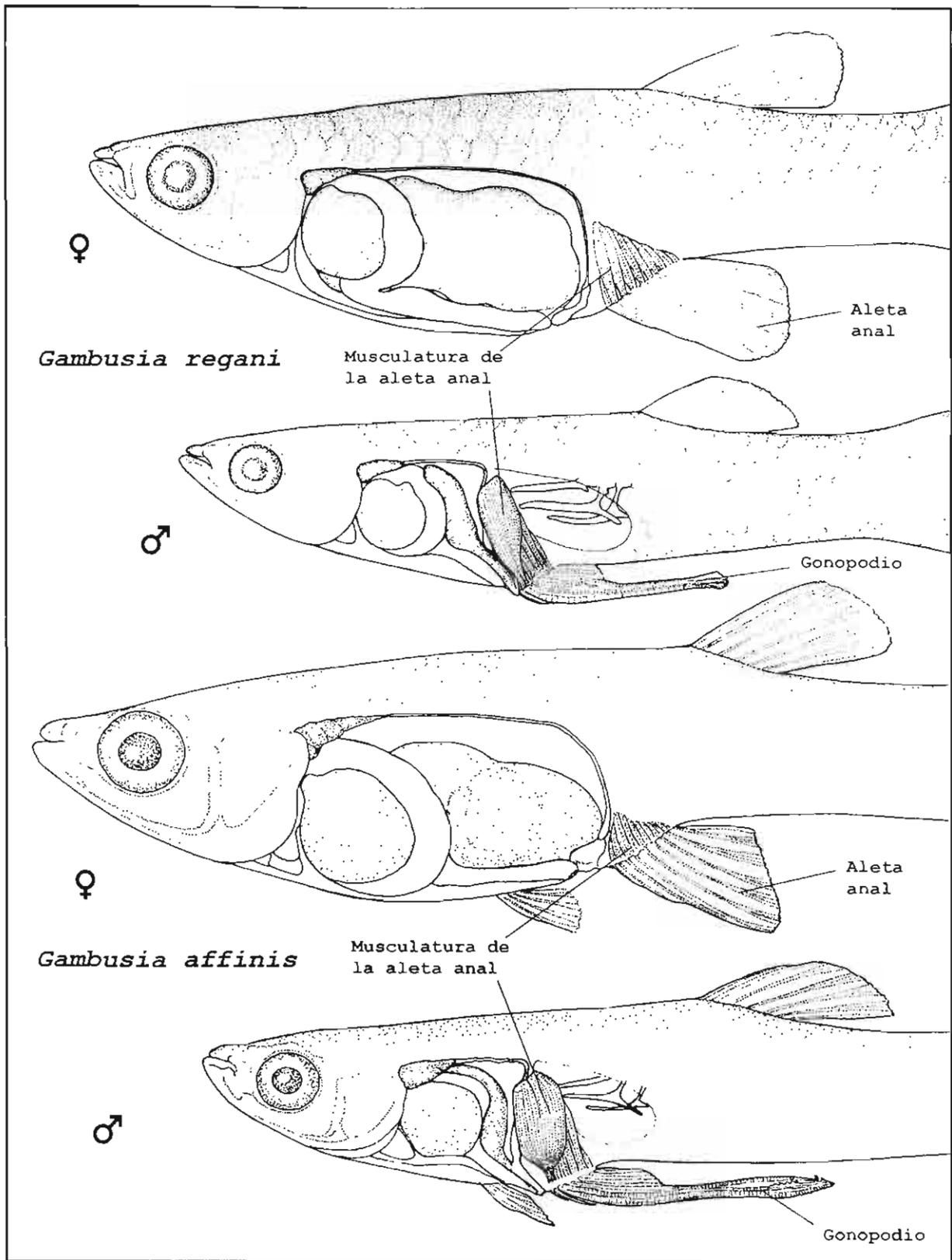


Figura 69. Dimorfismo sexual en la aleta anal de Poeciliidae. a) Hembra y macho de *Gambusia regani*. b) Hembra y macho de *Gambusia affinis*.

*Gambusia regani*

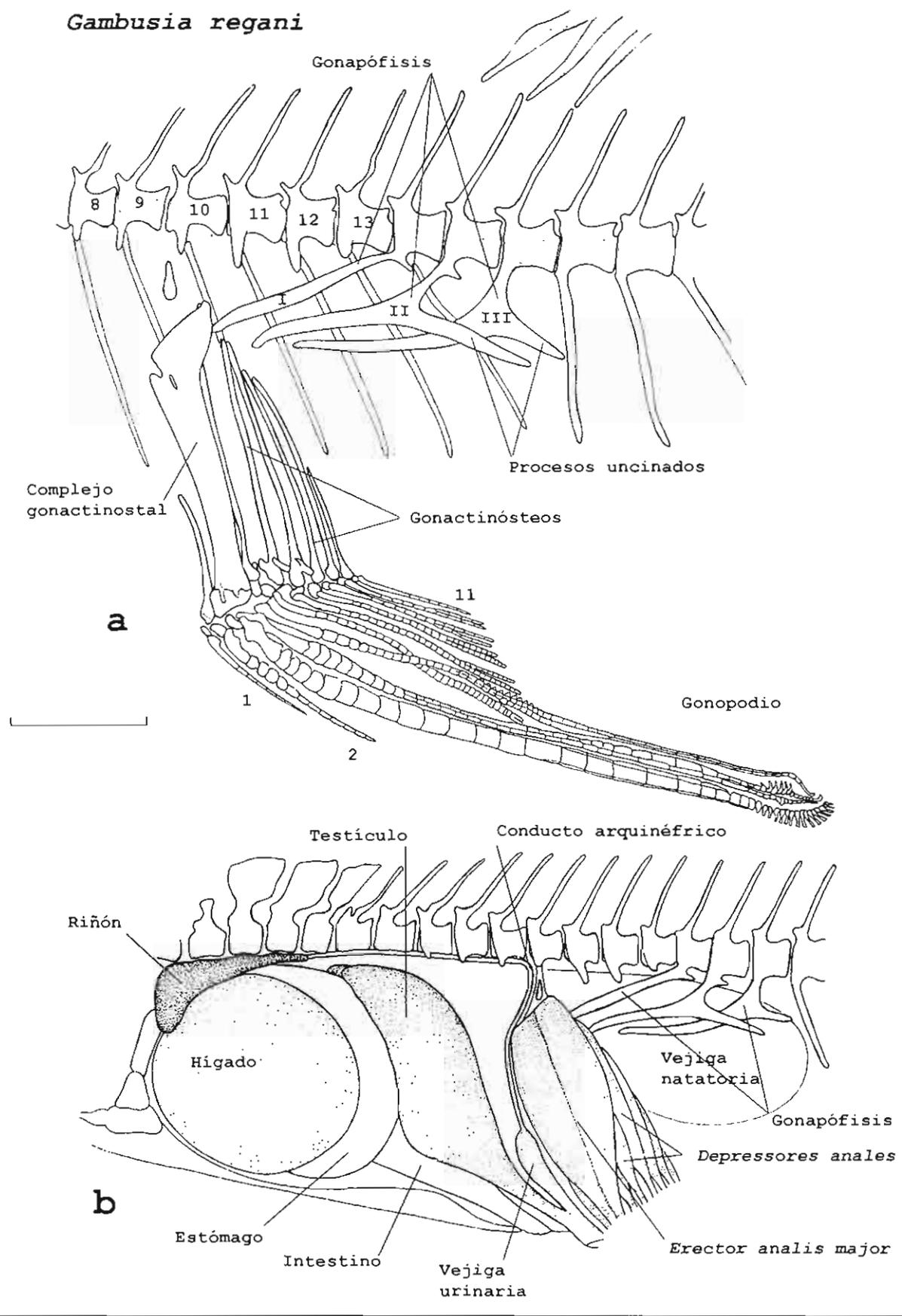


Figura 70. Esqueleto y musculatura del suspensorio gonopodial de *Gambusia regani* (Poeciliidae). a) Esqueleto sexual. b) Musculatura de la aleta anal.

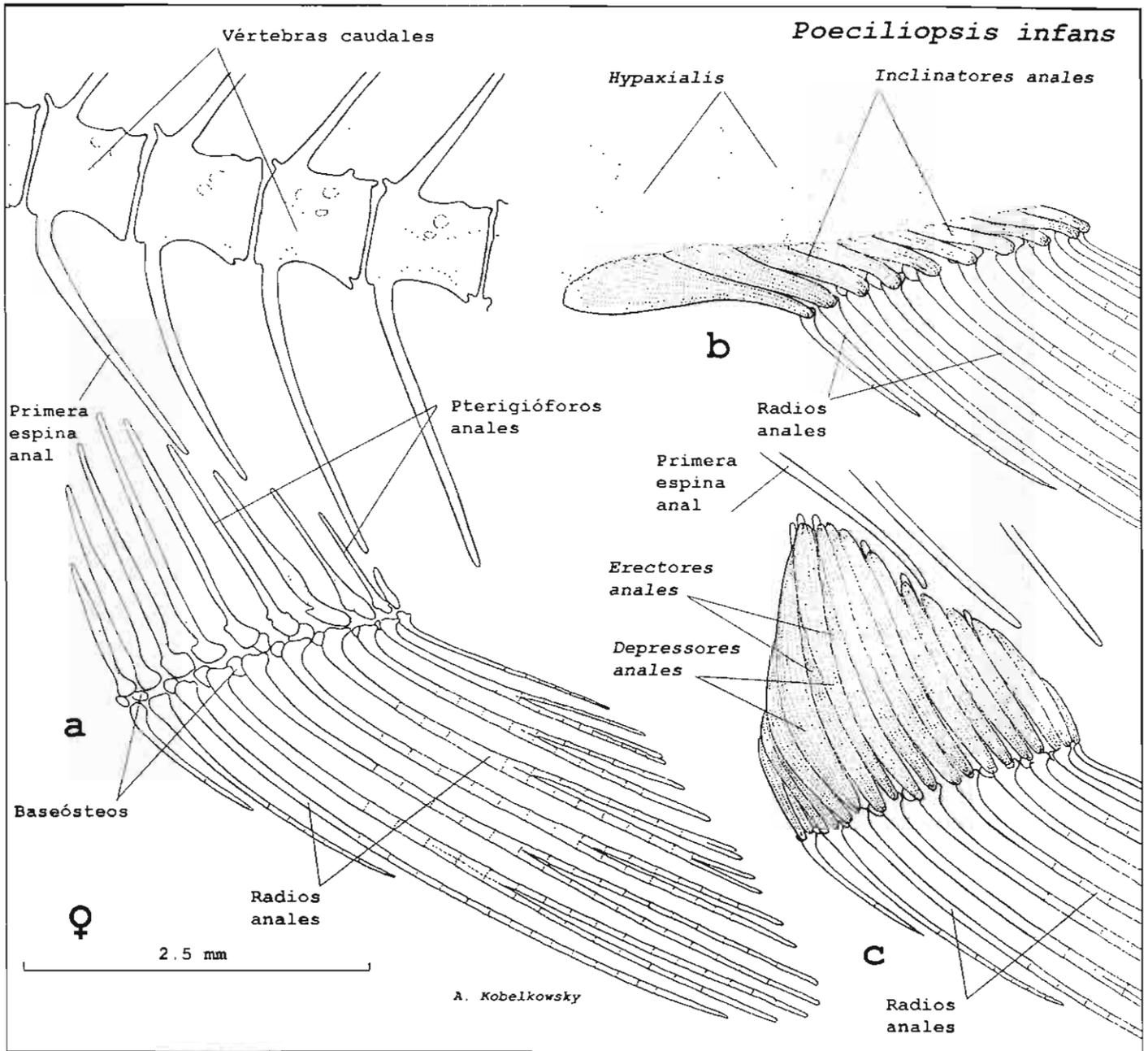


Figura 71. Anatomía de la aleta anal de la hembra de *Poeciliopsis infans* (Poeciliidae). a) Esqueleto. b, c) Musculatura.

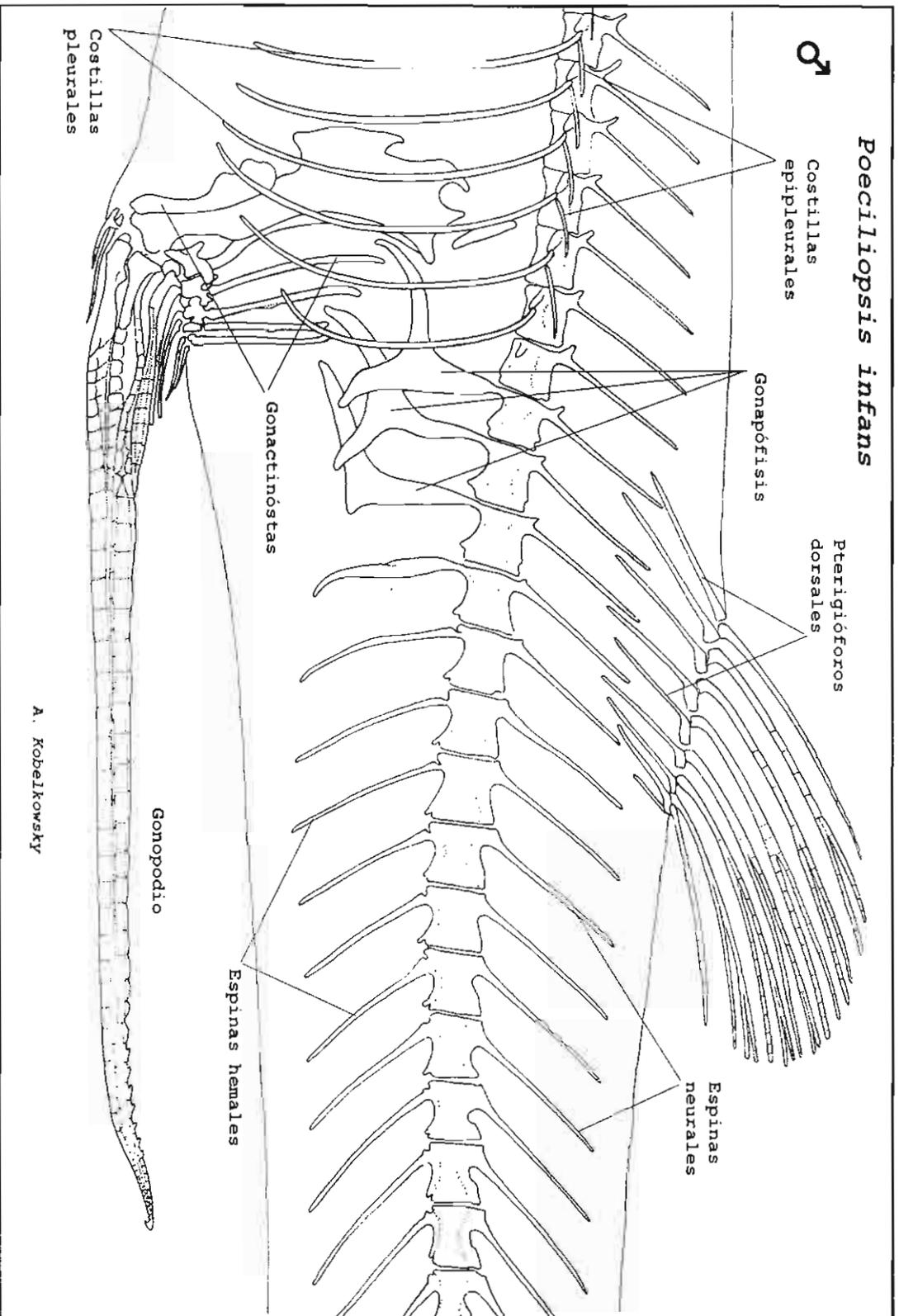
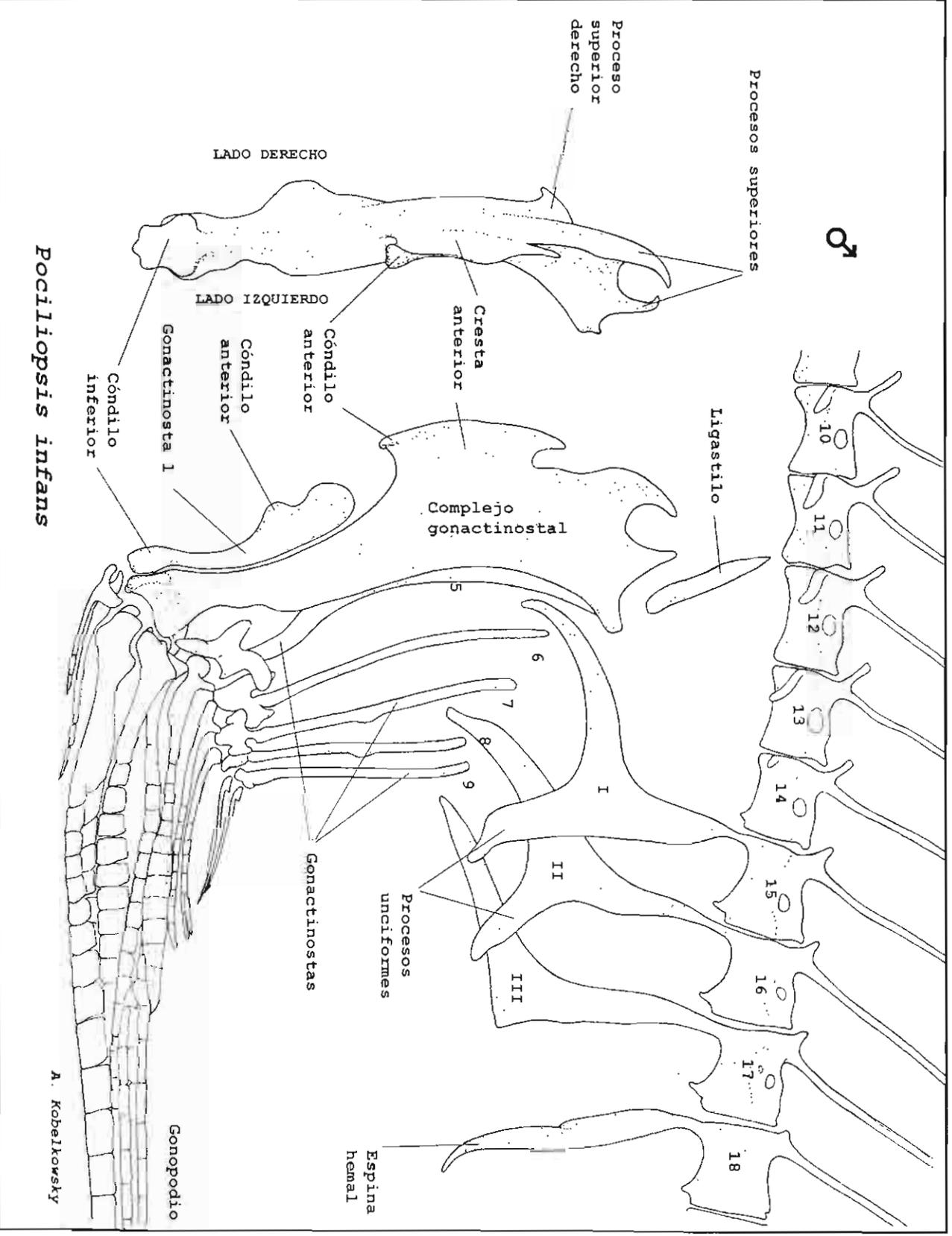


Figura 72. Gonopodio y suspensorio gonopodial de *Poeciliopsis infans* (Poeciliidae).



*Pocillopsis infans*

Figura 73. Suspensorio gonopodial de *Pocillopsis infans* (Poeciliidae). a) Vista lateral izquierda. b) Vista anterior del complejo gonactinostal

A. Kobelkowsky

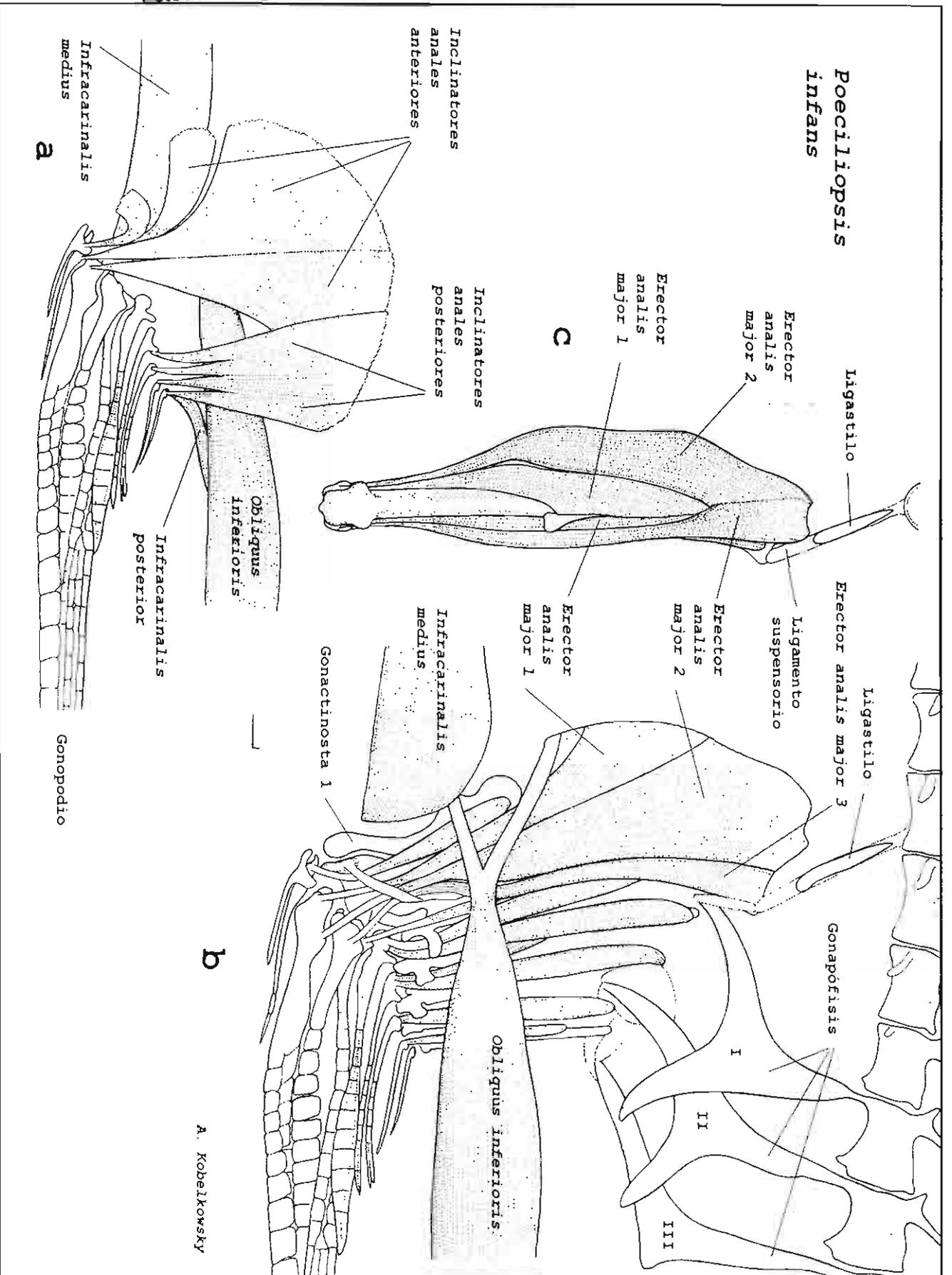


Figura 74. Musculatura del suspensorio gonopodial de *Poeciliopsis infans* (Poeciliidae). a) Músculos externos. b) Músculos internos. c) Vista anterior de la musculatura del complejo gonactinostal.

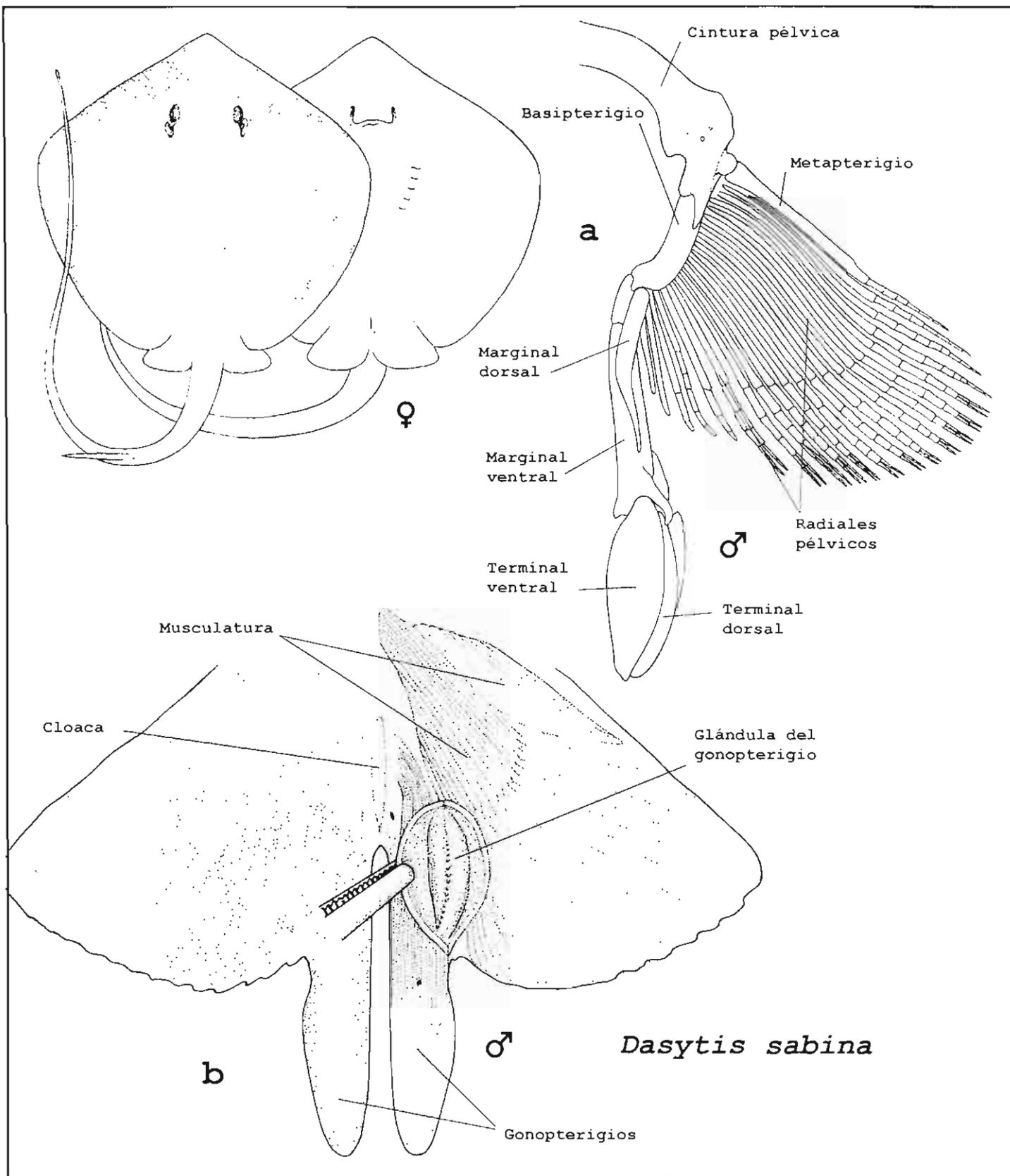


Figura 75. Dimorfismo sexual en las aletas pélvicas de *Dasytis sabina* (Dasyatidae). a) Vista dorsal del esqueleto de la aleta. b) Vista ventral de la musculatura de la aleta.

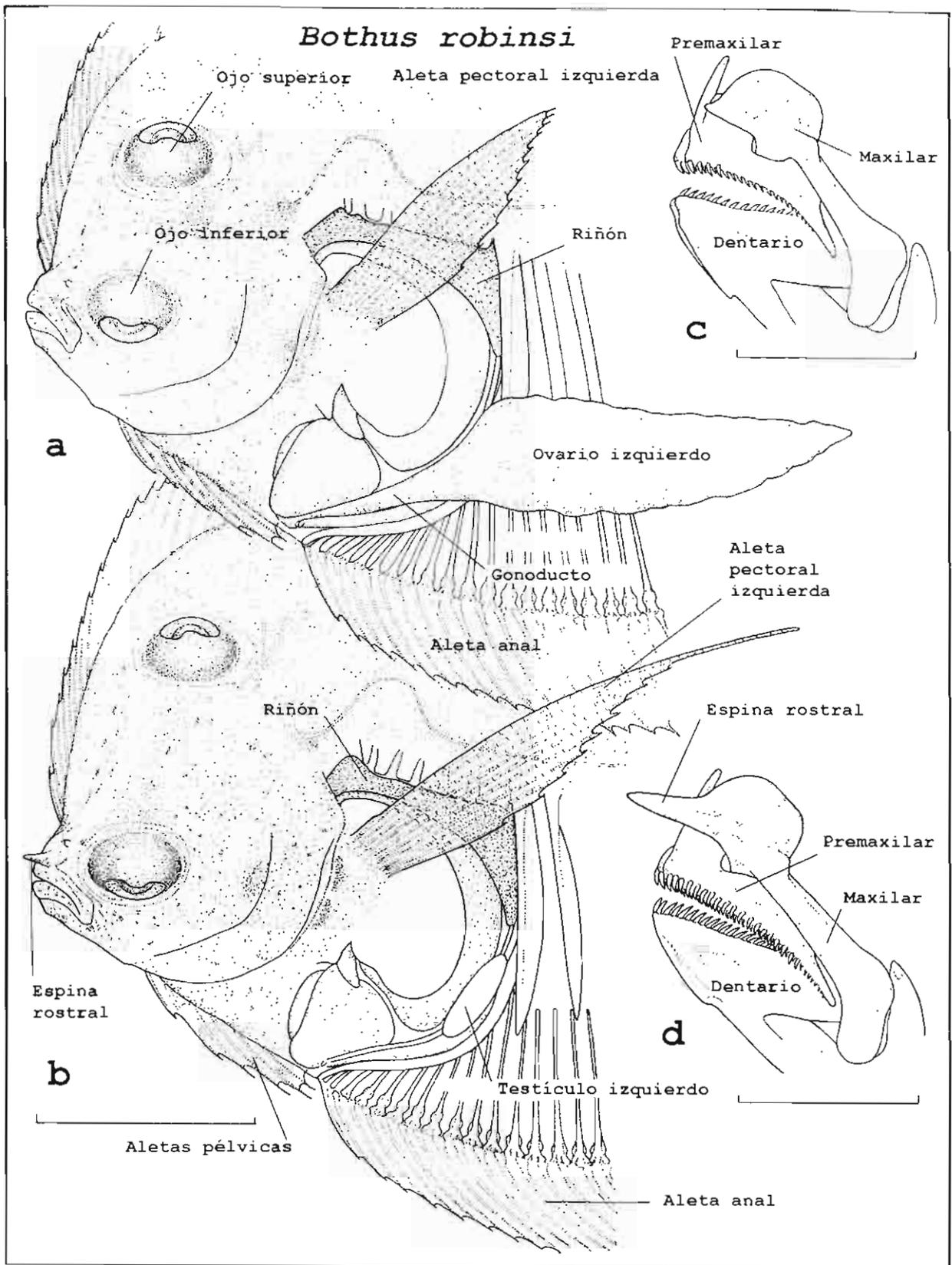


Figura 76. Dimorfismo sexual externo de *Bothus robinsi* (Bothidae). a) Hembra. b) Macho. c) Mandíbulas de la hembra. d) Mandíbulas del macho.

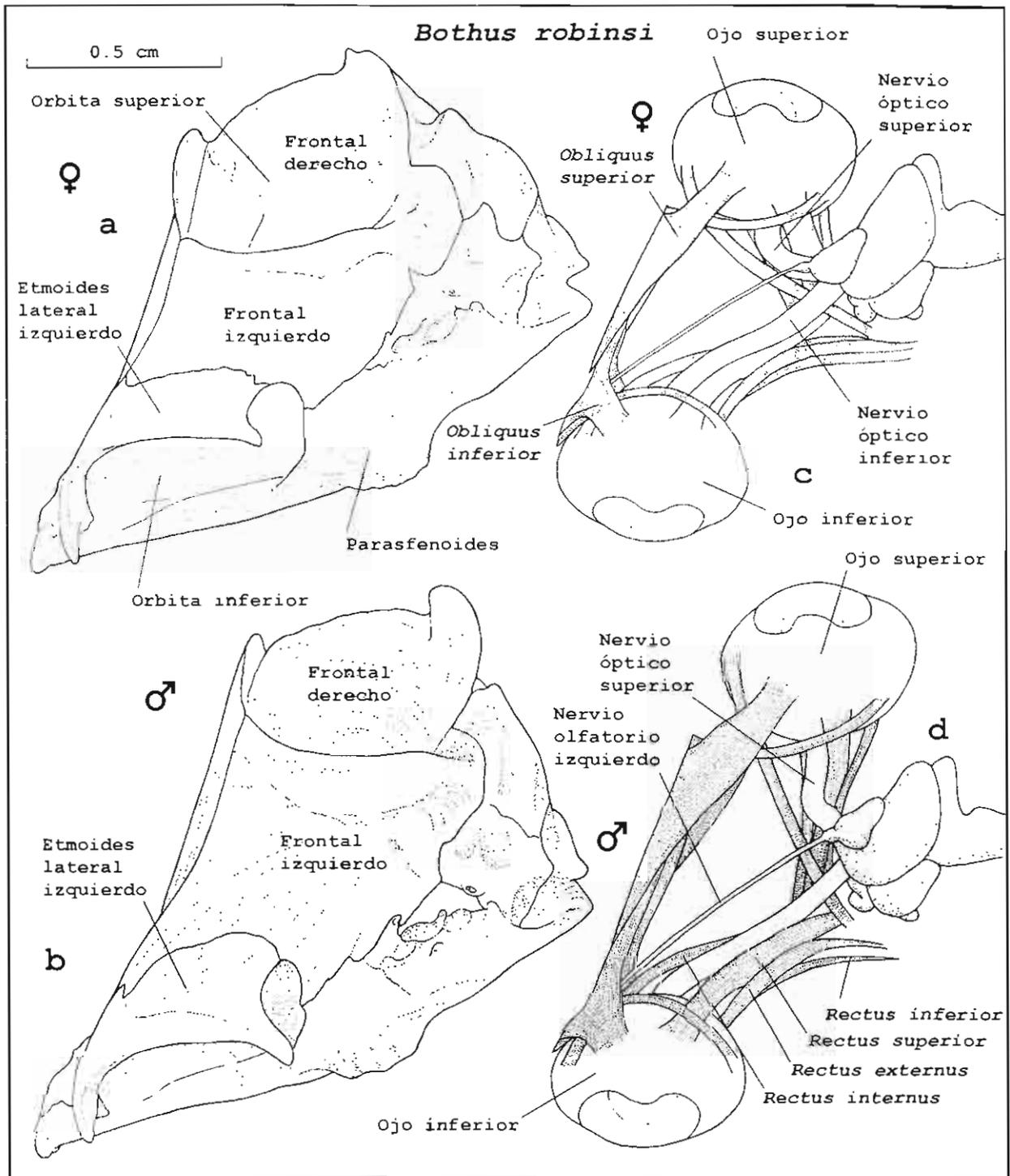


Figura 77. Dimorfismo sexual interno de *Bothus robinsi* (Bothidae). a) Neurocráneo de la hembra. b) Neurocráneo del macho. c) Sistemas óptico y olfatorio de la hembra. d) Sistemas óptico y olfatorio del macho.

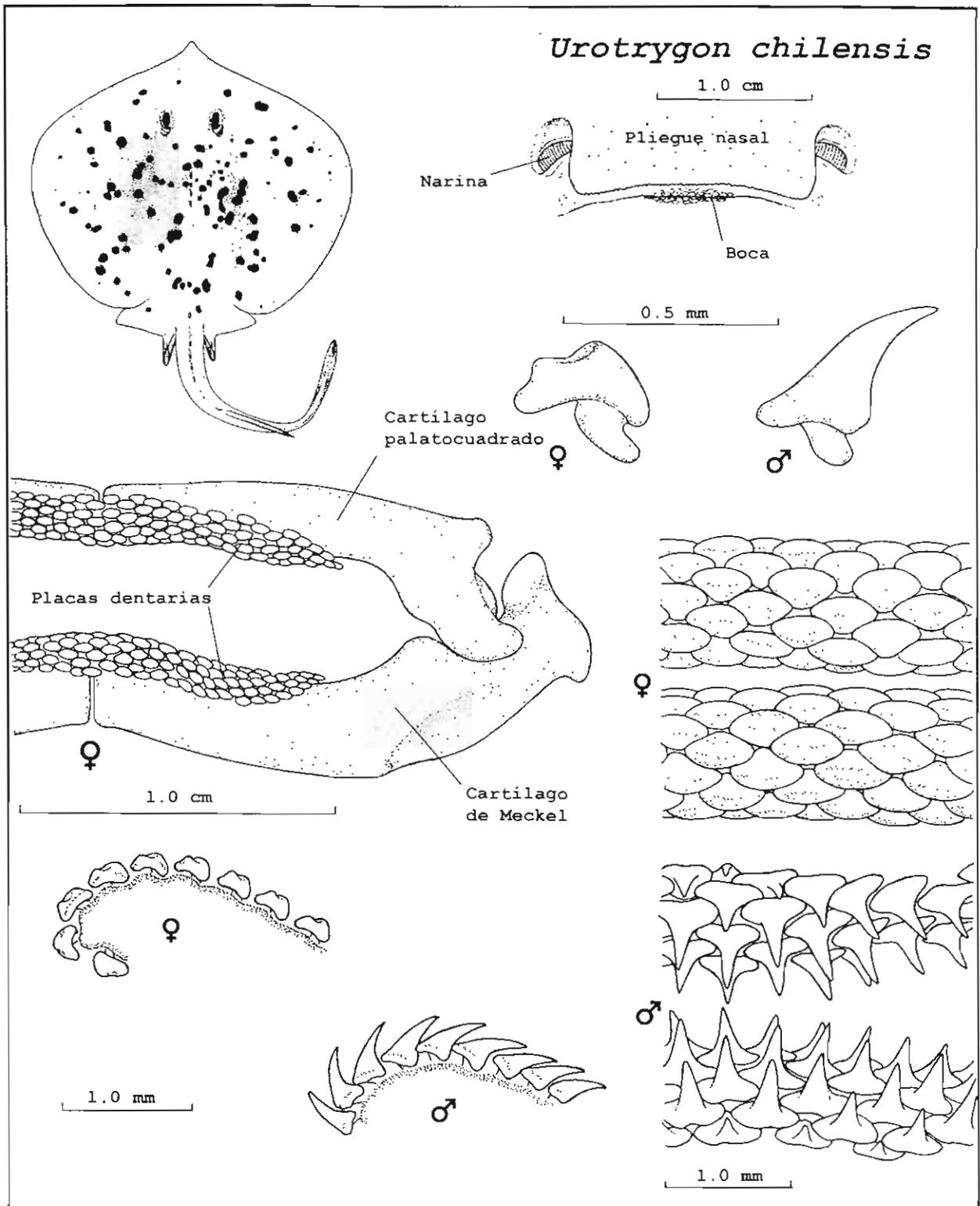


Figura 78. Dimorfismo sexual dentario de *Urotrygon chilensis* (Urolophidae). a) Vista ventral de la boca. b) Vista ventral de las mandíbulas. c) Dientes de hembra y macho respectivamente. d) Hileras sagitales de dientes en ambos sexos. e) Dentición mandibular superior e inferior de ambos sexos.

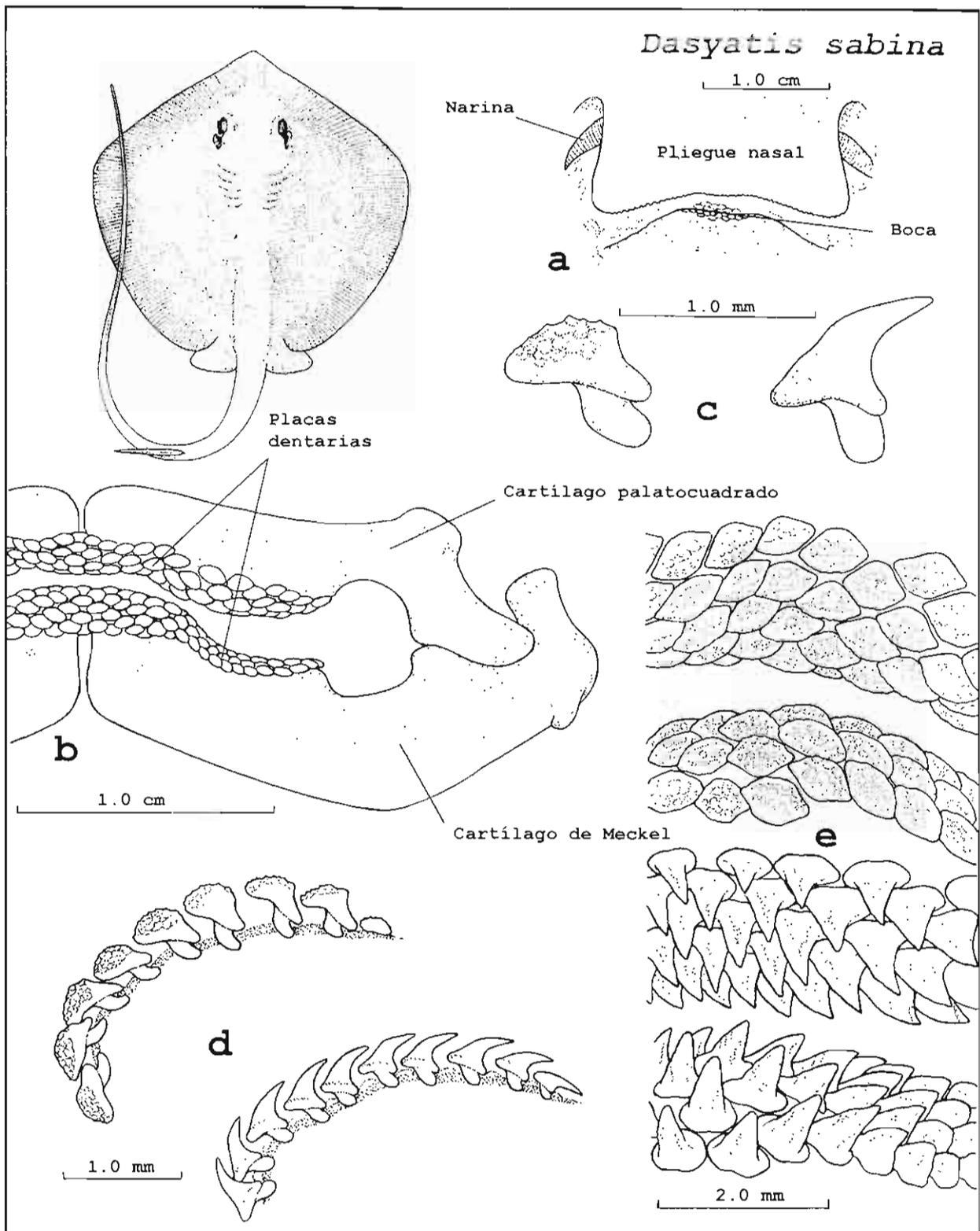


Figura 79. Dimorfismo sexual dentario de *Dasyatis sabina* (Dasyatidae). a) Vista ventral de la boca. b) Vista ventral de las mandíbulas. c) Dientes de hembra y macho respectivamente. d) Hilera sagital de dientes en ambos sexos. e) Dentición mandibular superior e inferior de ambos sexos.

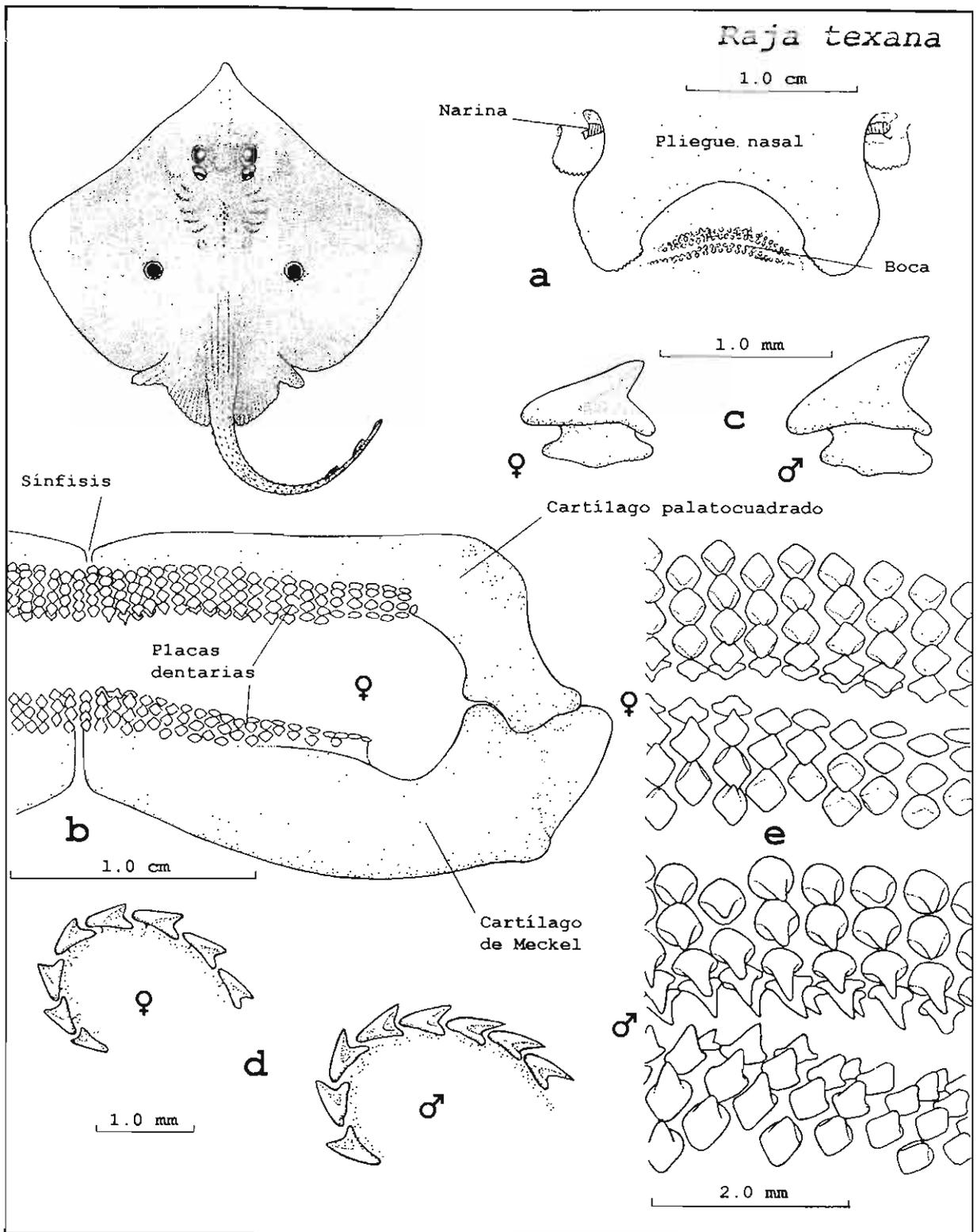


Figura 80. Dimorfismo sexual dentario de *Raja texana* (Rajidae). a) Vista ventral de la boca. b) Vista ventral de las mandíbulas. c) Dientes de hembra y macho respectivamente. d) Hilera sagital de dientes en ambos sexos. e) Dentición mandibular superior e inferior de ambos sexos.

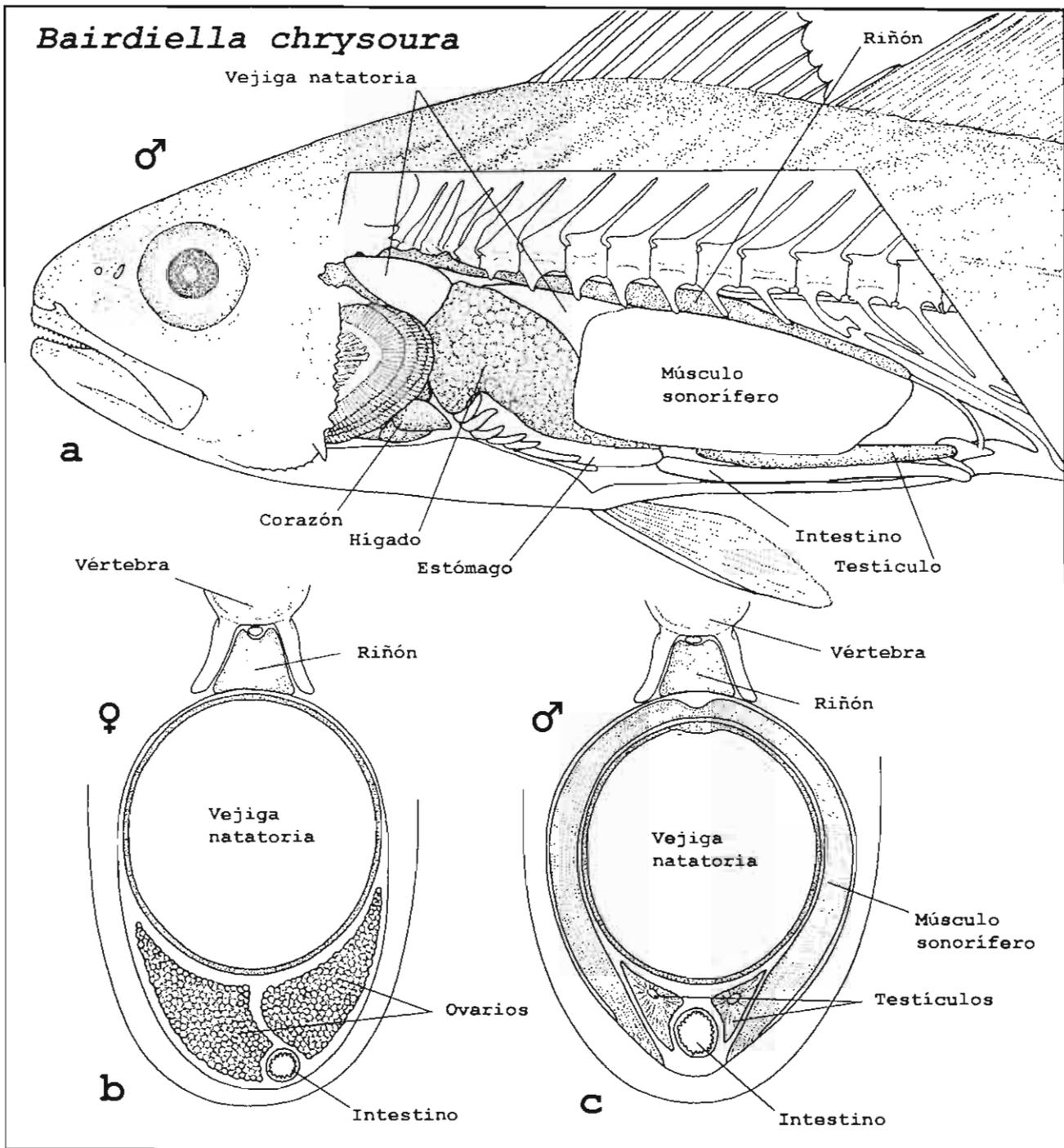


Figura 81. Dimorfismo sexual en la vejiga natatoria de *Bairdiella chrysoura* (Sciaenidae). a) Vista lateral de la cavidad visceral del macho. b) Corte transversal de la vejiga natatoria de la hembra. c) Corte transversal de la vejiga natatoria del macho.

## DISCUSION

### Riñones

De las especies examinadas, sólo *Lampetra spadicea* (Petromizontidae) presenta en el estado adulto, vestigios del pronefros. De acuerdo con varios autores como Morris (1972) este es el riñón funcional en el estado larvario de las lampreas, el cual permanece en el adulto como un cuerpo de tejido linfoide, sin conductos.

El mesonefros de *L. spadicea* se encuentra dentro del mismo patrón morfológico descrito para los Petromyzontiformes por autores como Morris (1972).

En el presente trabajo se reconoce en los condríctios (Chondrichthyes) una relación entre la forma de los riñones y la forma general del cuerpo. Siendo los tiburones peces relativamente esbeltos, su riñón es alargado, y resulta de la fusión del riñón derecho con el izquierdo, y su colocación es ventral a la columna vertebral. En cambio, las rayas tienen el cuerpo corto y ancho, sus órganos se distribuyen en el plano horizontal, así, los riñones son cortos y anchos, no fusionados entre sí y colocados a los lados de la columna vertebral. Sin embargo, Lacy & Reale (1999) señalan que la raya dulceacuícola *Potamotrygon humerosa*, posee riñones alargados.

Las venas cardinales posteriores, que en los tiburones recorren internamente al riñón, en las rayas tienen un trayecto independiente.

De acuerdo con Gilbert (1973) la porción anterior del riñón de los tiburones machos adultos no tiene funciones excretoras y se modifica en la glándula de Leydig, que contribuye a la formación del fluido seminal.

En el presente estudio se proponen dos tipos morfológicos de riñones en las rayas: el lobular y el uniforme. Dentro de las especies de rayas, se encontró que *Urotrygon chilensis*, *Dasyatis sabina* y *Gymnura micrura* presentan el tipo lobular. Lacy & Reale (1999) describen los riñones de tiburones y rayas con marcadas lobulaciones como en *Raja erinacea*. Sin embargo, en el presente estudio las especies de tiburones y la raya *Raja texana* no muestran lóbulos.

Es conocido que los conductos arquinéfricos (de Wolff) en las hembras de condríctios desaparecen y en los machos se transforman en conductos deferentes (Romer, 1962), los

cuales transportan el esperma. En su lugar en ambos sexos se constituye un sistema de conductos, de los cuales el que drena la orina a la cloaca es el conducto urinario accesorio (Lacy & Reale, 1999). La notable anchura de los conductos urinarios accesorios de *Dasyatis sabina* posiblemente implica la reserva temporal de la orina, de manera análoga a la vejiga urinaria de los teleósteos.

En los teleósteos se encuentra una más alta complejidad morfológica de los riñones mesonéfricos que en los condriktios. Entre las escasas publicaciones sobre la morfología de los riñones de teleósteos se encuentra la clasificación de Ogawa (1961) en cinco categorías, de las cuales, en el presente estudio se señala a una de ellas como errónea y otra imprecisa.

En este estudio se reconoce que la diversidad morfológica de los riñones de los teleósteos se correlaciona con la diversidad de formas del cuerpo y de la cavidad visceral, así como también con estructuras internas como el tracto digestivo, la vejiga natatoria, la columna vertebral y la presencia de ciertos músculos.

El análisis morfológico de los riñones realizado en el presente estudio, incluye especies representativas de los principales superórdenes de Teleostei, siendo el carácter más utilizado el grado de fusión y de separación de los riñones.

La total separación de ambos riñones en los teleósteos se identifica en escasas especies que corresponden a las familias Poeciliidae (*Belonesox belisanus*, *Gambusia regani*, *Gambusia affinis* y *Heterandria bimaculata*), Ogcocephalidae (*Ogcocephalus radiatus*), Diodontidae (*Diodon hystrix*) y Tetraodontidae (*Lagocephalus laevigatus*). Mientras que en los Poeciliidae la separación es casi imperceptible, en los Tetraodontiformes examinados, ambos riñones están ampliamente separados por los músculos retractores dorsales de las branquias.

En *O. radiatus* la amplia distancia entre los riñones es debida además de dichos músculos, a la interposición de la columna vertebral. Se observa un paralelismo entre las rayas y los ogcocefálicos, por tener el cuerpo deprimido, la cavidad visceral ancha y la ubicación de los riñones a los lados de la columna vertebral.

Se determina una mayor frecuencia en la fusión total o parcial de los riñones izquierdo y derecho. Asimismo es general la formación de lóbulos renales anteriores, los

cuales rodean al esófago o a la vejiga natatoria, hasta alcanzar los extremos del seno venoso del corazón.

La total fusión de los riñones izquierdo y derecho se observó en *Syngnathus scovelli* (Syngnathidae). Aunque Ogawa (1961) ejemplifica la total separación de los riñones con los singnátidos, en el presente trabajo se identificó su continuidad por encima de la aorta dorsal.

La total fusión de ambos riñones en especies representativas de las familias Characidae (*Astyanax fasciatus*), Ictaluridae (*Ictalurus balsanus*, *Ictalurus punctatus*), Pimelodidae (*Rhamdia guatemalensis*), Ariidae (*Cathorops melanopus*, *Ariopsis felis*, *Bagre marinus*) y Cyprinidae (*Notropis boucardi*), probablemente sea un carácter común de los Ostariophysi.

Se identifican en el presente trabajo como los dos principales factores anatómicos, que determinan la separación de ambos riñones en su primer tercio (y por lo tanto la formación de los dos lóbulos renales anteriores) al paso de los músculos *retractores dorsales* desde los huesos faringobranquiales hasta las primeras vértebras precaudales, y al anclaje de la vejiga natatoria a las primeras vértebras precaudales.

Mientras que autores como Norman (1934) y Gregory (1959) consideran que los lenguados (orden Pleuronectiformes) derivan de los Perciformes, con base en ciertos caracteres osteológicos, en el presente estudio se adicionan a dicha propuesta, caracteres como son: los músculos *retractores dorsales* de las branquias y las presencia de los lóbulos renales anteriores.

Autores como Nelson (1994) presentan la discusión del origen de los Tetraodontiformes a partir de algún grupo de Perciformes o de Zeiformes. En el presente trabajo se propone la consideración de otros caracteres como la total separación de los riñones mediante los músculos *retractores dorsales* y la columna vertebral en Diodontidae (*Diodon hystrix*) y Tetraodontidae (*Lagocephalus laevigatus*).

En representantes de los Paracanthopterygii (*Opsanus beta*, *Porichthys porosissimus*, *Ogcocephalus radiatus*) la separación de ambos riñones en aproximadamente los dos primeros tercios, es consecuencia de la interposición de los marcadamente largos músculos *retractores dorsales*, que en *Opsanus beta*, presenta tendones largos.

En las familias examinadas de Pleuronectiformes (Achiriidae, Cynoglossidae, Paralichthyidae, Bothidae) los

relativamente cortos lóbulos renales anteriores están separados por los *retractores dorsales*, estando ausente la vejiga natatoria. Relacionado con el extremo aplanamiento lateral de los lenguados, se encuentra el contacto de dichos lóbulos con los cleitra de la cintura escapular.

Además de los lóbulos renales anteriores, se reconocen con menor frecuencia lóbulos de los riñones en "espacios disponibles", como el lóbulo cefálico de los Characidae (*Astyanax fasciatus*, *Bramocharax dorioni*), de colocación ventral al neurocráneo y entre las arterias branquiales eferentes; los lóbulos laterales de Cyprinidae (*Notropis boucardi*, *Megalobrama amblycephala*) colocados entre las dos cámaras de la vejiga natatoria; el lóbulo posterior en Gobiidae (*Gobionellus hastatus*), Clupeidae (*Brevoortia patronus*) y Elopidae (*Elops saurus*) colocado en los primeros arcos hemales; y el lóbulo posterior izquierdo de los Achiriidae (*Achirus lineatus*, *Trinectes maculatus*, *Gymnachirus texae*) colocado extravisceralmente, junto con la vejiga urinaria, en contraposición de las asas intestinales extraviscerales del lado contrario.

La asimetría del riñón es más notable en representantes de los Pleuronectiformes. Kobelkowsky (2000a) describe la presencia del lóbulo renal posterior del lado izquierdo de los Achiriidae, y Kobelkowsky (2000b) encuentra la escotadura izquierda del riñón de los Cynoglossidae (*Symphurus plagiusa*, *Symphurus civitatus*), producida por el paso de una fascia que sostiene al estómago desde las primeras vértebras precaudales.

La separación de los riñones de los Siluriformes analizados (Ictaluridae, Pimelodidae y Ariidae) en un órgano anterior y otro posterior, aparentemente es la culminación de una tendencia evolutiva que se observa en los Characiformes. Posiblemente es una consecuencia de la implementación de un sistema de transmisión del sonido, característico de los Ostariophysi, que implica la asociación de la vejiga natatoria con las modificaciones de las cuatro primeras vértebras en los osículos de Weber.

Es de especial interés la comunicación del riñón posterior con el anterior mediante la vena cardinal posterior derecha, que implica modificaciones estructurales en el complejo vertebral, como lo son los surcos o canales por los que dicho vaso pasa.

En todas las especies en que se analizó el riñón, se observa la tendencia de conservarse más gruesa la vena cardinal posterior derecha, que recorre el lóbulo renal anterior derecho, para conectarse directa o indirectamente

con la parte derecha del seno venoso del corazón. Este carácter se considera una plesiomorfía de los teleósteos.

Dicha tendencia se reconoce como más acentuada en los Siluriformes examinados, debido a la conservación exclusivamente de la vena cardinal posterior derecha como enlace entre el riñón posterior con el anterior.

## Ovarios

La fusión de ambos ovarios y la ausencia de oviductos en *Lampetra spadicea* corresponde al patrón morfológico conocido de los Petromyzontiformes, descrito por autores como Hardisty (1971).

La asociación entre los ovarios y los llamados órganos epigonales en *Carcharhinus* sp. y *Carcharhinus longimanus*, *Urotrygon chilensis*, *Dasyatis sabina*, *Raja texana* y *Gymnura micrura* corresponde a lo descrito en general en los condríctios por autores como Hamlett & Koob (1999). Se considera a los órganos epigonales como estructuras hemopoyéticas (linfomiélicas).

Con respecto a la suspensión de los ovarios mediante los mesovarios, en los teleósteos se reconocen tres situaciones: a) en la mayoría de los grupos están suspendidos desde la vejiga natatoria, b) en los que carecen de ésta, como en los Gobiidae (*Gobionellus hastatus*) se suspenden desde el techo de la cavidad visceral, de manera similar a los Chondrichthyes, y c) en los que la vejiga natatoria está restringida, los ovarios cuelgan en parte de la vejiga natatoria y en parte del techo de la cavidad visceral, como en los Ariidae (*Cathorops melanopus*), Ictaluridae (*Ictalurus balsanus*) y Pimelodidae (*Rhamdia guatemalensis*).

Es sobresaliente la reducción de dos a un ovario en *Strongylura marina* (Belonidae); sin embargo, parece ser que el patrón morfológico del género *Strongylura* es el de desarrollar ambos ovarios como se observa en *Strongylura notata* y *Strongylura timucu*.

Aunque en general un ovario es ligeramente más largo que el otro, una marcada asimetría en el tamaño se observa en la anchoa *Anchoa mitchilli* y en la anchoveta *Cetengraulis edentulus*. En la primera el ovario más grande es el izquierdo, el cual se desarrolla por debajo del intestino.

Mientras que en los condríctios ambos ovarios se encuentran totalmente separados entre sí, y en los ciclóstomos se fusionan en toda su longitud, en los teleósteos el patrón

general es la fusión de sus extremos posteriores, quedando el resto de ambas gónadas separado. Aparentemente esta es la situación general de los teleósteos, como se observa en *Bairdiella chrysoura* (Sciaenidae), no obstante, resaltan algunas modificaciones a este patrón.

Se reconocen cuatro grados de unión entre el ovario izquierdo y el derecho: a) fusión del extremo posterior (mayoría de los teleósteos), b) contacto de los dos ovarios a todo lo largo, sólo con fusión del extremo posterior y persistente durante todo el ciclo de maduración ovárica (Ariidae), c) fusión total de ambos ovarios, manteniendo un tabique interovárico (Goodeidae), d) fusión total de ambos ovarios sin permanencia del tabique interovárico (Poeciliidae). Así, los grados más elevados de unión de los ovarios entre sí, se encuentran en familias ovovivíparas o vivíparas.

Entre las especies que tienen el patrón general de ovarios fusionados por su extremo posterior, se reconocen los que son paralelos entre sí, pero que además hacen contacto la gónada derecha con la izquierda como en los bagres de la familia Ariidae (*Cathorops melanopus*) y el pez pipa *Syngnathus scovelli* (Syngnathidae); o los que están parcialmente separados por la vejiga natatoria, como en el ronco *Bairdiella chrysoura* (Sciaenidae), o por el intestino como en *Myrophis punctatus* (Ophichthyidae).

Se identifica como el factor que produce la divergencia de los ovarios de los teleósteos a la interposición de la vejiga natatoria, que es más notable en los grupos taxonómicos que la presentan con un aspecto ventral esférico u ovoide, como en *Rhamdia guatemalensis* (Pimelodidae), *Opsanus beta* y *Porichthys porosissimus* (Batrachoididae).

El sentido del aplanamiento de los ovarios en ciertos grupos de teleósteos, es el mismo que el del cuerpo y por lo tanto de la cavidad visceral. Así, los ovarios lateralmente aplanados corresponden a taxa con modificación del cuerpo en el mismo sentido, como *Anchoa mitchilli* (Engraulidae), *Brevoortia patronus* (Clupeidae), *Achirus lineatus* (Achiridae), *Citharichthys spilopterus* (Paralichthyidae) y *Bothus robinsi* (Bothidae). Los ovarios dorsoventralmente aplanados corresponden a especies deprimidas como *Ogcocephalus radiatus* (Ogcocephalidae) y a especies con la cavidad visceral deprimida como *Cathorops melanopus* (Ariidae).

La situación morfológica más especializada de los ovarios de los teleósteos se encuentra en el orden

Pleuronectiformes o de los lenguados, ejemplificada por *Achirus lineatus* (Achiridae), *Symphurus plagiusa* (Cynoglossidae), *Citharichthys spilopterus* (Paralichthyidae) y *Bothus robinsi* (Bothidae). Debido a la notable reducción del volumen de la cavidad visceral, cada ovario al madurar crece hacia atrás, rebasando el primer pterigióforo de la aleta anal y ubicándose entre la musculatura hipoaxial y los músculos que mueven a los radios de la aleta anal. Norman (1934) denomina a los espacios ocupados por los ovarios como "cavidades corporales secundarias", de las cuales la del lado derecho (lado oculado) es ocupada, además, por una o dos asas intestinales en los Achiridae .

## Testículos

De manera similar a los ovarios de *Carcharhinus* sp. (Carcharhinidae), *Urotrygon chilensis* (Urolophidae), *Dasyatis sabina* (Dasyatidae), *Raja texana* (Rajidae) y *Gymnura micrura* (Gymnuridae), los testículos están asociados a los órganos epigonales. Es probable que esta sea la situación generalizada de los Chondrichthyes.

Al igual que la hembra de *Strongylura marina* (Belonidae) el macho de esta especie desarrolla solo el testículo derecho, mientras que *Strongylura notata* y *Strongylura timucu* presentan los dos testículos.

La presencia de ambos testículos es la situación generalizada de los teleósteos, como se observa en la mayoría de las especies examinadas.

Asimismo, la situación generalizada de los teleósteos y a diferencia de los condriictios es el reducido tamaño de los testículos con relación a los ovarios (Moyle & Sech, 1988). Sin embargo, se reconocen excepciones como los ovarios de *Anchoa mitchilli* (Engraulidae) y *Astyanax fasciatus* (Characidae), en las que los testículos maduros aproximadamente alcanzan las dimensiones de los ovarios maduros. Así, probablemente los índices gonadosomáticos sean similares entre los sexos.

Aunque en general un testículo es ligeramente más grande que el otro, la asimetría es marcada en *Anchoa mitchilli* y *Cetengraulis edentulus* (Engraulidae).

En el presente estudio se observa que la condición generalizada de los teleósteos es la fusión posterior de ambos testículos, sin embargo, sobresale la situación inversa en *Goodea atripinnis* (Goodeidae), en que en la

porción anterior ambos testículos y sus conductos testiculares principales están fusionados.

Siendo la condición generalizada la de encontrarse ambos testículos separados entre sí, se reconocen dos situaciones diferentes: ambos testículos en contacto entre sí en toda su longitud, sin fusión como en *Cathorops melanopus* (Ariidae), y en la que están fusionados en toda su longitud, como en los Poeciliidae (*Gambusia regani* y *Gambusia affinis*).

En el presente análisis se observa que en general en los teleósteos los testículos son alargados, sin embargo, los de *Astyanax fasciatus* y *Bramocharax dorioni* (Characidae) tienen de manera excepcional un aspecto en zigzag.

La situación especial de presentar los testículos divergentes entre sí, como en *Diodon hystrix* (Diodontidae), es debida a la interposición del intestino.

De manera similar a los ovarios de *Rhamdia guatemalensis* (Pimelodidae), los testículos de esta especie después de un trayecto paralelo divergen por la interposición de la vejiga natatoria.

De forma semejante a las hembras, se reconoce una relación del sentido de aplanamiento de los testículos con el del cuerpo, en los engráulidos *Anchoa mitchilli* y *Cetengraulis edentulus* y los pleuronéctiformes *Achirus lineatus*, *Symphurus plagiusa*, *Citharichthys spilopterus* y *Bothus robinsi*.

Asimismo, se reconoce una relación entre el aplanamiento dorsoventral del cuerpo o de la cavidad visceral con el aplanamiento dorsoventral de los testículos, como se observó en *Ogcocephalus radiatus* (Ogcocephalidae) y en *Cathorops melanopus* (Ariidae).

La situación morfológica de los testículos más notable se encontró en *Ictalurus balsanus* e *I. punctatus* (Ictaluridae) y en *Rhamdia guatemalensis* (Pimelodidae), por estar formados en toda su longitud por numerosos lóbulos. La forma de dichos lóbulos permite diferenciar a los ictalúridos de los pimelódidos examinados.

Es excepcional la situación morfológica de los testículos de *Hyporhamphus roberti* (Hemirhamphidae) por presentar dos porciones en cada gónada. Probablemente la porción anterior sea de carácter espermatogénico y la porción posterior de formación de espermátóforos, como describen Grier &

Collette (1987) en especies del género *Zenarchopterus*, y que posiblemente implique fertilización interna.

Como una situación reconocida en familias como Serranidae, Sparidae y Labridae (Nikolsky, 1963), se observó la presencia de ovotestes en el lábrido *Thalassoma lucasanum*, la cual Warner (1982) reconoce junto con *Thalassoma bifasciatum* como especie hermafrodita de tipo protogíneo.

## Sistema de conductos

Mientras que en los Petromyzontiformes y los Teleostei, los conductos que drenan la orina desde los riñones hasta el exterior son los arquinéfricos, en los Chondrichthyes estos se han perdido en las hembras, y se han transformado en conductos deferentes en los machos (Romer, 1962). En ambos sexos de los condríctios los conductos arquinéfricos son sustituidos por los conductos urinarios accesorios.

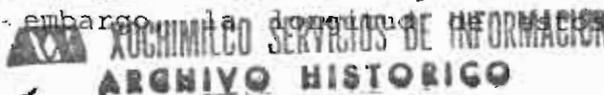
Aunque los condríctios no poseen vejiga urinaria, es notable el ensanchamiento de los conductos urinarios accesorios de la raya *Dasyatis sabina*, los cuales probablemente almacenan orina de forma temporal. Esta situación la describe Romer (1962) para algunos elasmobranquios, sin especificar los grupos.

Se reconoce una amplia diversidad de situaciones anatómicas de los conductos urinarios, genitales y urogenitales y de las vejigas urinarias en los Teleostei.

Mientras que en las lampreas los conductos arquinéfricos corren por el borde ventral de cada riñón mesonéfrico, en los teleósteos de manera general se observan externamente en la porción posterior de los riñones. Sin embargo, en *Goodea atripinnis* se desprenden de su porción anterior.

Durante el análisis de la morfología de los conductos arquinéfricos se reconocen dos situaciones principales: a) ambos conductos arquinéfricos alcanzan la vejiga urinaria de manera independiente, b) ambos conductos se unen entre sí, denominándose "conducto urinario común", el cual llega a la vejiga urinaria o al exterior. Asimismo, se reconoce que la unión de ambos conductos arquinéfricos puede ser dentro del riñón como en *Astyanax fasciatus* o fuera del mismo como en *Opsanus beta*.

Se reconoce una relación inversa entre la longitud del riñón y la longitud de los conductos arquinéfricos. Así, especies con riñón corto, tienen conductos arquinéfricos largos y viceversa. Sin embargo, a longitud de



conductos puede estar relacionada con la conformación de la parte posterior de la cavidad visceral, lo que se puede ejemplificar al comparar *Membras vagrans* y *Menidia beryllina* (Atherinopsidae).

Se observan tres situaciones en la relación de los conductos arquinéfricos y la vejiga natatoria: a) los conductos rodean posteriormente a la vejiga natatoria, como en la mayoría de las especies examinadas, b) la rodean cerca de su extremo posterior, por ambos lados, como en *Bairdiella chrysoura*, c) la rodean por un mismo lado, como en *Salmo mykiss*.

Mientras que en los anfibios y los reptiles la vejiga urinaria es un derivado de la cloaca, y en los mamíferos se origina de la alantoides, en los teleósteos es una modificación del conducto urinario común (Romer, 1962). En estos últimos se desarrolla de dos maneras: a) como un ensanchamiento del conducto urinario común, b) como una evaginación de dicho conducto, con uno o dos lóbulos y con dimensiones variables.

Sobresale la situación extravisceral de la vejiga urinaria en los Achiridae (Kobelkowsky, 2000a), como se ejemplifica con *Achirus lineatus*.

Se reconoce el patrón morfológico en los machos de los teleósteos, de la unión del conducto urinario común con el conducto espermático común.

La ausencia de los conductos reproductores en ambos sexos de *Lampetra spadicea* corresponde al patrón morfológico de los Petromyzontiformes descrito por Romer (1962), quedando los gametos libres en el celoma y saliendo por los orificios de la papila urogenital.

Mientras que la condición común es la presencia de un solo ostium o abertura anterior común de las trompas de Falopio, se observa como un carácter especial la separación de las aberturas anteriores (ostia) de las trompas de Falopio en *Gymnura micrura*.

Asimismo, mientras que en general en los condriictios cada oviducto se abre independientemente a la cloaca, se observa de manera especial la unión de ambos oviductos en un seno común en *Raja texana*.

## Caracteres sexuales secundarios

Siendo uno de los caracteres dimórficos más generalizado el mayor tamaño del cuerpo de las hembras, es notable la inversión de esta situación en *Bothus robinsi*, lo cual es el primer registro en la literatura de los Pleuronectiformes (Kobelkowsky, 2004a).

Como el carácter corporal dimórfico más notable se encuentra el desarrollo de la bolsa incubatriz en el macho de *Syngnathus scovelli*, lo cual es característico de la familia Syngnathidae, y la observación en el presente trabajo de la mayor altura del abdomen del cuerpo de la hembra, debida a que los ovarios tienen posición dorsal con respecto al intestino.

El mayor número de diferencias sexuales secundarias en los peces examinados se concentra en las aletas, principalmente en las que están modificadas para la fertilización. La presencia de gonopterigios en las aletas pélvicas de los tiburones y rayas examinados, es un carácter común de los Chondrichthyes (Compagno, 1999).

La literatura señala a los Goodeidae, como los teleósteos con mayor complejidad en las relaciones materno-fetales (Turner, 1937; Wourms y col. 1988), sin embargo, existe una mayor complejidad en la estructura de la aleta anal y el suspensorio gonopodial de los Poeciliidae (Rosen & Gordon, 1953; Rosen & Bailey, 1963). En el presente trabajo se corrobora comparando *Goodea atripinnis* (Kobelkowsky, 2004c) con *Gambusia regani* (Kobelkowsky y Alva-García, 2000) y *Poeciliopsis infans*.

Mientras que en la literatura se considera al andropodio de los Goodeidae como el principal carácter sexual secundario externo, en el presente estudio se adicionan caracteres miológicos como la mayor longitud y volumen de los machos de los músculos *depresores anales* y *erectores anales* de *G. atripinnis*.

Siendo escasos los trabajos sobre la musculatura relacionada con el suspensorio gonopodial, como el de Rosen & Gordon (1953), en el presente estudio se detalla en *P. infans*, reconociéndose como situación peculiar su asimetría.

Al comparar el esqueleto y la musculatura sexuales de *G. regani* y *P. infans* se observa preliminarmente una relación directa del volumen de los músculos *erectores mayor* con la longitud del gonopodio.

Se reconoce a *Bothus robinsi* como la especie de teleósteos con mayor número de caracteres sexuales dimórficos. Kobelkowsky (2004a) describe las implicaciones anatómicas que tiene la diferente separación de los ojos entre los sexos, siendo en los machos la mayor amplitud de los huesos frontales y etmoides laterales izquierdos, la mayor longitud de los músculos *obliquus superior* y *obliquus inferior*, de los nervios ópticos y del nervio olfatorio izquierdo.

Mientras que en los Rajiformes la condición general es la de presentar los machos y las hembras la misma dentición, en el presente trabajo se reconoció la forma puntiaguda de los dientes de los machos y aplanada de las hembras de *Urotrygon chilensis*, *Dasyatis sabina* y *Raja texana*.

El análisis anatómico del tracto digestivo de estas especies de rayas, no mostró diferencias sexuales Kobelkowsky (2004d). Mientras que Feduccia & Slaughter (1974) suponían que en varias especies de Rajidae, el dimorfismo sexual dentario implicaba una diferente dieta entre los sexos, McEachran (1977) demostró que en ambos sexos la dieta es la misma, y sugirió que la dentadura puntiaguda del macho permite sujetar a la hembra por una aleta pectoral durante la cópula, como describen McCourt & Kerstitch (1980) al estudiar el comportamiento reproductivo de *Urolophus jamaicensis*.

De acuerdo con Kajiura & Tricas (1996) *D. sabina* presenta un dimorfismo sexual estacional, sustituyéndose los dientes planos por los agudos sólo en la época de reproducción.

Como carácter sexual secundario interno es sobresaliente en *Bairdiella chryoura* y *Stellifer lanceolatus* (Kobelkowsky, 1999) la presencia de los músculos sonoríferos en los machos. Esta condición morfológica la describen Chao (1978) en otras especies de Sciaenidae, y Tavolga (1971) la relaciona con la producción de sonido por el macho para atracción sexual.

## CONCLUSIONES

### Riñones

1. La forma de los riñones de los peces está directamente relacionada con la forma de las estructuras vecinas, las cuales son en orden de importancia las siguientes:
  - Las vértebras precaudales
  - La vejiga natatoria
  - El esófago
  - Los músculos dorsales de los arcos branquiales
  - La región basioccipital del neurocráneo
  - La aorta dorsal y la arteria celiaca
  - Nervios craneales y raquídeos
  - Conductos reproductores
2. Es un carácter común en los peces el recorrido de las venas cardinales posteriores dentro del riñón.
3. Es un carácter común en los teleósteos el mayor grosor de la vena cardinal posterior derecha.
4. El contacto directo de los riñones con el corazón es común en los teleósteos superiores.
5. Se reconocen varios grados de fusión de los riñones en los teleósteos.
6. La separación parcial o total de los riñones de los teleósteos es debida a la presencia de los músculos retractores de las branquias, y en segundo término al anclaje de la vejiga natatoria a la columna vertebral.
7. La tendencia más notable del sistema excretor de los peces es la total separación en un riñón anterior y otro posterior, por interposición del sistema de transmisión del sonido en los Ostariophysii.

### Gónadas

La situación generalizada de las gónadas de los Chondrichthyes es su asociación con los órganos epigonales.

1. Se confirma que el patrón morfológico de los ovarios de los teleósteos es su carácter hueco, la fusión

posterior de ambas gónadas, y su continuación en un solo gonoducto.

2. El mayor grado de fusión de ambos ovarios entre sí se reconoce en los teleósteos con desarrollo intraovárico.
3. Es un carácter común de los teleósteos la fusión posterior de ambos testículos.
4. El mayor grado de fusión de ambos testículos entre sí se reconoce en los teleósteos con fertilización interna.
5. La condición morfológica más notable de los testículos de los teleósteos es su carácter lobular en los bagres de las familias Ictaluridae y Pimelodidae.

#### **Sistema de conductos**

1. Es un carácter común de los condríctios la presencia de los conductos urinarios accesorios.
2. La mayor diversidad de conductos urinarios y urogenitales se identifica en los teleósteos.
3. Es común la presencia de la vejiga urinaria en los teleósteos.
4. Existe una mayor complejidad de los conductos genitales femeninos y masculinos de los condríctios, que de los teleósteos.
5. La mayor especialización de los conductos espermáticos se encuentra en los lenguados de las familias Paralichthyidae y Bothidae, en contraste con Cynoglossidae y Achiriidae.

#### **Caracteres sexuales secundarios**

1. El grado máximo de dimorfismo sexual del cuerpo se encuentra en la familia Syngnathidae, por la presencia de la bolsa incubatriz.
2. El mayor número de caracteres sexuales dimórficos en los peces se reconoce en las familias que presentan fertilización interna.
3. El dimorfismo sexual que implicó un mayor número de estructuras anatómicas se manifestó en el lenguado *Bothus robinsi*.

## Literatura citada

- Balon, E.K. 1984. Patterns in the evolution of reproductive styles in fishes. En: Potts, G.W. & R.J. Wootton (Eds.) *Fish reproduction: strategies and tactics*. London. Academic Press. 35-53.
- Barni, A., C. Mazzoldi & M.B. Rasotto. 2001. Reproductive apparatus and male accessory structures in two batrachoid species (Teleostei, Batrachoididae). *Journal of Fish Biology*, 2001 (58): 1557-1569.
- Bruslé-Sicard, S., R. Reinboth & B. Fourcault. 1994. germinal potentialities during sexual state changes in a protandric hermaphrodite, *Amphiprion frenatus* (Teleostei, Pomacentridae). *Journal of Fish Biology*, 1994(45): 597-611.
- Castro, J.I. 1983. *The sharks of North American waters*. Texas A & M University Press. 180 p.
- Castro, J.I., P.M. Bubucis & N.A. Overstrom. 1988. The reproductive Biology of the chain dogfish, *Scyliorhinus retifer*. *Copeia*, 1988(3): 740-746.
- Chao, L.N. 1978. A basis of classifying Western Atlantic Sciaenidae (Teleostei: Perciformes). *NOAA Tech. Rep., NMFS Tech. Circ.*415: 1-64.
- Chiasson, R.B. 1980. *Laboratory anatomy of the perch*. Dubuque. WM. C. Brown Company Publishers. 67 p.
- Cinquetti, R. 1997. Histochemical, enzyme histochemical and ultrastructural investigation on the sperm-duct glands of *Padogobius martensi* (Pisces, Gobiidae). *Journal of Fish Biology*, 1997(50): 978-991.
- Compagno, L.J.V. 1999. Endoskeleton. En: Hamlett, W.C. (Ed.). *Sharks, skates, and rays. The biology of elasmobranch fishes*. The Johns Hopkins University Press. Baltimore. 69- 92.
- Cyrus, D.P. & S.J.M. Blaber. 1984. The reproductive biology of *Gerres* in Natal estuaries. *Journal of Fish Biology*, 1984(24): 491-504
- De Jong, J., A.J.H. de Ruiter & R. van den Hurk. 1989. Testis-testicular gland complex of two *Tripterygion* species (Blennioidei, Teleostei): differences between territorial and non-territorial males. *Journal of Fish Biology*, 1989(35): 497-508.
- Dodd, J.M. 1983. Reproduction in cartilaginous fishes (Chondrichthyes). En: Hoar, W.S. & D.J. Randall (Eds.). *Fish physiology*, vol. IXA. New York, Academic Press.

- Feduccia, A. y B.H. Slaughter. 1974. Sexual dimorphism in skates (Rajidae) and its possible role in differential niche utilization. *Evolution* 28: 164-168.
- Gambaryan, S.P. 1988. Kidney morphology in sturgeons: a microdissectional and ultrastructural study. *Journal of Fish Biology*, 1988(33): 383-398.
- Garg, S.K. 1987. Seasonal effects of pinealectomy on testicular recrudescence and secretory activity of seminal vesicles in the catfish *Heteropneustes fossilis* (Bloch). *Journal of Fish Biology*, 1987(30): 377-387.
- Gerard, P. 1954. Organes uro-genitaux. In: Grassé, P.P. (ed.) *Traité de Zoologie*. vol. 12:974-1043. Masson. Paris.
- Gilbert, S.G. 1973. *Pictorial anatomy of the dogfish*. University Washington Press. Seattle. 59 p.
- Gregory, W.K. 1959. Fish skulls. A study of the evolution of natural mechanisms. Eric Lundberg, Florida. 481 p.
- Grier, H. 2000. Ovarian germinal epithelium and folliculogenesis in the common snook, *Centropomus undecimalis* (Teleostei: Centropomidae). *Journal of Morphology*, 243: 265-281.
- Grier, H.J. & B.C. Colette. 1987. Unique spermatozeugmata in testis of halfbeaks of the genus *Zenarchopterus* (Teleostei: Hemirhamphidae). *Copeia*, 1987(2): 300-311.
- Grier, H.J., J.R. Linton, J.F. Leatherland & V.L. de Vlaming. 1980. Structural evidence for two different testicular types in teleost fishes. *The American Journal of Anatomy*, 159: 331-345.
- Hamlett, W.C. & T.J. Koob. 1999. Female reproductive system. En: Hamlett, W.C. (Ed.). *Sharks, skates, and rays. The biology of elasmobranch fishes*. The Johns Hopkins University Press. Baltimore. 398-443.
- Hamlett, W.C. 1999. Male reproductive system. En: Hamlett, W.C. (Ed.). *Sharks, skates, and rays. The biology of elasmobranch fishes*. The Johns Hopkins University Press. Baltimore. 444- 470.
- Hardisty, M.W. 1971. Gonadogenesis, sex differentiation and gametogenesis. En: Hardisty, M.W. & I.C. Potter. *The biology of lampreys*, Academic Press. London. 295-359.
- Kajiura, S.M. y T.C. Tricas. 1996. Seasonal dynamics of dental dimorphism in the atlantic stingray *Dasyatis sabina*. *Journal of Experimental Biology* 199: 2297-2306.
- Kobelkowsky, A. 1999. El sistema urogenital de los géneros *Bairdiella* y *Stellifer* (Pisces: Sciaenidae). *Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural* 49:153-162.

- Kobelkowsky, A. 2000a. Sistema urogenital de la familia Achiridae (Pisces: Pleuronectiformes) del Golfo de México. *Hidrobiológica*, 10(1): 51-60.
- Kobelkowsky, A. 2000b. Sistema digestivo del lenguado *Symphurus* (Pisces: Cynoglossidae). *Zoología Informa*, 2000 (43): 17-26.
- Kobelkowsky, A. 2004a. Sexual dimorphism of the flounder *Bothus robinsi* (Pisces: Bothidae). *Journal of Morphology*, 260: 165-171.
- Kobelkowsky, A. 2004b. El sistema excretor de la raya mariposa *Gymnura micrura* (Pisces: Rajiformes). *Anales del Instituto de Biología. Universidad Nacional Autónoma de México, Serie Zoología*, 75(1): 185-192.
- Kobelkowsky, A. 2004c. General anatomy and sexual dimorphism of *Goodea atripinnis* (Teleostei: Goodeidae). En: Grier, H.J. & M.C. Uribe (Eds.). *Viviparous fishes. Proceedings of the I and II International Symposia*. New life Publications, Homestead, Florida.
- Kobelkowsky, A. 2004d. Sistema digestivo y dimorfismo sexual dentario de las rayas *Urotrygon chilensis* (Urolophidae), *Dasyatis sabina* (Dasyatidae) y *Raja texana* (Rajidae). En: Lozano V. M.L. & A.J. Contreras B. (Eds.) *Homenaje al Doctor Andrés Reséndez Medina*. Universidad Autónoma de Nuevo León. 15-30.
- Kobelkowsky, A. 2004e. Esplacnología de la raya mariposa *Gymnura micrura* (Rajiformes: Gymnuridae). *Vertebrata Mexicana*. 14: 1-8.
- Kobelkowsky, A. & A. Alva-García. 2000. Anatomía sexual de *Gambusia regani* (Pisces: Poeciliidae). *Anales del Instituto de Biología Universidad Nacional Autónoma de México, Serie Zoología* 71(2): 133-142.
- Lacy, E.R. & E. Reale. 1999. Urinary system. In: Hamlett, W.C. (ed.) *Sharks, skates, and rays. The biology of elasmobranch fishes*. 353-397. The Johns Hopkins University Press. Baltimore.
- Lagler, K.F., J.E. Bardach, R.R. Miller & D.R. May Passino. 1977. *Ictiología*. AGT Editor, S.A. 489 p.
- Lahnsteiner, F. B. Nussbaumer & R.A. Patzner. 1993. Unusual testicular accessory organs, the testicular blind pouches of blennies (Teleostei, Blennidae). Fine structure, (enzyme-) histochemistry and possible functions. *Journal of Fish Biology*, 1993(42): 227-241.
- Lahnsteiner, F., R.A. Patzner & T Weismann. 1993. The spermatic ducts of salmonid fishes (Salmonidae, Teleostei). Morphology, histochemistry and composition of the secretion. *Journal of Fish Biology*, 1993(42): 79-93.
- Lahnsteiner F., R.A. Patzner & T. Weismann. 1994. The testicular main ducts and the spermatic ducts in some cyprinid fishes-II.

Composition of the seminal fluid. *Journal of Fish Biology*, 1994(44): 459-467.

Lau, P.P.F. & Y. Sadovy. 2001. Gonad structure and sexual pattern in two threadfin breams and possible function of the dorsal accessory duct. *Journal of Fish Biology*, 2001(58): 1438-1453.

LoNostro, F., H. Grier, L. Andreone & G.A. Guerrero. 2003. Involvement of the gonadal germinal epithelium during sex reversal and seasonal testicular cycling in the protogynous swamp eel, *Synbranchus marmoratus* Bloch 1795 (Teleostei, Synbranchidae). *Journal of Morphology*, 257: 107-126.

McCourt, R.M. & A.N. Kerstitch. 1980. Mating behavior and sexual dimorphism in dentition in the stingray *Urolophus concentricus* from the Gulf of California. *Copeia*, 1980(4): 900-901.

McEachran, J.D. & B. Seret. 1990. Gymnuridae. En: J.C. Quero, J.C. Hureau, C. Karrer, A. Post y L. Saldaha (Eds.) *Check list of the fishes of the eastern tropical Atlantic*. JNICT, Lisboa, SEI, Paris, & UNESCO, Paris, pp. 64-66.

McEachran, J.D. 1977. Reply to "Sexual dimorphism in skates (Rajidae)". *Evolution*, 31: 218-220.

Micale, V., F. Perdichizzi & G. Santangelo. 1987. The gonadal cycle of captive white bream, *Diplodus sargus* (L.). *Journal of Fish Biology*, 1987(31): 435-440.

Morris, R. 1972. Osmoregulation. En: Hardisty, M.W. & I.C. Potter (Eds.) *The biology of lampreys*. Academic Press, London. 193-239.

Moyle, P.B. & J.J. Cech. 1988. *Fishes. An Introduction to ichthyology*, Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey. 559 p.

Nagahama, Y. 1983. The functional morphology of teleost gonads. En: Hoar, W.S. & D.J. Randall (Eds.) *Fish Physiology*. Academic Press. 223- 275.

Nelson, G.G. 1975. Anatomy of the male urogenital organs of *Goodea atripinnis* and *Charadon lateralis* (Atheriniformes: Cyprinodontoides), and *G. atripinnis* courtship. *Copeia*, 1975(3): 475-482.

Nelson, J.S. *Fishes of the world*. 1994. John Wiley & Sons, Inc. New York. 600 p.

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

Norman, J.R. 1934. A systematic monograph of the flatfishes (Heterosomata). 1. Psettodidae, Bothidae, Pleuronectidae. London. British Museum.

- Ogawa, M. 1961. Comparative study of the external shape of the teleostean kidney with relation to phylogeny. *Sci. Rept. Tokyo Kyoiku Daigaku* B10, 61-68.
- Pratt, Jr. H.L. 1988. Elasmobranch gonad structure: A description and survey. *Copeia* 1988(3):719-729.
- Rasotto, M.B. 1993. The embryological origin of the juxtatesticular body in jawfishes (Opisthognathidae). *Journal of Fish Biology*, 1993(43): 661-669.
- Rasotto, M.B., A. Marconato & D.Y. Shapiro. 1992. Reproductive apparatus of two jawfish species (Opisthognathidae) with description of a juxtatesticular body. *Copeia*, 1992(4): 1046-1053.
- Riehl, R. & H. Greven. 1993. Fine structure of egg envelopes in some viviparous goodeid fishes, with comments on the relation of envelope thinness to viviparity. *Canadian Journal of Zoology*, 71: 91-97.
- Romer, A.S. 1962. *The Vertebrate Body*. W.B. Saunders Company. Philadelphia. 475 p.
- Rosen, D.E. & R.M. Bailey. 1963. The poeciliid fishes (Cyprinodontiformes), their structure, zoogeography and systematics. *Bulletin of the American Museum of Natural History*. 126(1): 1-176.
- Rosen, D.E. & M. Gordon. 1953. Functional anatomy and evolution of male genitalia in poeciliid fishes. *Zoologica*. 38(1): 1-47, IV plates.
- Rosenblum, P.M., J. Pudney & I.P. Callard. 1987. Gonadal morphology, enzyme histochemistry and plasma steroid levels during the annual reproductive cycle of male and female brown bullhead catfish, *Ictalurus nebulosus* Lesueur. *Journal of Fish biology*, 1987(31): 325-341.
- Sadovy, Y. & D.Y. Shapiro. 1987. Criteria for the diagnosis of hermaphroditism in fishes. *Copeia*, 1987(1): 136-156.
- Seiwald, M. & R.A. Patzner. 1989. Histological, fine-structural and histochemical differences in the testicular glands of gobiid and blenniid fishes. *Journal of Fish biology*, 1989(35): 631-640.
- Stoumboudi, M. Th. W. Villwock, J. Sela & M. Abraham. 1993. Gonadosomatic index in *Barbus longiceps*, *Capoeta damascina* and their natural hybrid (Pisces, Cyprinidae), versus spermatozoan index in the parental males. *Journal of Fish biology*, 1993(43): 865-875.
- Sundararaj, B.I. & S.K. Nayyar. 1969. Effects of castration and/or hypophysectomy on the seminal vesicles of the catfish, *Heteropneustes fossilis* (Bloch). *Journal of Experimental Zoology*, 172: 369-384.

Suzuki, H.I., A.A. Agostinho & K.O. Winemiller. 2000. Relationship between oocyte morphology and reproductive strategy in loricariid catfishes of the Paraná River, Brazil. *Journal of Fish biology*, 2000(57): 791-807.

Tavolga, W.N. 1971. Sound production and detection. En: Hoar, W.S. & D.J. Randall (Eds.) *Fish Physiology*. Academic Press. 5: 135-205.

Turner, C.L. 1937. The trophotaeniae of the Goodeidae, a family of viviparous cyprinodont fishes. *Journal of Morphology*. 61(3): 495-523.

Warner, R. 1982. Mating systems, sex change and sexual demography in the rainbow wrasse, *Thalassoma lucasanum*. *Copeia*, 1982(3): 653-661.

Wourms, J.P., B.D. Grove, & J. Lombardi. 1988. The maternal-embryonic relationship in viviparous fishes. In: Hoar, W.S., and D.J. Randall, Eds. *Fish Physiology*, Vol. XIB. Academic Press. New York. 1-134.

Young, J.Z. 1962. *The life of vertebrates*. Clarendon Press, Oxford. 820 p.

## Glosario

Anclaje de la vejiga natatoria. Fijación de la vejiga natatoria a la columna vertebral.

Andropodio. Organo de fertilización de los Goodeidae, formado por los seis primeros radios de la aleta anal.

Aorta dorsal. Arteria que corre ventral a la región precaudal de la columna vertebral, y que se continúa como arteria caudal.

Aparato de Weber. Conjunto de las primeras cuatro vértebras, sus osículos y sus ligamentos, como parte del sistema de transmisión del sonido de los Ostariophysii.

Arteria celiaca. Ramificación de la aorta dorsal que irriga estómago, intestino e hígado.

Bolsa incubatriz. Formación ventral de los machos de los Syngnathidae, que alberga a los embriones en desarrollo.

Cloaca. Espacio común para las aberturas del ano y urogenitales.

Complejo gonactinostal. Fusión de los pterigióforos 2, 3 y 4 de la aleta anal de los Poeciliidae.

Complejo vertebral. Conjunto fusionado de vértebras del aparato de Weber.

Conducto arquinéfrico. Conducto del pronefros y del mesonefros.

Conductos deferentes. Conductos que transportan el esperma en los condrictios, y que son derivados de los conductos de Wolf.

Conducto espermático. Conducto que como continuación del conducto testicular principal, abandona hacia atrás al testículo.

Conducto mesonéfrico. = conducto arquinéfrico.

Conducto neumático. Conducto que comunica la vejiga natatoria con el tracto digestivo en los teleósteos inferiores o fisóstomos.

Conducto testicular principal. Conducto que recorre internamente al testículo.

Conducto urinario accesorio. Conducto del riñón de los condrictios, no derivado del conducto de Wolf.

Conducto urinario común. Unión de ambos conductos arquinéfricos.

Epidídimo. Porción anterior del conducto deferente y ceracana al testículo de los condrictios, que transporta al esperma.

Espermatóforo, espermatozeugmata. Masa de espermatozoides que se coloca en el orificio o el conducto genital femenino.

Glándula del gonopterigio. Estructura encerrada en una vaina muscular en el gonopterigio de las rayas, que secreta una sustancia que acompaña al esperma.

Gonactinósteas. Pterigióforos modificados de la aleta anal de los Poeciliidae.

Gónada. Órgano femenino que forma ovocitos.

Gonapófisis. Arcos hemales modificados para asociarse al esqueleto de la aleta anal.

Gonopodio. Órgano de fertilización de los Poeciliidae, como modificación de los radios 3, 4 y 5 de la aleta anal.

Gonopterigio. Modificación de las aletas pélvicas de los condriktios para la cópula.

Hemopoyético. Órgano o tejido formador de sangre.

Ligamento de Baudelot. Ligamento que sostiene al cleitrum desde el neurocráneo o las primeras vértebras.

Ligastilo. Huesecillo cilíndrico de los machos de Poeciliidae, colocado en el ligamento suspensorio, que une al complejo gonactinostal a un centro vertebral.

Mesonefros. Riñón de los peces y anfibios. Con conducto arquinéfrico.

Mesorquium. Mesenterio que sostiene al testículo.

Mesotubarium. Mesenterio que sostiene al oviducto.

Mesovarium. Mesenterio que sostiene al ovario.

Músculos *depressores anales*. Músculos que mueven hacia atrás los radios de la aleta anal.

Músculos *erectores anales*. Músculos que mueven hacia delante a los radios de la aleta anal.

Músculos *inclinadores anales*. Músculos que mueven hacia un lado a la aleta anal.

Músculos *infracarinalis medius*. Músculos ventrales que relacionan la cintura escapular con la pélvica.

Músculos *infracarinalis posterior*. Músculos ventrales que relacionan la cintura pélvica con la aleta caudal.

Músculo *obliquus inferioris*. Paquete inferior de la musculatura hipoaxial de los peces.

Músculos *retractores dorsales*. Músculos que se originan en las primeras vértebras y se insertan en los huesos infrafaríngeobranquiales.

Músculos sonoríferos. Músculos asociados a la vejiga natatoria, para que esta produzca sonidos.

Nefrona. Unidad funcional del riñón.

Opistonefros. Conjunto de mesonefros y metanefros.

Organo epigonal. Organo hemopoyético asociado a las gónadas de los condriictios.

Orificio genital. Abertura externa de la gónada.

Orificio urinario. Abertura externa del conducto urinario común.

Orificio urogenital. Abertura externa del conducto urogenital.

Osículo de Weber. Huesecillo que forma parte del aparato de Weber.

Ostium. Abertura anterior del oviducto de los condriictios.

Ovario. Gónada femenina.

Ovotestis. Formado por ovario y testículo.

Papila urinaria. Prominencia de la piel con el orificio urinario.

Papila urogenital. Prominencia de la piel con el orificio urogenital.

Procesos unciformes. Procesos posteriores de las gonapófisis.

Pronefros. Riñón más primitivo.

Riñón. Organo excretor y osmorregulador.

Riñón anterior. Porción anterior separada del mesonefros.

Riñón posterior. Porción posterior separada del mesonefros.

Sacos espermáticos. Divertículos formados a partir del extremo de los conductos deferentes de los condriictios.

Seno espermático. Espacio común a los dos conductos testiculares principales.

Seno urinario. Espacio donde desembocan los dos conductos arquinéfricos.

Seno urogenital. Espacio común que resulta de la unión del conducto espermático común y el conducto urinario común.

Seno vaginal. Unión amplia de los dos oviductos en *Raja texana*.

Seno venoso. Cámara más posterior del corazón.

Sifón. Estructura del gonopterigio de los tiburones que inyecta agua de mar durante el proceso de la cópula.

Testículo. Gónada masculina.

Trofonemata. Prolongaciones acintadas de la pared interna del útero de los condriktios.

Vejiga natatoria o vejiga gaseosa. Órgano derivado del pulmón, que puede estar conectado al tracto digestivo o estar separado.

Vejiga urinaria. Ensanchamiento o lobulación del conducto urinario común.

Vena caudal. Vena de la cola.

Venas cardinales posteriores. Ramificación hacia delante de la vena caudal.

Vesículas seminales. Modificaciones posteriores de los conductos deferentes de los condriktios, y ensanchamientos anexos a los conductos espermáticos de los teleosteos.

# Publicaciones relacionadas con la tesis

# EL SISTEMA UROGENITAL DE LOS GÉNEROS *Bairdiella* Y *Stellifer* (Pisces: Sciaenidae)

*Urogenital System of the Genus Bairdiella y Stellifer (Pisces: Sciaenidae).*

Abraham Kobelkowsky D<sup>1</sup>.

---

## RESUMEN

Se describe el sistema urogenital de las especies de peces de la familia Sciaenidae: *Bairdiella ronchus*, *Bairdiella chrysoura* y *Stellifer lanceolatus*. Se reconoce una relación morfológica directa del riñón con la vejiga natatoria. Los lóbulos de la cámara anterior de la vejiga natatoria imprimen una notable curvatura a los lóbulos renales. La amplia separación de ambos riñones, es debida al paso de los músculos retractores branquiales y a la unión de vejiga natatoria a las primeras vértebras. Ambos conductos arquinefricos están separados entre sí, y la vejiga urinaria es bilobulada. Los ovarios se fusionan en su porción posterior y presentan pliegues ovígeros oblicuos. Los testículos se fusionan en su porción posterior, formando un seno espermático común. Se reconoce como carácter sexual secundario en los machos de *Bairdiella* y de *Stellifer* los músculos sonoríferos asociados a la vejiga natatoria.

**Palabras clave:** Sistema urogenital, anatomía, reproducción, riñón, gónadas, roncós, *Bairdiella*, *Stellifer*, Sciaenidae.

---

## ABSTRACT

Urogenital system of the sciaenids fishes *Bairdiella ronchus*, *Bairdiella chrysoura* and *Stellifer lanceolatus* is described. A direct morphological relation is recognized between the swim bladder and the kidney. The lobes of the anterior chamber of the swim bladder print a remarkable bend in each renal lobe. The wide separation of both kidneys is due the passing of the retractor branchial muscles and the fixing of the swim bladder to the first vertebrae. Both archinefric ducts are completely separated each other. The urinary vesicle is bilobed. Ovaries have the cystovaric condition and join together at its posterior region. The ovigerous lamellae are oblique. Both testicles join together at its posterior region, forming a common spermatic sinus. As a sexual secondary character males of *Bairdiella* and *Stellifer* have sonic muscles associated to the swim bladder.

**Key words:** Urogenital system, anatomy, reproduction, kidney, gonads, drums, *croakers*, *Bairdiella*, *Stellifer*, Sciaenidae.

---

## Introducción

Una de las familias de peces más grande en el mar es Sciaenidae. En el área pesquera 31 del Atlántico Occidental, que incluye el Golfo de México y el Mar Caribe, se registran 19 géneros con 58 especies (Fischer, 1977). En los sistemas lagunares costeros del Golfo de México, se han registrado 14 géneros de Sciaenidae con 25 especies (Reséndez-Medina y

Kobelkowsky, 1991), de las cuales *Bairdiella chrysoura* y *Bairdiella ronchus* son las más comunes.

*Bairdiella chrysoura* (Lacepède, 1803) se distribuye desde Connecticut hasta el sur de Florida y por las costas del Golfo de México hasta Laguna de Términos, Campeche; *Bairdiella ronchus* (Cuvier, 1830) se encuentra desde Laguna Madre, por el Caribe hasta Brasil; *Stellifer lanceolatus* (Holbrook, 1855) se distribuye en la costa atlántica de Estados Unidos de Norteamérica, desde Carolina del Norte hasta el sur de Florida, y por la parte norte del Golfo de México hasta Laguna de Términos, Campeche (Chao, 1978).

1. Laboratorio de Peces. Departamento de Biología. Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Iztapalapa. Av. Michoacán y La Purísima, Col. Vicentina. Deleg. Iztapalapa. C.P. 09340. México, D.F.

Entre los escasos trabajos sobre la biología de esciénidos se encuentran el de Castillo y col. (1988), sobre *B. ronchus* en la laguna de Tampamachoco, Veracruz; el de García y Nieto (1978) sobre la misma especie en la plataforma de Cuba; el de Martínez y González (1986) sobre *B. ronchus*; y el de Chao y Musick (1977) sobre juveniles de esciénidos.

Debido a que *Bairdiella chrysourea* y *Bairdiella ronchus* son especies abundantes en las lagunas de Pueblo Viejo y Tampamachoco, en el norte del Estado de Veracruz, se tiene como objetivo el estudio anatómico de su sistema urogenital, y su comparación con el de *Stellifer lanceolatus*.

Tomando en cuenta que Chao (1978) agrupa a los géneros *Bairdiella*, *Stellifer*, *Odontoscion* y *Ophioscion* en un mismo patrón morfológico (patrón *Stellifer*) basado en la estructura de la vejiga natatoria entre otros caracteres, y considerando que en la familia Sciaenidae la vejiga natatoria afecta la forma del riñón, se espera encontrar similitudes en el sistema urogenital de *Bairdiella* y *Stellifer*.

### Métodos

Se colectaron ejemplares de *Bairdiella chrysourea* y *Bairdiella ronchus* en las lagunas de Pueblo Viejo y de Tampamachoco, Veracruz mediante redes de chinchorro y de arrastre de prueba. *Stellifer lanceolatus* se colectó mediante anzuelo en la laguna de Tampamachoco. Los ejemplares se fijaron en formaldehído al 10% y se conservaron en alcohol etílico al 70%.

El análisis anatómico se realizó en un total de 30 ejemplares maduros sexualmente de cada especie de *Bairdiella* y 20 de *S. lanceolatus*, mediante disecciones bajo el microscopio estereoscópico. Se dispuso de ejemplares de esqueletos de dichas especies, descartados mediante escarabajos dermísticos.

Mediante disección se expuso primeramente la cavidad visceral, se determinó el sexo y se describió la organografía tanto de la hembra como del macho, de cada especie. Se retiraron los filamentos branquiales con el objeto de observar los músculos de las branquias. A continuación se retiraron en los machos los músculos sonoríferos, y en ambos sexos el hígado, el bazo y el tracto digestivo.

Después de la observación de la vejiga natatoria, se retiró esta para exponer completamente el sistema urogenital. Se observó la inserción de los músculos

retractores branquiales en el esqueleto axial, así como también la fijación o anclaje a este de la vejiga natatoria. Se practicaron cortes transversales tanto de los ovarios como de los testículos con el objeto de conocer su organización interna.

Se seleccionó como representante del género *Bairdiella* a *B. chrysourea*, y se hizo la comparación con *Stellifer lanceolatus*. Asimismo, se realizó una comparación de los riñones con las especies de esciénidos: *Cynoscion nothus*, *Cynoscion nebulosus* y *Micropogonias undulatus*.

Se realizaron las ilustraciones con base en diapositivas de las correspondientes disecciones.

## Resultados y discusión

### Organografía de la cavidad visceral.

En los géneros *Bairdiella* y *Stellifer*, así como en otros esciénidos, la mayor parte de la cavidad visceral está ocupada por la vejiga natatoria (Figuras 1-3). Ventralmente a esta se ubica el tracto digestivo de tipo carnívoro, el hígado, el bazo y las gónadas.

Las gónadas se localizan ventralmente a la cámara posterior de la vejiga natatoria y dorsolateralmente al intestino. Los riñones están colocados ventralmente a las vértebras precaudales y al neurocráneo. En los machos de ambos géneros se reconocen los llamados músculos sonoríferos, que cubren gran parte de la cámara posterior de la vejiga natatoria, encontrándose de diferente forma entre *Bairdiella* y *S. lanceolatus* (Figuras 1a y 3a). Dichos músculos son frecuentes en la familia Sciaenidae, presentándose en algunas especies tanto en la hembra como en el macho (Tavolga, 1971).

La vejiga natatoria está dividida en ambos géneros por una constricción o diafragma en una cámara posterior, grande y terminada en punta, y una cámara anterior, pequeña y con dos lóbulos laterales (Figuras 1-3). Estos caracteres anatómicos los utiliza Chao (1978) para formar el patrón *Stellifer* de vejigas natatorias, en el cual incluye los géneros *Bairdiella*, *Stellifer*, *Odontoscion* y *Ophioscion*.

### Riñón.

De acuerdo con Hickman y Trump (1969) el riñón de los teleósteos marinos generalmente está dividido en el "riñón cefálico" y el "riñón del tronco"; no teniendo el riñón cefálico función excretora, sino hemopoética.

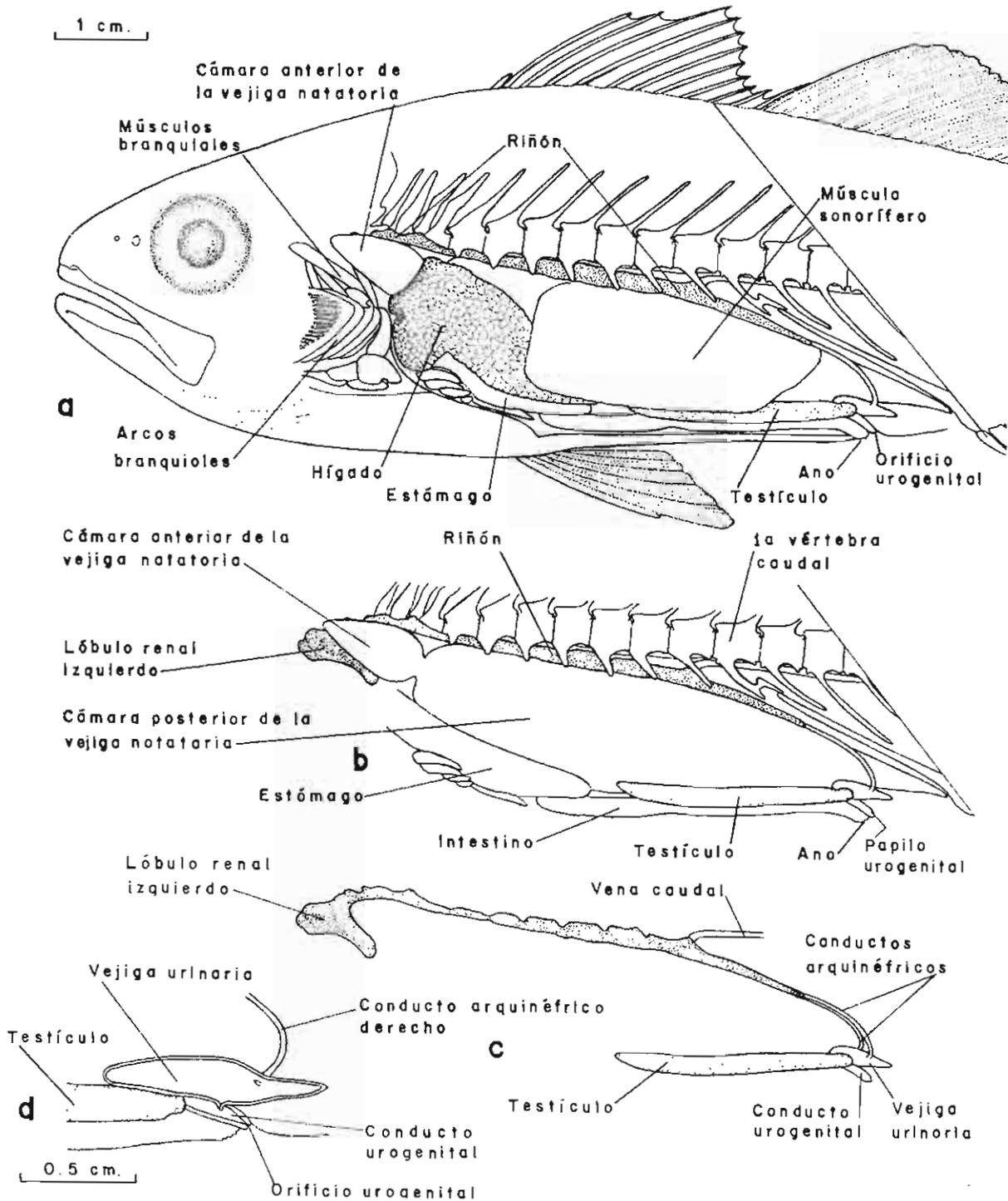


Figura 1. *Bairdiella chrysoura* macho. a) Organografía de la cavidad visceral, en vista lateral izquierda. b) Aspecto de la cavidad visceral al retirar el hígado y los músculos sonorriferos. c) Aspecto al retirar la vejiga natatoria. d) Corte sagital de la vejiga urinaria y el conducto urogenital.

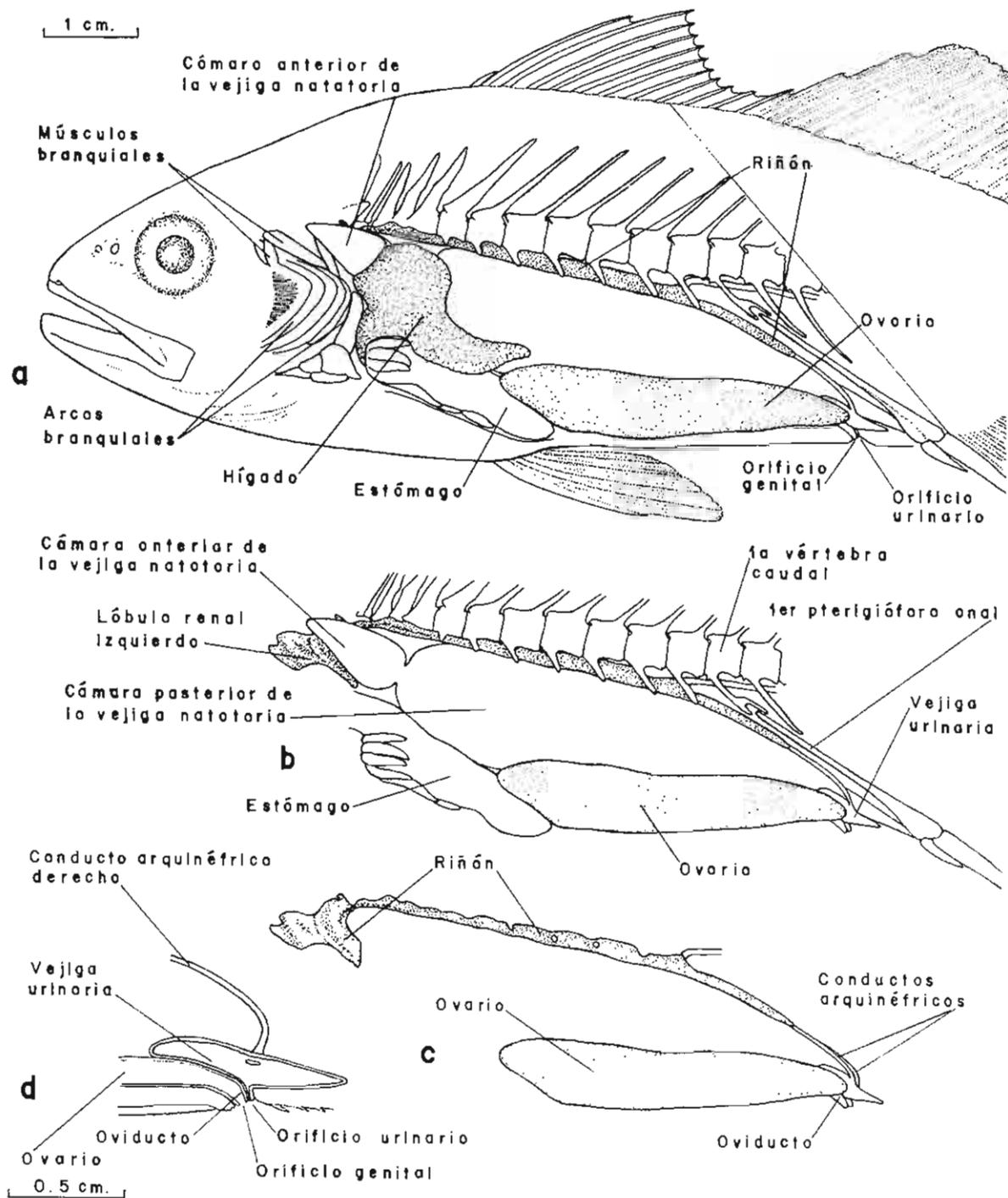


Figura 2. *Bairdiella chrysoura* hembra. a) Organografía de la cavidad visceral en vista lateral izquierda. b) Cavidad visceral sin el hígado. c) Sistema urogenital en vista lateral. d) Corte sagital de la vejiga urinaria.

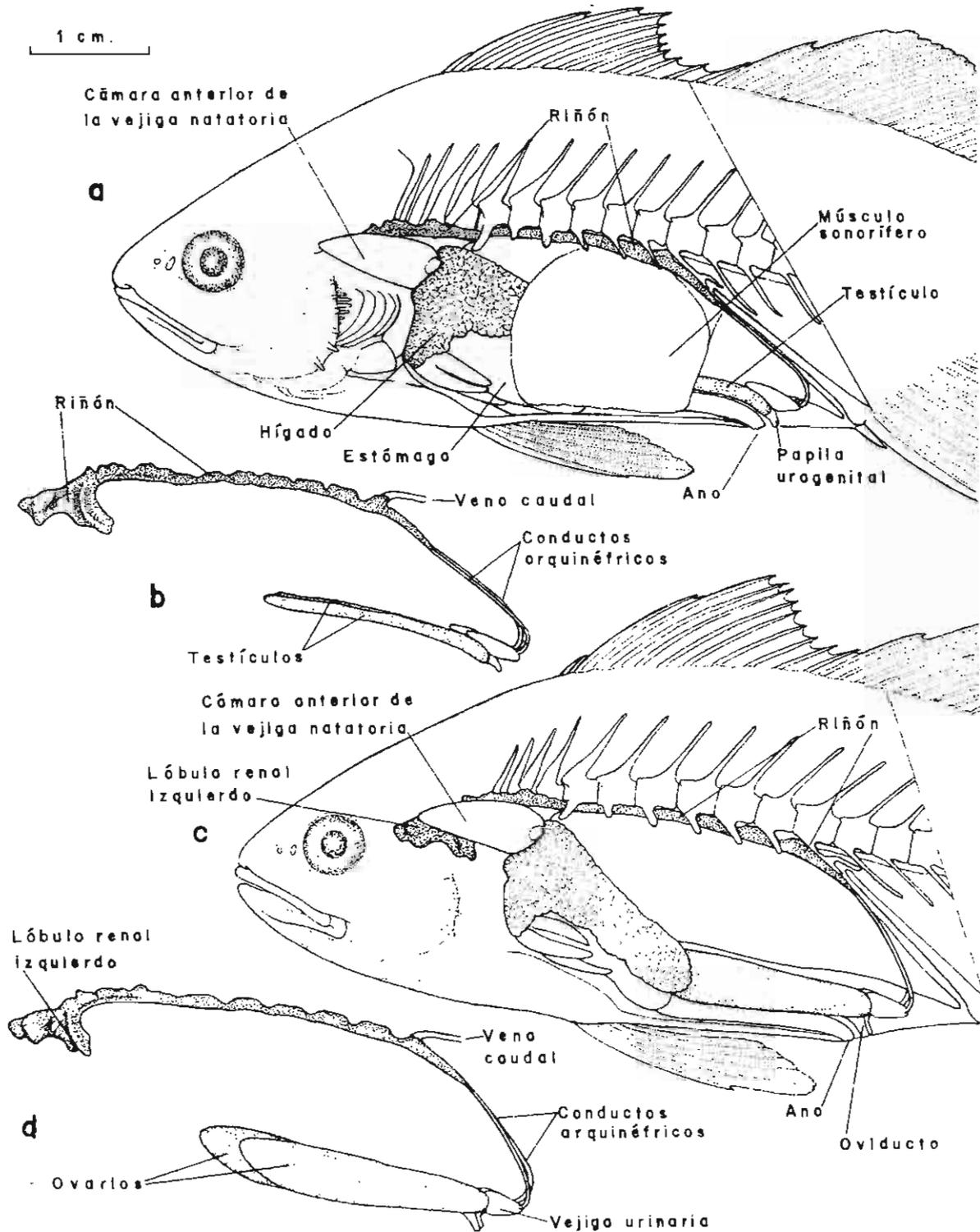


Figura 3. *Stellifer lanceolatus*. a) Organografía de la cavidad visceral del macho, en vista lateral izquierda. b) Sistema urogenital en vista lateral izquierda. c) Organografía de la cavidad visceral de la hembra, en vista lateral. d) Sistema urogenital en vista lateral.

Como en muchos Teleostei en *Bairdiella chrysoura*, *B. ronchus* y *Stellifer lanceolatus*, el riñón izquierdo se fusiona con el derecho en gran parte de su longitud, quedando el resto de los órganos como dos "lóbulos renales", también llamados en conjunto "riñón cefálico". Normalmente en el orden Perciformes, el factor anatómico que impide la total fusión de ambos riñones es el paso de los músculos retractores branquiales, que se originan en el techo de la farínge y se insertan en las primeras vértebras. Sin embargo, en los géneros *Bairdiella* y *Stellifer* la separación de ambos lóbulos renales es aumentada por una serie de modificaciones esqueléticas de las primeras vértebras precaudales y del hueso basioccipital (Figura 4). Dicho complejo esquelético en parte constituye el "anclaje" de la vejiga natatoria al esqueleto axial, permitiendo a su vez el paso de la aorta dorsal. La comparación anatómica del riñón de los géneros *Cynoscion* y *Micropogonias*, permite reconocer el mismo grado de separación de los lóbulos renales que *Bairdiella* y *Stellifer*, por lo que se espera que exista un mismo patrón en todos los Sciaenidae.

De acuerdo con la clasificación de Ogawa (1961) del grado de fusión de los riñones de los peces, *Bairdiella*, *Stellifer*, *Cynoscion* y *Micropogonias* corresponden al tipo III.

La presencia de los dos lóbulos de la cámara anterior de la vejiga natatoria, imprime en el plano vertical una notable curva a ambos lóbulos renales (Figura 4). En especies de esciénidos con una sola cámara de la vejiga natatoria, como *Micropogonias undulatus*, no se observa tal modificación anatómica del riñón. En especies de *Cynoscion*, las cuales presentan la vejiga natatoria con dos lóbulos anteriores rectos y paralelos, se reconoce que estos imprimen una superficie ligeramente cóncava a cada lóbulo renal. La forma curva de los lóbulos renales se podría considerar como exclusiva de los géneros *Bairdiella* y *Stellifer*, y probablemente de *Odontoscion* y *Ophioscion*.

Otros factores anatómicos que afectan la forma de los riñones son: los músculos dorsales de los arcos branquiales, que imprimen algunas concavidades laterales al lóbulo renal; la posición del ganglio del nervio vago y sus ramas; el paso de los músculos retractores de las branquias, que marcan a los lóbulos renales unas escotaduras amplias hacia dentro; las primeras dos costillas epipleurales determinan pequeños lóbulos; el ligamento que fija al cleitrum, marca una escotadura en la porción más delgada de cada lóbulo renal; asimismo, determinan ciertas

ondulaciones los procesos transversos de las vértebras 2 y 3, los bordes de la vértebra 4 y del canal hemal de la vértebra 5 (Figura 4).

El resto del riñón, el cual es resultado de la fusión de ambos órganos izquierdo y derecho, adquiere la forma del espacio que proporcionan las vértebras precaudales y de la primera caudal. En los bordes del riñón se notan pequeñas escotaduras, correspondientes a los procesos transversos (Figura 4b).

Los conductos arquinéfricos se ubican en ambos bordes del riñón, y se desprenden de su extremo posterior, descienden diagonalmente rodeando a cada lado la cámara posterior de la vejiga natatoria, hasta unirse con la vejiga urinaria (Figuras 1-3). La vejiga urinaria forma dos lóbulos anteriores sobre las gónadas, de los cuales generalmente el derecho es más largo (Figura 5a y c); en *Bairdiella* la vejiga urinaria se extiende posteriormente en forma triangular, mientras que en *Stellifer* es redondeada.

En la hembra de los dos géneros, se forma el conducto urinario a partir del piso de la vejiga urinaria (Figura 2d). Dicho conducto se abre al exterior mediante una papila urinaria, inmediatamente detrás del orificio genital. En el macho, un orificio en el piso de la vejiga urinaria (Figura 1d), comunica mediante una papila al conducto urogenital, que a su vez se abre al exterior por la papila urogenital. De acuerdo con Hickman y Trump (1969) la vejiga urinaria es una dilatación de los conductos arquinéfricos, donde se almacena y se modifica la orina.

La unión de la vena caudal al riñón se hace en *Bairdiella* a nivel de la última vértebra precaudal, y en *Stellifer* de la primera vértebra caudal. Por la superficie ventral del riñón se observa parte de la vena renal, mientras que las venas cardinales posteriores izquierda y derecha recorren hacia adelante los correspondientes lóbulos renales (Figura 4b) y se unen con las venas cardinales anteriores en la parte inferior de cada lóbulo en las venas cardinales comunes izquierda y derecha. Estas a su vez se unen al seno venoso del corazón. Se observa como en los demás Perciformes, más desarrollada la vena cardinal derecha.

#### Gónadas.

Los ovarios en *Bairdiella* y *Stellifer* son alargados y están colocados ventralmente a la cámara posterior de la vejiga natatoria y dorsolateralmente al intestino (Figuras 2 y 3c y d). Están suspendidos como en otros

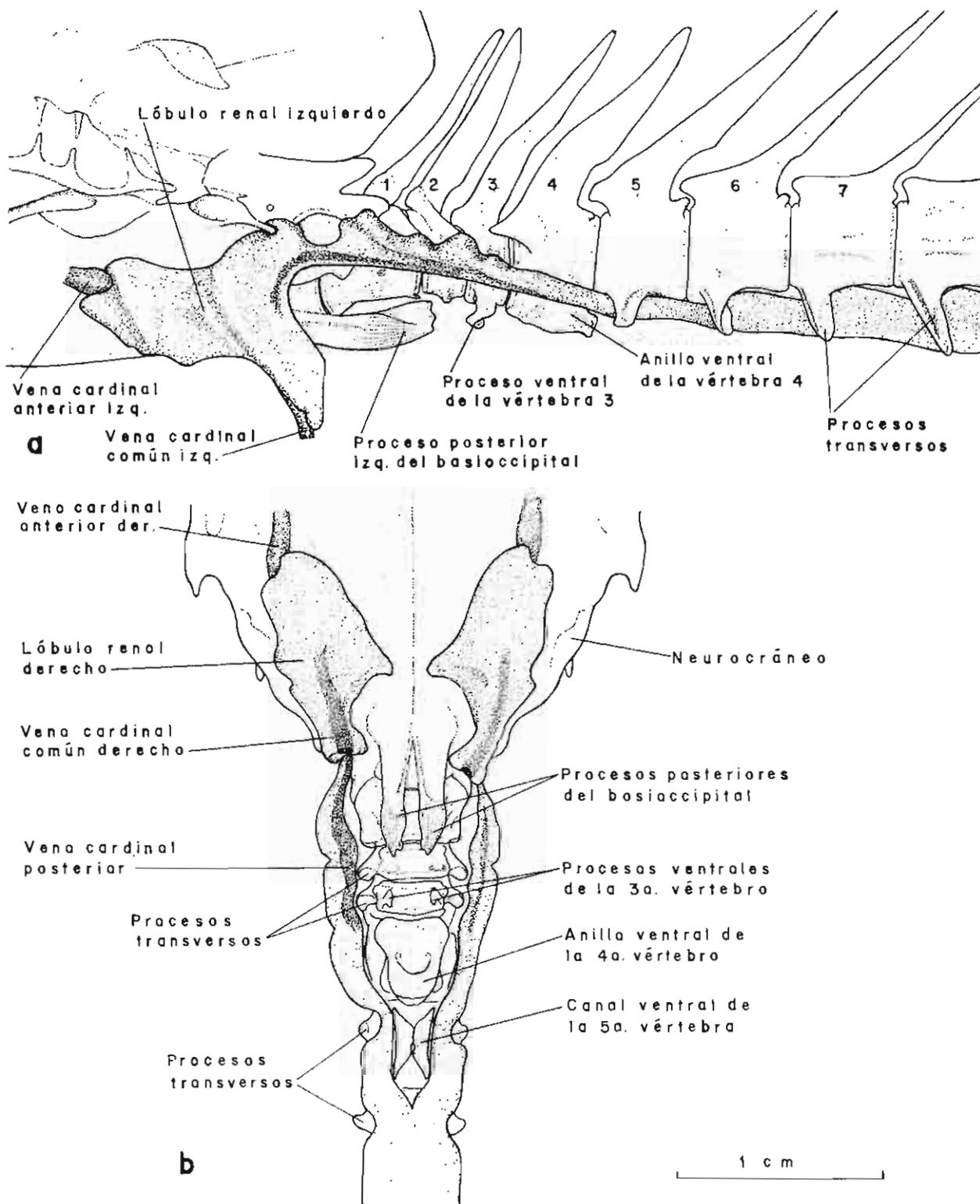


Figura 4. Riñón cefálico de *Bairdiella chrysoura*. a) Vista lateral izquierda mostrando el riñón y parte del neurocráneo y de la columna vertebral. b) Vista ventral del riñón cefálico y parte del neurocráneo y de la columna vertebral.

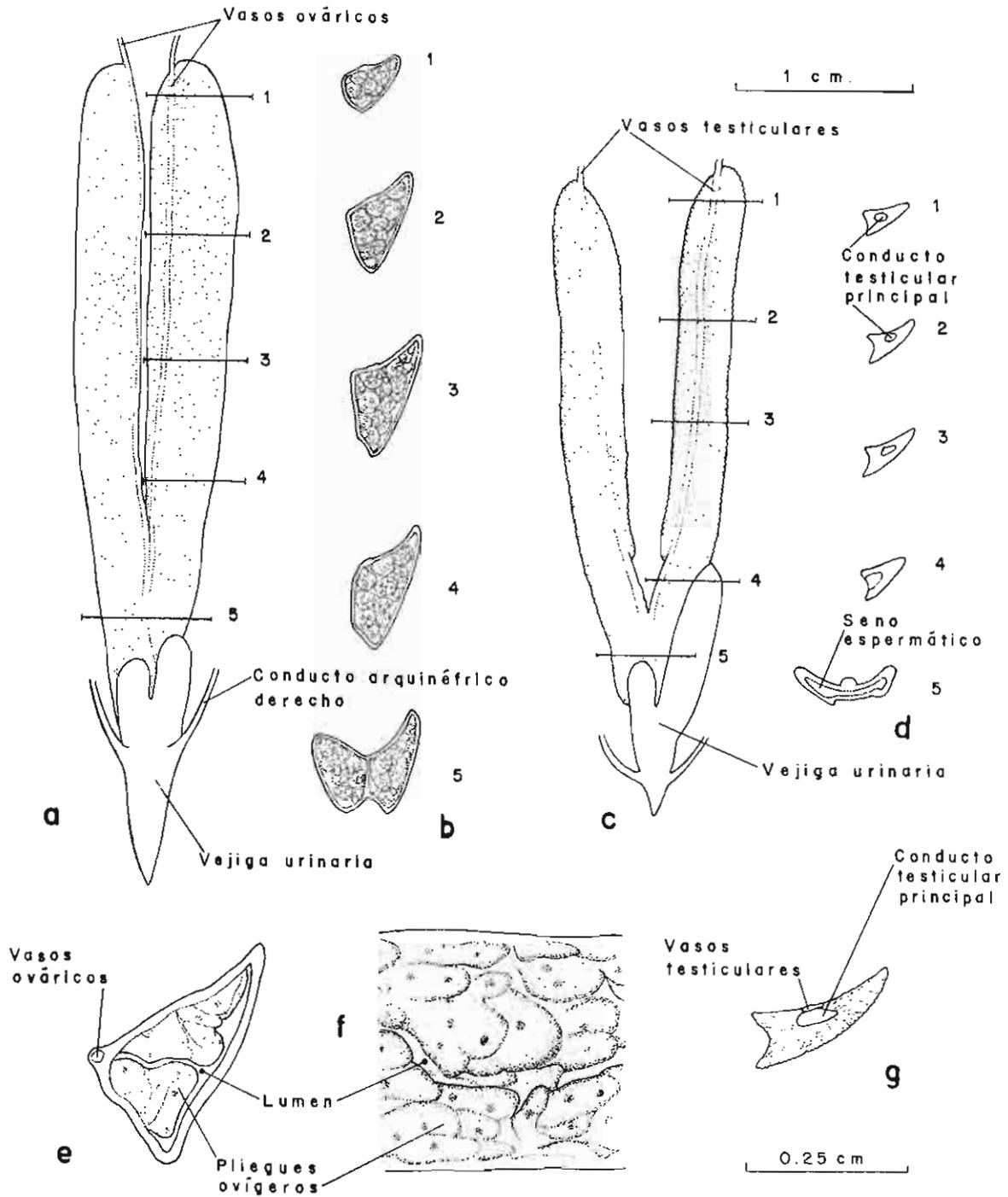


Figura 5. Gónadas de *Bairdiella chrysoura*. a) Vista dorsal de los ovarios y de la vejiga urinaria. b) 1-5) Cortes transversales del ovario derecho. c) Vista dorsal de los testículos y de la vejiga urinaria. d) 1-5) Cortes transversales del testículo derecho. e) Corte transversal del ovario. f) Aspecto lateral del ovario al retirar la pared externa. g) Corte transversal del testículo.

teleósteos de la vejiga natatoria mediante los mesovaria, cuya unión anterior es cercana a la salida de los vasos sanguíneos ováricos. Cada arteria ovárica recorre al ovario cerca de su borde interno.

Ambos ovarios se fusionan como en muchos teleósteos en su porción posterior (Figura 5a y b-5). Presentan la condición cistovárica que Dodd (1977) define para los teleósteos, consistente en tener una cavidad, la cual se continúa junto con las paredes hacia atrás formando el oviducto único. En *Bairdiella* y *Stellifer* el oviducto se desprende cerca del extremo posterior y se abre al exterior inmediatamente detrás del ano. En proceso de maduración cada ovario tiene en sección transversal forma triangular, siendo la cara superior la que está en contacto con la vejiga natatoria y la que recibe al mesovario y a los vasos ováricos. Inmediatamente detrás de los ovarios se encuentra la vejiga urinaria (Figuras 2 y 3).

El estroma del ovario está formado por los pliegues ovígeros que se desarrollan a partir del techo y de la pared interna de cada gónada femenina, quedando libre de ellas la pared lateral (Figura 5e). Dichos pliegues tienen una disposición oblicua y se orientan hacia el lumen y hacia atrás. En el extremo posterior o porción fusionada de los ovarios se distinguen los pliegues solamente en el techo. Conforme los ovarios maduran, dichos pliegues ocupan todo el lumen del órgano (Figura 5b 1-5), como describe Hoar (1969) en los teleósteos.

Los testículos en *Bairdiella* y *Stellifer* son alargados y aplanados, y están suspendidos desde la vejiga natatoria como en los demás teleósteos por los mesorquia. Las dos gónadas masculinas se fusionan en su porción posterior (Figura 5c y d-5), quedando el resto de los órganos a ambos lados del intestino, el cual les imprime un surco longitudinal. A lo largo de la unión de cada mesorquium se localizan la arteria y la vena testiculares, correspondiendo tal situación a la descrita por Hoar (1969) en los teleósteos.

En sección transversal cada testículo es triangular, con la cara interna, cóncava y en contacto con el intestino y la cara dorsal con los vasos testiculares (Figura 5d). El conducto espermático o también denominado "conducto testicular principal" por Grier y col., (1980) se encuentra directamente debajo de dichos vasos y conforme estos se sitúan gradualmente hacia el borde interno de la gónada, también lo hace el conducto testicular. El estroma testicular tiene un aspecto radial (Figura 5g), orientándose los conjuntos de lobulillos testiculares hacia el conducto

testicular principal, donde se acumulan los espermatozoides. En la porción fusionada de los testículos, se unen entre sí los dos conductos testiculares principales en un seno espermático (Figura 5d-5), el cual se continúa como el conducto urogenital, que se abre al exterior inmediatamente detrás del ano (Figura 1d).

### Conclusiones

El sistema urogenital de los peces de los géneros *Bairdiella* y *Stellifer* se encuentra bajo el mismo patrón estructural.

La morfología del riñón de ambos géneros está directamente relacionada con la morfología de la vejiga natatoria y de su sistema de anclaje al esqueleto axial.

La división del riñón en dos lóbulos renales de *Bairdiella* y *Stellifer*, (así como también de *Cynoscion* y *Micropogonias*) corresponde al patrón morfológico del orden Perciformes, en los que la inserción de los músculos retractores branquiales es el principal factor de separación.

El incremento de la división en lóbulos renales, debido a la unión de la vejiga natatoria a las primeras vértebras probablemente defina un patrón en los Sciaenidae.

Se reconoce como diferencia del riñón entre ambos géneros, la entrada de la vena caudal a nivel de la última vértebra precaudal en *Bairdiella* y de la primera caudal en *Stellifer*.

La completa separación entre sí de los dos conductos arquinéfricos fuera de los riñones, está determinada por la presencia de la vejiga natatoria.

La vejiga urinaria es bilobulada, con tendencia a tener el lóbulo derecho más desarrollado.

Los ovarios como en otros teleósteos se fusionan en su porción posterior.

Los pliegues ovígeros se originan en la pared interna y el techo de los ovarios, y se orientan diagonalmente hacia atrás.

Los testículos como en otros teleósteos se fusionan en su porción posterior, donde también lo hacen los conductos testiculares principales para formar un seno espermático común y un conducto espermático común.

Como carácter sexual secundario los machos de *Bairdiella* y de *Stellifer*, presentan los músculos sonoríferos de la vejiga natatoria.

---

**Literatura citada**

---

- Castillo, R. M.A., M.A. Pérez H. y A. Kobelkowsky D. 1988.** Estudio de la biología de *Bairdiella ronchus* (Pisces: Sciaenidae) de la laguna de Tampamachoco, Veracruz, México. *Universidad y Ciencia*. 5(10):69-84.
- Chao, L.N. 1978.** A basis for classifying Western Atlantic Sciaenidae (Teleostei: Perciformes). *NOAA TECH. REP, NMFS TECH. CIRC.* 415:1-64.
- Chao, L.N. and J. Musick. 1977.** Life history, feeding habits and functional morphology of juvenile sciaenid fishes in the York river estuary, Virginia. *Fish Bull.* 75(4):657-702.
- Dodd, J.M. 1977.** The structure of the ovary of nonmammalian vertebrates. In: Zuckermann, L. y B.J. Weir (Eds.) *The ovary*. Academic Press.:219-263.
- García, T. y M. Nieto. 1978.** Alimentación de *Bairdiella ronchus* (Cuvier) (Pisces: Sciaenidae) en dos áreas de la plataforma cubana. *Ciencias invest. Mar.* 38:11-28.
- Grier, H.J., Linton, J.R., J.F. Letherland and V.L. de Vlaming. 1980.** Structural evidence for two different testis types in teleost fishes. *American Journal of Anatomy.* 159:331-345.
- Hickman, C.P. and B.F. Trump. 1969.** The kidney. In: Hoar, W.S. y Randall, D.J. (Eds.) *Fish Physiology. Academic Press. USA*, 1:91-239.
- Hoar, W.S. 1969.** Reproduction. In: Hoar, W.S. y Randall, D.J. (Eds.) *Fish Physiology. Academic Press.* 3:1-72.
- Martínez, M. y A. González. 1986.** Estudios de madurez gonádica y ciclo reproductor de los peces *Arius melanopus* Gunter (Siluriformes: Ariidae) y *Bairdiella ronchus* Cuvier y Valenciennes (Perciformes: Sciaenidae). *An. Esc. Cienc. Biol., Mex.* 30:67-80.
- Ogawa, M. 1961.** Comparative study of the external shape of the teleostean kidney with relation to phylogeny. *Sci. Rept. Tokyo Kyoiku Daigaku.* B10, 61-68.
- Resendez-Medina, A. y A. Kobelkowsky D. 1991.** Ictiofauna de los sistemas lagunares costeros del Golfo de México, México. *Universidad y Ciencia.* 8(15):91-110.
- Tavolga, W.N. 1971.** Sound production and detection. In: Hoar, W.S. y Randall, D.J. (Eds.) *Fish Physiology. Academic Press. USA.* 5:135-205.

## Anatomía sexual de *Gambusia regani* (Pisces: Poeciliidae)

ABRAHAM KOBELKOWSKY D.\*  
ARMANDO ALVA-GARCÍA\*

**Resumen.** Mediante el estudio del endoesqueleto y de las estructuras blandas de ambos sexos de *Gambusia regani*, colectada en la laguna de Tampamachoco, se reconocen las principales diferencias sexuales. El factor que produce el mayor número de dichas diferencias, además de las gónadas, es el desplazamiento hacia adelante de la aleta anal del macho, que implica modificaciones de algunos arcos hemales en las gonapófisis, y de los pterigióforos de la aleta anal en el complejo gonactinostal, el desarrollo del ligastilo, además de la división de la vejiga natatoria en amplios lóbulos caudales. En segundo término es notable la diferencia en la musculatura de la aleta anal, implicada en el movimiento del gonopodio. Mientras que el sistema excretor mostró una completa independencia entre ambos lados, las gónadas se fusionan ampliamente, y crecen principalmente hacia el lado derecho de la cavidad visceral. A diferencia de muchos teleósteos, se forma un seno urogenital en la hembra. No se reconoce la superfetación.

Palabras clave: Peces, Poeciliidae, *Gambusia*, anatomía sexual, sistema urogenital, reproducción.

**Abstract.** By means the study of the skeleton and soft structures of *Gambusia regani*, from the Lagoon of Tampamachoco, Veracruz, main sexual differences are identified. Besides gonads, the feature producing most of such differences is the forward displacement of the male anal fin. This implies modifications of some haemal arches into gonapophysis, anal fin pterygiophores into the gonactinostal complex, the development of the ligastyle, and the division of the swim bladder in two long caudal lobes. It is notable the difference in the musculature of the anal fin, that moves the gonopodium. While the urinary system shows a total independence from each sides, the gonads fuse together, and grow mainly in the right side of the visceral cavity. Unlike of most teleostean fishes, an urogenital sinus is presented in females. There is no superfetation.

\* Laboratorio de Peces Departamento de Biología, Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Iztapalapa. Av. Michoacán y La Purísima. Coloma Vicentina, Delegación Iztapalapa, 09340 México, D F

Key words: Fishes, Poeciliidae, *Gambusia*, sexual anatomy, urogenital system, reproduction.

### Introducción

Entre las familias de peces teleósteos que Wourms (1981) registra con desarrollo vivíparo, en México se encuentran Anablepidae, Goodeidae y Poeciliidae. En las tres familias la transferencia del esperma se realiza mediante la modificación de la aleta anal; así, los machos de los anablépidos han desarrollado un gonopodio tubular (Turner 1950); en los godeidos, dicha aleta sin mucha modificación auxilia al llamado órgano urogenital (Moshen 1961); mientras que en los pecílidos, el gonopodio está formado por el alargamiento y especialización de tres radios (Rosen & Gordon 1953).

De acuerdo con Rivas (1963), *Gambusia regani* Hubbs 1926 se distribuye en los afluentes del río Pánuco, en el sistema del río Soto La Marina y en el río Purificación; aunque Miller (1986) duda de su distribución en la costa del estado de Veracruz, Kobelkowsky (1985) la registra en las áreas someras con vegetación sumergida y entre las raíces de mangle del sistema lagunar de Tampamachoco, Veracruz.

Sobre aspectos reproductivos de peces vivíparos en México, destaca el trabajo de Díaz-Pardo & Ortiz (1986) del godeido *Girardinichthys viviparus*. El esqueleto sexual de los pecílidos lo describe ampliamente Howell-Rivero (1946). La importancia taxonómica del esqueleto sexual se aprecia en los trabajos de Minckley (1962), Rosen & Bailey (1963), Rivas (1963) y Hubbs & Peden (1969). El desarrollo del gonopodio de *Gambusia affinis affinis* está descrito por Turner (1941). Sobre la anatomía del sistema urogenital, se encuentra la relación estructural entre la vejiga urinaria y la denominada vesícula seminal de *Gambusia affinis affinis* de Collier (1936); y la descripción de la espermatogénesis en *Gambusia affinis* de Grier (1975).

El funcionamiento de las partes del gonopodio durante la cópula, es observado por Peden (1972a) en *Gambusia*, y este mismo autor (Peden 1972b) describe las diferencias de los genitalia externos de las hembras de varias especies, incluyendo *G. regani*. Sin embargo, para esta última especie no se han elaborado más estudios anatómicos.

El objetivo del presente trabajo es la descripción de las estructuras involucradas directa o indirectamente con la reproducción en *Gambusia regani* Hubbs 1926.

### Material y métodos

Se colectó una muestra de 129 ejemplares de *Gambusia regani* entre las raíces del manglar, en el sistema lagunar de Tampamachoco, Veracruz, México, mediante una red de cuchara de malla fina. Este sistema lagunar se localiza en la parte norte

del estado de Veracruz, México, en los 20° 18' N y entre los 97° y 98° O. La muestra se fijó en formaldehído al 10% y se conservó en alcohol etílico al 70%.

La revisión del endoesqueleto se realizó en ejemplares transparentados con soluciones de hidróxido de potasio y glicerina, y teñidos con alizarina roja (Hollister 1934). El estudio de los órganos blandos, así como el de la musculatura de la aleta anal, se hizo mediante disecciones bajo el microscopio estereoscópico.

Las figuras se elaboraron con diapositivas tomadas al microscopio estereoscópico.

## Resultados

De la muestra de 129 ejemplares, 77 eran hembras, 46 machos y seis juveniles indeterminados. La longitud total varió de 13.0 a 48.1 mm, y la longitud patrón de 10.0 a 39.7 mm. La relación de sexos fue de 1.6 hembras por 1.0 macho.

Externamente, el macho difiere de la hembra en la modificación de parte de la aleta anal en gonopodio, y en la orientación hacia arriba de los radios de las aletas pectorales (Fig. 2 a).

Aunque la organografía de la cavidad visceral es similar en ambos sexos (Fig. 1b, 2b), el tamaño de la misma es relativamente menor en el macho que en la hembra, debido al desplazamiento hacia adelante del soporte de la aleta anal.

El tracto digestivo de *Gambusia regani* es relativamente corto, y está formado por el estómago curvado sobre el hígado y por el intestino que forma un asa en el lado derecho y que continúa recto hasta el ano (Figs. 1 b, c, d y 2 b, c). La vejiga natatoria colocada en la parte posterior de la cavidad visceral, queda dividida en dos lóbulos caudales por los pterigióforos anales y su musculatura; en el macho los lóbulos son más grandes y están protegidos por los denominados procesos uncinatoideos de las primeras vértebras caudales (Figs. 2b y 3a).

Los riñones están colocados en la parte anterior del techo de la cavidad visceral, encima y a los lados del esófago (Figs. 1b y 2b), y se extienden hacia atrás sin fusionarse entre sí. De los riñones parten los conductos arquinéfricos, los cuales corren paralelamente hacia atrás y descienden adosados al ligastilo y al complejo gonactinostal. Ambos conductos se unen a la vejiga urinaria, que es de forma triangular y que comunica al seno urogenital en ambos sexos. En la hembra el seno urogenital es tubular, recibe lateralmente al oviducto y se abre al exterior más adelante, cerca del ano (Fig. 1e); en el macho es reducido, recibe por delante al conducto espermático común y se abre al exterior muy cerca del inicio de la aleta anal (Fig. 2e).

Los ovarios con embriones forman un saco, que aumenta de tamaño principalmente en el lado derecho, alcanzando la pared anterior de la cavidad visceral y desplazando al intestino y al hígado al lado izquierdo del pez (Fig. 1d). El oviducto es amplio y acintado, con la luz cerrada y conectado al seno urogenital.

De las 77 hembras colectadas, 15 contenían embriones en el ovario. El promedio del número de embriones por hembra fue de 6.06, con un intervalo de uno a 11; y

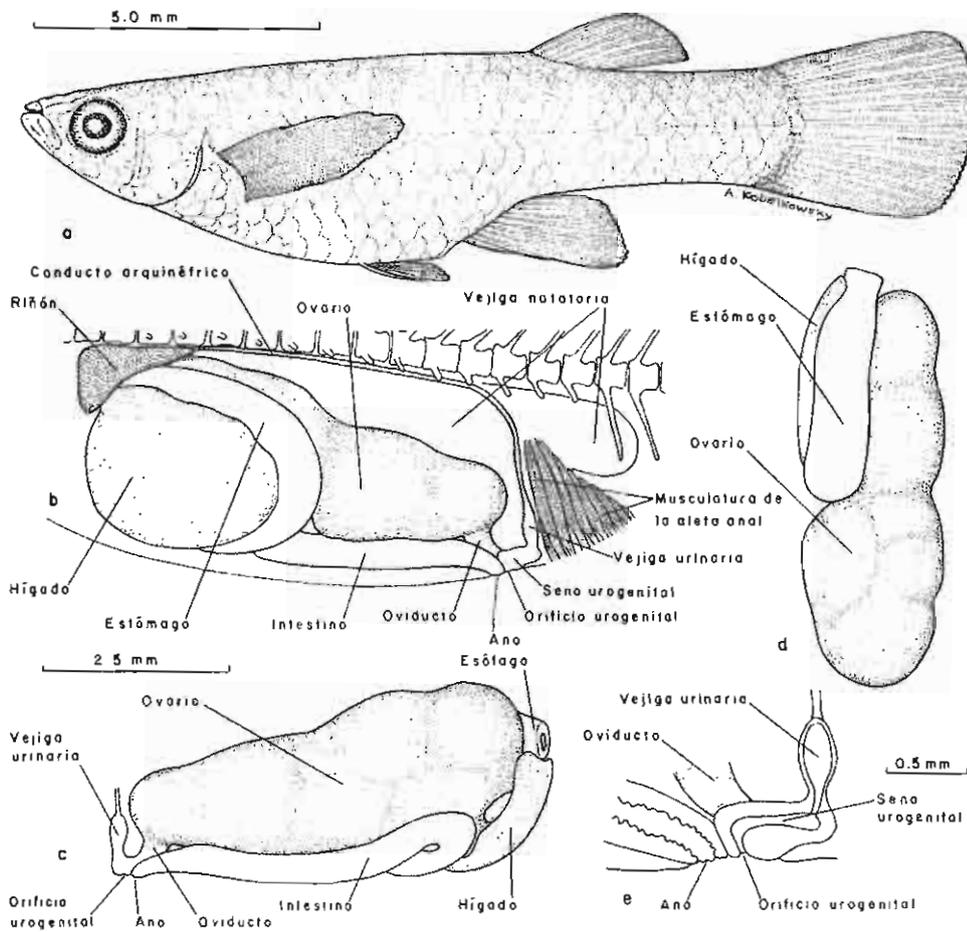


Fig. 1. Hembra de *Gambusia regani*. a, hembra grávida en vista lateral izquierda; b, organografía de la cavidad visceral y musculatura anal, en vista lateral izquierda; c, sistema digestivo y ovario, en vista lateral derecha; d, sistema digestivo y ovario, en vista dorsal; e, corte sagital del seno urogenital y el recto.

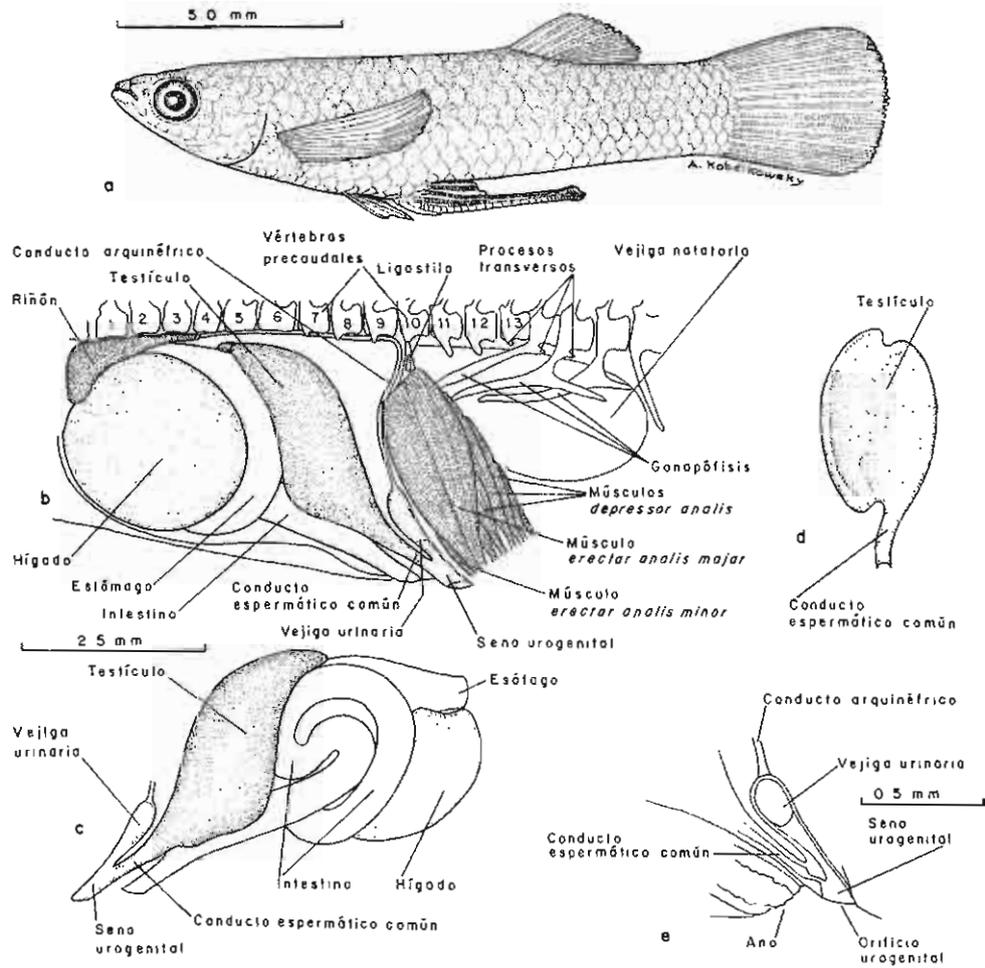


Fig. 2. Macho de *Gambusia regani*. a, macho adulto en vista lateral izquierda; b, organografía de la cavidad visceral y musculatura anal, en vista lateral izquierda; c, sistema digestivo y testículo, en vista lateral derecha; d, vista anterior del testículo; e, corte sagital del seno urogenital y el recto.

el promedio del diámetro de los embriones fue de 1.71 mm con un intervalo de 1.37 a 2.04 mm. En cada hembra todos los embriones se encontraron en el mismo estado de desarrollo.

Los testículos, colocados en posición oblícuo y posterior a la masa visceral, crecen hacia arriba y adelante durante su maduración; se fusionan de manera parcial entre sí y con tendencia a aumentar más el del lado derecho (Fig. 2b, c y d). Cada testículo es recorrido en su interior por el conducto testicular, uniéndose posteriormente ambos conductos en un conducto espermático común, que se continúa con el seno urogenital.

La columna vertebral está formada en ambos sexos por 13 vértebras precaudales y 19 caudales, además del urostilo. En los machos las vértebras 14, 15 y 16 modifican su arco hemal para soportar al esqueleto de la aleta anal (Figs. 2b y 3a). Las vértebras 14 y 15 en la hembra, además de arcos hemales forman procesos transversos que llevan costillas.

Las costillas pleurales se encuentran en número de 14 en la hembra y de 13 en el macho; se articulan a la columna vertebral, desde la segunda hasta la 14a y 15a vértebras respectivamente. Las costillas epipleurales, en número de nueve a 11 en el macho y normalmente de 10 en la hembra, se articulan a las vértebras dos a 11.

Los pterigióforos dorsales o interneurales en ambos sexos suman ocho elementos, de los cuales el primero tiene una cresta anterior y otra posterior, y soportan los 8 radios dorsales. Los pterigióforos anales o interhemales suman 10 elementos en los dos sexos y soportan los 11 radios anales; en el macho los pterigióforos 2 a 5 se integran para formar el llamado complejo gonactinostal (Fig. 3a).

El primero, segundo y último de los radios dorsales y anales no son ramificados; mientras que en el macho los radios anales 3, 4 y 5 constituyen el gonopodio (Fig. 3). En el extremo del gonopodio el radio 3 lleva 16 espinas; el codo de la rama anterior del radio 4 está formado por tres segmentos; la sierra proximal de la rama posterior del radio 4 se constituye por seis espinas dirigidas hacia adelante, y está rodeada por el arco distal del radio 5; tanto la rama posterior del radio 4 como del radio 5 terminan en un gancho.

Los arcos hemales de las vértebras 14, 15 y 16 están modificados en las gonapófisis I, II, y III, las cuales se curvan notablemente hacia adelante; en las dos últimas se forman los llamados procesos uncinatoideos, mientras que las dos primeras llevan parapófisis o procesos transversos (Fig. 3a).

El primer pterigióforo anal es libre, muy corto y está curvado hacia adelante, mientras que los pterigióforos 2, 3 y 4 están fusionados en el complejo gonactinostal, aunque el 2 mantiene libre su extremo superior (Fig. 3a). El complejo gonactinostal es largo y tiene su extremo superior en forma de embudo, que a su vez lleva una escotadura posterior. Los restantes pterigióforos son de aspecto normal, delgados y gradualmente disminuyen su longitud hacia atrás. El pterigióforo 5 se ubica en el surco posterior del complejo, quedando su extremo superior en la escotadura posterior.

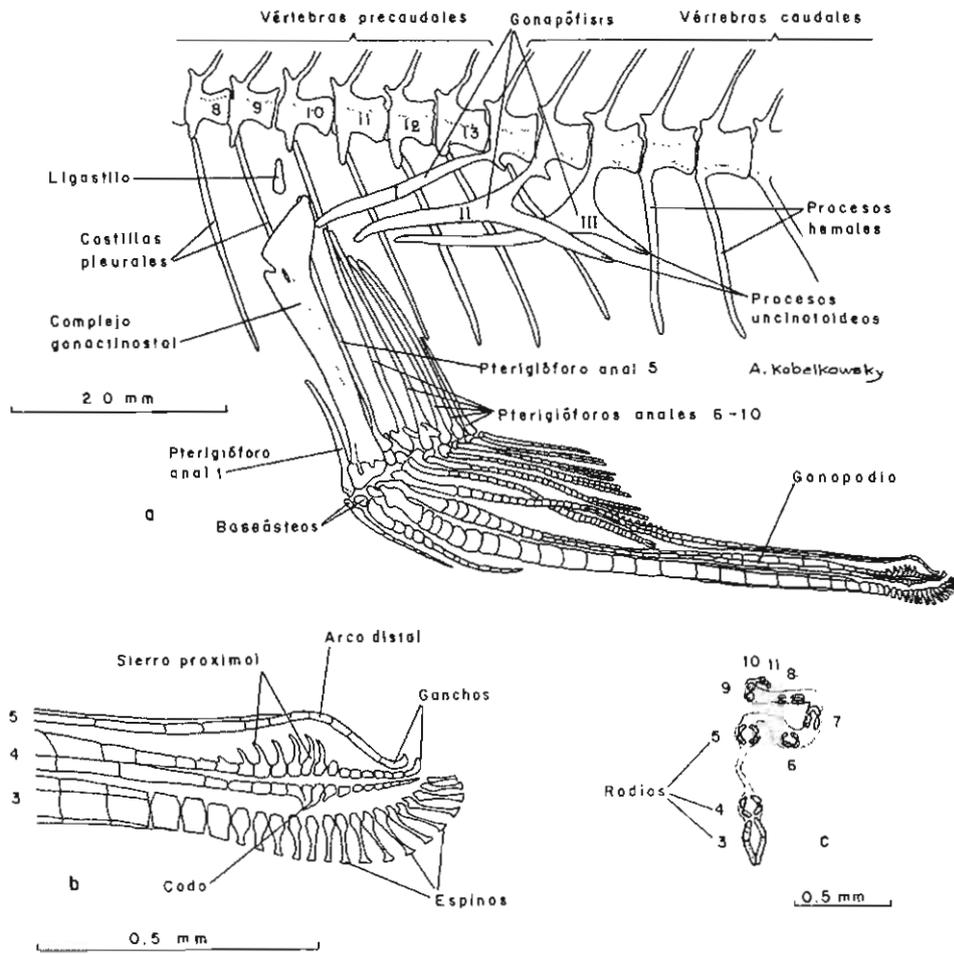


Fig. 3. Esqueleto sexual del macho de *Gambusia regani*. a, vista lateral del suspensor gonopodial y el esqueleto de la aleta anal; b, extremo distal del gonopodio; c, corte transversal de la aleta anal.

Representando una conexión del soporte esquelético de la aleta anal con la columna vertebral, se encuentra un ligamento llamado ligastilo, que se origina en la vértebra 10 y se inserta en el borde superior del complejo gonactinostal. Dicho ligamento tiene forma de "Y", permitiendo el paso de la aorta dorsal y la vena caudal, y muestra embebida, una pequeña osificación piriforme. A su vez los extremos de las gonapófisis se conectan entre sí mediante ligamentos.

La musculatura de la aleta anal del macho es especializada (Fig. 2b), con un gran desarrollo de los músculos del complejo gonactinostal, que se insertan en el gonopodio; los músculos de los restantes pterigióforos anales son de menor tamaño. El músculo más voluminoso es el *erector analis major*, formado por dos paquetes musculares que se originan en el complejo y se insertan en los radios 2 y 3. El músculo *erector analis minor* se origina en el primer pterigióforo y se inserta en el extremo de los radios anales 1 y 2. Los pterigióforos 5 al 10 tienen como músculos más notables los *depressores analis*.

### Discusión

Además del desarrollo del gonopodio en el macho de *Gambusia regani*, el cual es característico de la familia Poeciliidae, esta especie muestra como diferencia sexual externa la orientación hacia arriba de los radios superiores de las aletas pectorales.

El mayor número de diferencias sexuales secundarias internas en *Gambusia regani*, lo produce el desplazamiento de la aleta anal y su soporte esquelético, lo que es conocido como un patrón general en la familia Poeciliidae.

La principal diferencia sexual del esqueleto es la modificación de tres pterigióforos anales o interhemales en el complejo gonactinostal y la formación de especializaciones de los arcos hemales de las primeras vértebras caudales en las gonapófisis, situación ampliamente descrita en la literatura sobre Poeciliidae, en particular la de *Gambusia punctata* y *G. puncticulata* por Howell-Rivero (1946).

Se reconoce como principal diferencia del complejo gonactinostal de *G. Regani*, con relación a *G. punctata* y *G. puncticulata*, el carácter libre del extremo superior del pterigióforo 2.

En segundo término es notable como diferencia sexual el gran desarrollo de la musculatura del complejo gonactinostal, que permite el movimiento del gonopodio en sentido anteroposterior, y cuyo mecanismo describen Peden (1972a) en el género *Gambusia* y Rosen y Gordon (1953) en *Xiphophorus*.

Con relación a los órganos blandos, además de las gónadas, la principal diferencia sexual es la mayor división en el macho de la vejiga natatoria en dos lóbulos caudales, como lo describe Howell-Rivero (1946) en el género *Gambusia*. Dicha división es consecuencia del adelantamiento del soporte esquelético de la aleta anal del macho.

El sistema excretor mostró en ambos sexos una mayor independencia entre los dos lados que en la mayoría de los teleósteos, no fusionándose ambos riñones, ni

los conductos arquinéfricos. Dicha situación corresponde al tipo V en la clasificación de Ogawa (1961) para los riñones de los teleósteos de acuerdo con su grado de fusión. Se reconoce que los conductos arquinéfricos del macho son más cortos, por estar adelantado el soporte de la aleta anal, como se observa en otros pecílidos.

Tanto los ovarios como los testículos son asimétricos por su mayor crecimiento hacia el lado derecho, desplazando al tracto digestivo y al hígado hacia la parte izquierda de la cavidad visceral; situación que se observa en otros pecílidos, pero que no es frecuente entre los teleósteos.

La amplia fusión de ambos ovarios es bien conocida en la literatura de la familia Poeciliidae; sin embargo, este es el primer registro de la fusión de ambos testículos durante su maduración.

Aunque no es común entre los teleósteos, se observa en *Gambusia regani* la conexión del oviducto y del conducto urinario común en un seno urogenital, cuya forma es similar a la descrita por Peden (1972b) para *Gambusia heterochir*. Probablemente es la misma situación en todo el género *Gambusia*.

Debido a que en *G. regani* aparentemente no hay estructuras foliculares especializadas, ni similares a una pseudoplacenta y a que los embriones tienen una cantidad considerable de vitelo, se interpreta que no existe dependencia nutricional de parte de la madre. Asimismo, no se observan indicios de superfetación, es decir de la presencia de varias generaciones de embriones, como en *Gambusia affinis* (obs. pers.), por tanto existe un estado de sincronismo total.

**Agradecimientos.** El presente trabajo se realizó con el apoyo del Conacyt, convenio D0254-N9201 y de la Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Iztapalapa.

#### Literatura citada

- COLLIER, A., 1936. The mechanism of internal fertilization in *Gambusia*. *Copeia*, (1):45-53.
- DÍAZ-PARDO, E & D. ORTIZ. 1986. Reproducción y ontogenia de *Girardinichthys viviparus* (Pisces: Goodeidae). *Anales de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, México* 30:45-66.
- GRIER, H.J., 1975. Spermatogenesis in the teleost *Gambusia affinis* with particular reference to the role played by microtubules. *Cell Tissues Research*, 165:89-102.
- HOLLISTER, G., 1934. Clearing and dyeing fish for bone study. *Zoologica* 12(10):89-101.
- HOWELL-RIVERO, L., 1946. El esqueleto sexual de los peces de la familia Poeciliidae. *Memorias de la Sociedad Cubana Felipe Poey* 18(2):133-152.
- HUBBS, C. & A.E. PEDEN, 1969. *Gambusia georgei* sp. nov. from San Marcos, Texas. *Copeia* 1969 (2):357-364.
- KORELKOVSKY, D.A., 1985. Los peces de la laguna de Tampamachoco, Veracruz. México. *Biótica* 10(2):145-156.
- MILLER, R.R., 1986. Composition and derivation of the freshwater fish fauna of Mexico. *Anales de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, México* 30:121-153
- MINCKLEY, W.L., 1962. Two new species of fishes of the genus *Gambusia* (Poeciliidae) from northeastern Mexico. *Copeia* 1962 (2):391-396.

- MOSHEN, T., 1961. Sur le dimorphisme sexual et la presence d'un organe copulateur tres evolue chez cyprinodonte Goodeidae *Skiffia lermæ* Meek. *Annals of the Faculty of Sciences University of Dakota* 6:163-180.
- OGAWA, M., 1961. Comparative study of the external shape of the teleostean kidney with relation to phylogeny. *Science Reprints of the Tokyo Kyoiku Daigaku section B* 10:61-68.
- PEDEN, A.E., 1972a. The function of gonopodial parts and behavioral pattern during copulation by *Gambusia* (Poeciliidae). *Canadian Journal of Zoology* 50:955-968.
- PEDEN, A.E., 1972b. Differences in the external genitalia of female gambusine fishes. *Southwest Naturalist* 17(3):265-272.
- RIVAS, L.R., 1963. Subgenera and species groups in the Poeciliid fish Genus *Gambusia* Poey. *Copeia* 1963 (2):331-347.
- ROSEN, D.E. & R.M. BAILEY, 1963. The poeciliid fishes (Cyprinodontiformes), their structure, zoogeography and systematics. *Bulletin of the American Museum of History*, 126:1-176.
- ROSEN, D.E. y M. GORDON, 1953. Functional anatomy and evolution of male genitalia in Poeciliid fishes. *Zoologica* 83:1-47.
- TURNER, C.L., 1941. Morphogenesis of the gonopodium in *Gambusia affinis affinis*. *Journal of Morphology* 69:161-185.
- TURNER, C.L., 1950. The skeletal structure of the gonopodium and gonopodial suspensorium of *Anableps anableps*. *Journal of Morphology* 86:329-365.
- Wourms, J.P., 1981. Viviparity: The maternal-fetal relationship in fishes. *The American Zoologist* 21:473-515.

Recibido: 27.X.1999.

Aceptado: 31.VIII.2000

# Sistema urogenital de los lenguados de la familia Achiridae (Pisces: Pleuronectiformes) del Golfo de México

Abraham Kobelkowsky D.

Laboratorio de Peces. Departamento de Biología. Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Iztapalapa. Av. Michoacán y La Purísima, Col. Vicentina, Delegación Iztapalapa. C.P. 09340. México, D.F.

---

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

## RESUMEN

Se reconoce un mismo patrón anatómico del sistema urogenital de las especies de lenguados de la familia Achiridae del Golfo de México, *Achirus lineatus*, *Trinectes maculatus* y *Gymnachirus texae*. Mientras que la morfología de las gónadas corresponde el patrón del orden Pleuronectiformes, la forma del riñón es exclusiva de esta familia por desarrollar un lóbulo renal posterior, que ocupa la cavidad secundaria izquierda del cuerpo, junto con la vejiga urinaria. Los ovarios son aplanados y se extienden como en todos los Pleuronectiformes extravisceralmente en las cavidades secundarias del cuerpo, entre la musculatura axial y los pterigióforos anales. Los testículos son pequeños y los conductos espermáticos son largos. La especie que muestra mayores diferencias es *T. maculatus* por presentar el ovario derecho en posición dorsal a las asas intestinales posteriores, por el carácter recto del borde anterior de los ovarios, por tener pigmentados los conductos espermáticos y por mostrar la vejiga urinaria dividida en dos lóbulos.

**Palabras clave:** Sistema urogenital, riñón, gónadas, anatomía, reproducción, lenguados, Achiridae.

## ABSTRACT

An unique anatomical pattern of the urogenital system of the Achiridae species from the Gulf of Mexico *Achirus lineatus*, *Trinectes maculatus* and *Gymnachirus texae* is recognized. While the morphology of the gonads fits in the Pleuronectiformes pattern, the shape of the kidney is exclusively of the Achiridae, for the development of a posterior renal lobe. This lobe and the urinary bladder occupy together the left secondary body cavity. Ovaries are flattened and grow as in the rest of pleuronectiformes into the secondary body cavities, between the axial musculature and the anal pterigiophores. Testicles are small, but spermatic ducts are long. *T. maculatus* is the species showing more anatomical differences, due to the dorsal position of the right ovary in relation to the posterior intestinal loops, for the straight anterior edge of ovaries, for the pigmentation of the spermatic ducts and for the division in two lobes of the urinary bladder.

**Key words:** Urogenital system, kidney, gonads, anatomy, reproduction, flatfishes, Achiridae.

## INTRODUCCIÓN

Los peces de la familia Achiridae son lenguados marinos y dulceacuícolas, anfiamericanos, con ambos ojos en el lado derecho, y que anteriormente se colocaban en la familia Soleidae (Nelson, 1994). Los soleidos conforman ahora una familia filogenéticamente cercana, que se distribuye en los mares tropicales del resto del mundo. En México, la familia Achiridae está representada por los géneros *Achirus* Lacépède, 1802, *Trinectes* Rafinesque, 1832 y *Gymnachirus* Kaup, 1858. De acuerdo con Castro-Aguirre (1978) *Achirus lineatus* (Linnaeus, 1758) se distribuye desde Florida, E.U.A. hasta Uruguay, incluyendo el Golfo de México; *Trinectes maculatus* (Bloch y Schneider, 1801) desde Massachusetts, E.U.A. hasta Venezuela y *Gymnachirus texae* (Günther, 1936) desde Cabo San Blas, Florida, E.U.A. y el Golfo de México hasta los Bancos de Campeche, México. En las lagunas costeras del Golfo de México, *A. lineatus* es la especie de Pleuronectiformes más común (Reséndez-Medina y Kobelkowsky, 1991).

Debido a su frecuencia en los sistemas estuarinos del Golfo de México, el objetivo del presente trabajo es la descripción anatómica del sistema urogenital de una especie representativa de cada género de la familia Achiridae, que establezca las bases para el estudio de su biología reproductiva.

Entre los escasos trabajos de la anatomía de los riñones de lenguados está la breve descripción de Bulger y Trump (1968) en *Parophrys vetulus* (familia Pleuronectidae). Sobre las familias Achiridae y Soleidae se encuentran los que describen su ontogenia, como el de Houde *et al.* (1970) en *Achirus lineatus* (Achiridae), el de Minami (1981) en *Heteromycteris japonicus* (Soleidae), y el de Ortiz-Galindo *et al.* (1990) en *A. mazatlanus*, en los que no se menciona el sistema urogenital; y el de Moore y Posey (1974) sobre anomalías de la forma del cuerpo en *T. maculatus*.

Aspectos biológicos de *A. mazatlanus* son estudiados por Amezcua-Linares *et al.* (1992); y el ciclo sexual de *Solea lascaris* y *Solea impar* (Soleidae) por Deniel *et al.* (1989).

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se colectaron ejemplares de *Achirus lineatus* y de *Trinectes maculatus* en las lagunas de Pueblo Viejo, Tampamachoco y Alvarado, Veracruz y de *Gymnachirus texae* en varias localidades de la costa del Golfo de México, mediante red de arrastre camaronesa. La determinación taxonómica se realizó con base en los criterios de Topp y Hoff (1972) y Hoese y Moore (1977).

Se expuso la cavidad visceral mediante disección, tanto del lado derecho como del izquierdo, en un total de 50 ejemplares adultos de hembras y machos de las tres especies. Se utilizaron esqueletos de *A. lineatus* para reconocer los límites de la cavidad visceral y de las cavidades secundarias del cuerpo.

Se observaron mediante el microscopio estereoscópico las relaciones topográficas del riñón y de las gónadas y sus sistemas de conductos. La terminología del sistema urinario siguió el criterio de Hickman y Trump (1969) y del sistema reproductor el de Grier *et al.* (1980).

Con fines comparativos se utilizaron ejemplares de especies de las familias Bothidae, Pleuronectidae y Cynoglossidae.

Las ilustraciones se realizaron mediante la proyección de diapositivas y la observación directa de las estructuras anatómicas.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La cavidad visceral de *Achirus lineatus*, *Trinectes maculatus* y *Gymnachirus texae* es relativamente reducida y como en otras familias de Pleuronectiformes está dorsalmente delimitada por las vértebras precaudales, anteroventralmente por las cinturas escapular y pélvica y posteroventralmente por el primer pterigióforo anal (Figura 1 a), el cual es muy largo y curvo. El estómago en las tres especies es grande y el intestino forma varias asas, de las cuales dos se colocan extravisceralmente hacia atrás en la denominada por Norman (1934) "cavidad secundaria del cuerpo", en el lado derecho (oculado) del cuerpo (Figuras 1 a, 2 a, 4 a,c, 5 a,c). El hígado se coloca anteriormente al estómago. El ano se abre anteriormente en el lado ciego (lado izquierdo), entre las aletas pélvicas.

El riñón, colocado extraperitonealmente en posición diagonal y posterodorsal al estómago, es aplanado lateralmente y muestra dos cortos lóbulos anteriores, los cuales han sido denominados en los teleósteos como "riñones anteriores" (Gérard, 1954) y particularmente en el soleido *Parophrys vetulus* como "riñones cefálicos" (Bulger y Trump, 1968). Estos lóbulos están separados entre sí por los músculos retractores de las branquias (Figuras 1 a, 2 a), llamados así por Winterbottom (1974) en los Perciformes. Los lóbulos renales hacen contacto con los huesos cleitra de la cintura escapular. El borde dorsal del riñón es ondulado, debido a la presencia de espinas hemales en las vértebras precaudales 5 a 9. Su extremo inferior se dobla hacia atrás en el lado izquierdo a manera de un "lóbulo

posterior", ubicado en la cavidad secundaria izquierda del cuerpo (Figuras 1 b,c, 2 b,c, 3 a,b,c, 4 b,d, 5 b,d).

El riñón de *G. texae* muestra su tercio anterior notablemente aplanado, alto y marcado en su borde superior por el paso de la aorta dorsal (Figura 5).

De acuerdo con la clasificación de Ogawa (1961) del grado de fusión del riñón de los peces marinos, los miembros de la familia Achiridae corresponden al tipo III, en que los riñones izquierdo y derecho se fusionan entre sí, excepto en su porción anterior.

De manera notable, el riñón de *A. lineatus*, *T. maculatus* y *G. texae*, muestra una forma y una asimetría única entre los Teleostei. Esta situación se interpreta como resultado de la reducción de la cavidad visceral y como una compensación a la presencia de asas intestinales en el lado contrario.

Dentro del orden Pleuronectiformes no se encuentra el lóbulo posterior en las familias Bothidae, Pleuronectidae y Cynoglossidae, aunque, en esta última familia el riñón es asimétrico por la presencia de una escotadura en su lado izquierdo (obs. per.).

De manera diferente a los demás pleuronectiformes, en los Achiridae la vena caudal se extiende hacia adelante, ventralmente a las vértebras precaudales (Figuras 1 a y 2 a). A nivel de la primera vértebra caudal da lugar a la vena portarrenal, que penetra al riñón en su ángulo posterior; asimismo, envía al riñón una o dos ramas que penetran en el ángulo anterior, a nivel de la quinta vértebra precaudal. La vena cardinal posterior se observa desde el lóbulo renal posterior hasta su salida por el lóbulo renal anterior derecho (Figura 3 b). La ubicación de la cardinal en el lado derecho corresponde a la tendencia observada en los teleosteos.

La principal arteria urogenital parte de la aorta dorsal entre las vértebras precaudales 7 y 8 y penetra al riñón cerca del punto donde lo hace la vena portarrenal. Dicha arteria se ramifica dentro del riñón, y en la parte posterior de este da lugar a las dos arterias gonadales, que descienden hacia las gónadas correspondientes.

Los conductos arquinéfricos se inician desde los lóbulos renales anteriores, y se unen entre sí, en la superficie ventral del riñón, para formar el conducto urinario común, el cual, antes de abandonar el órgano recibe varios conductos colectores del lóbulo renal posterior (Figura 3 b,c). El conducto urinario común desciende adosado al primer pterigióforo anal y a cierta distancia forma la vejiga urinaria. En *A. lineatus*, a diferencia de las otras especies,

dicho conducto es más largo en la hembra que en el macho por interponerse el ovario izquierdo entre el riñón y la vejiga urinaria. De acuerdo con Hickman y Trump (1969) la vejiga urinaria es una dilatación de los conductos arquinéfricos, donde se almacena y modifica la orina, sin embargo en los aquiridos dicha dilatación es del conducto urinario común. La vejiga urinaria es sacular y se extiende hacia atrás, ventralmente al lóbulo renal posterior en *A. lineatus* y *G. texae*, sin embargo en *T. maculatus* es doble, teniendo un lóbulo en cada cavidad secundaria del cuerpo. Dicha condición doble se observa en lenguados de la familia Cynoglossidae, mientras que en los de las familias Bothidae y Pleuronectidae la vejiga urinaria es un aumento del diámetro del conducto urinario común.

Desde la vejiga urinaria el conducto urinario común continúa hacia adelante para abrirse al exterior mediante la papila urinaria en la hembra o la papila urogenital en el macho, en el lado oculado del cuerpo. Ambas papilas muestran un aspecto similar, con pequeños surcos y pliegues externos (Figura 3 h, i).

Los ovarios de *A. lineatus*, *T. maculatus* y *G. texae* son lateralmente aplanados y se desarrollan durante su maduración hacia atrás, dentro de las cavidades secundarias del cuerpo, entre los pterigióforos anales, la musculatura axial y los músculos erectores, depresores e inclinadores anales (Figuras 1 c, 2 c). Dichas cavidades son mencionadas por Norman (1934) en el orden Pleuronectiformes; sin embargo, no describe su anatomía. El mismo autor menciona como una característica de la familia Soleidae (actualmente Achiridae y Soleidae) la ubicación de una o dos asas intestinales en la cavidad secundaria derecha del cuerpo. En el presente trabajo se observa que el ovario derecho acompaña a las dos asas intestinales posteriores, estando ventralmente a ellas en *A. lineatus* y *G. texae* (Figuras 1 a, 5 a), mientras que en *T. maculatus* en general es dorsal y hace contacto con el riñón (Figura 4 a). Los mesovarios se unen a los ovarios en su superficie lateral.

Ambos ovarios se unen anteriormente para formar el oviducto (Figura 3 d), lo cual corresponde con la condición cistovárica definida por Gérard (1958) y Dodd (1977) en los teleosteos, en contraste con la condición gimnovárica, en que el oviducto está abierto. Aunque dicho conducto no es derivado de los conductos de Müller, en la literatura se le denomina oviducto. El oviducto en los Achiridae, así como también en el resto de los Pleuronectiformes se orienta hacia adelante y se abre cerca de la papila urinaria, en el lado oculado (derecho) del cuerpo. Los ovarios de *T. maculatus* muestran el borde anterior recto (Figura 4 a, b) a diferencia de las otras dos especies.

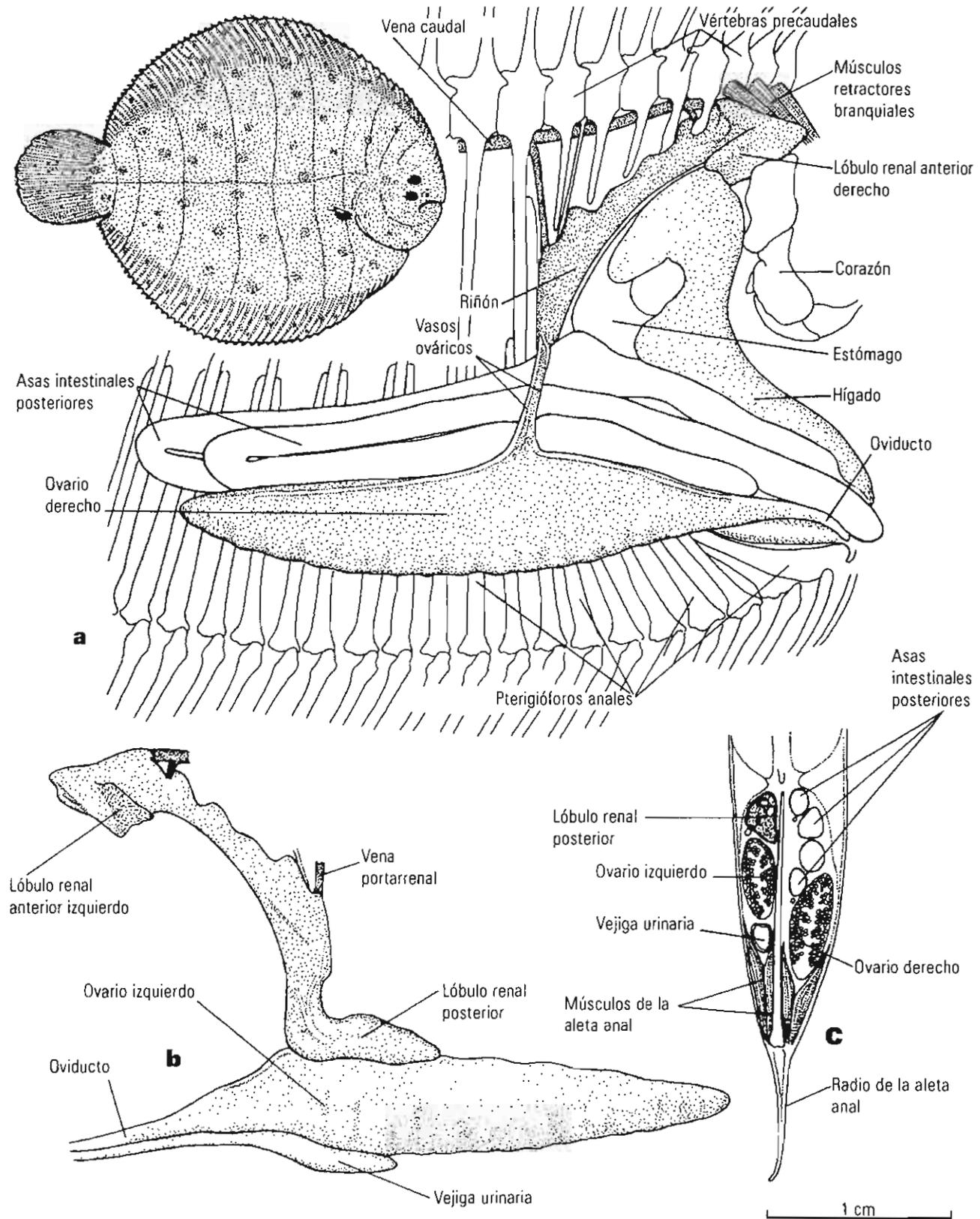


Figura 1. Sistema urogenital de la hembra de *Achirus lineatus*. a) Organografía en vista lateral derecha (lado oculado). b) Sistema urogenital en vista lateral izquierda (lado ciego). c) Corte transversal del cuerpo a nivel de las cavidades secundarias del cuerpo.

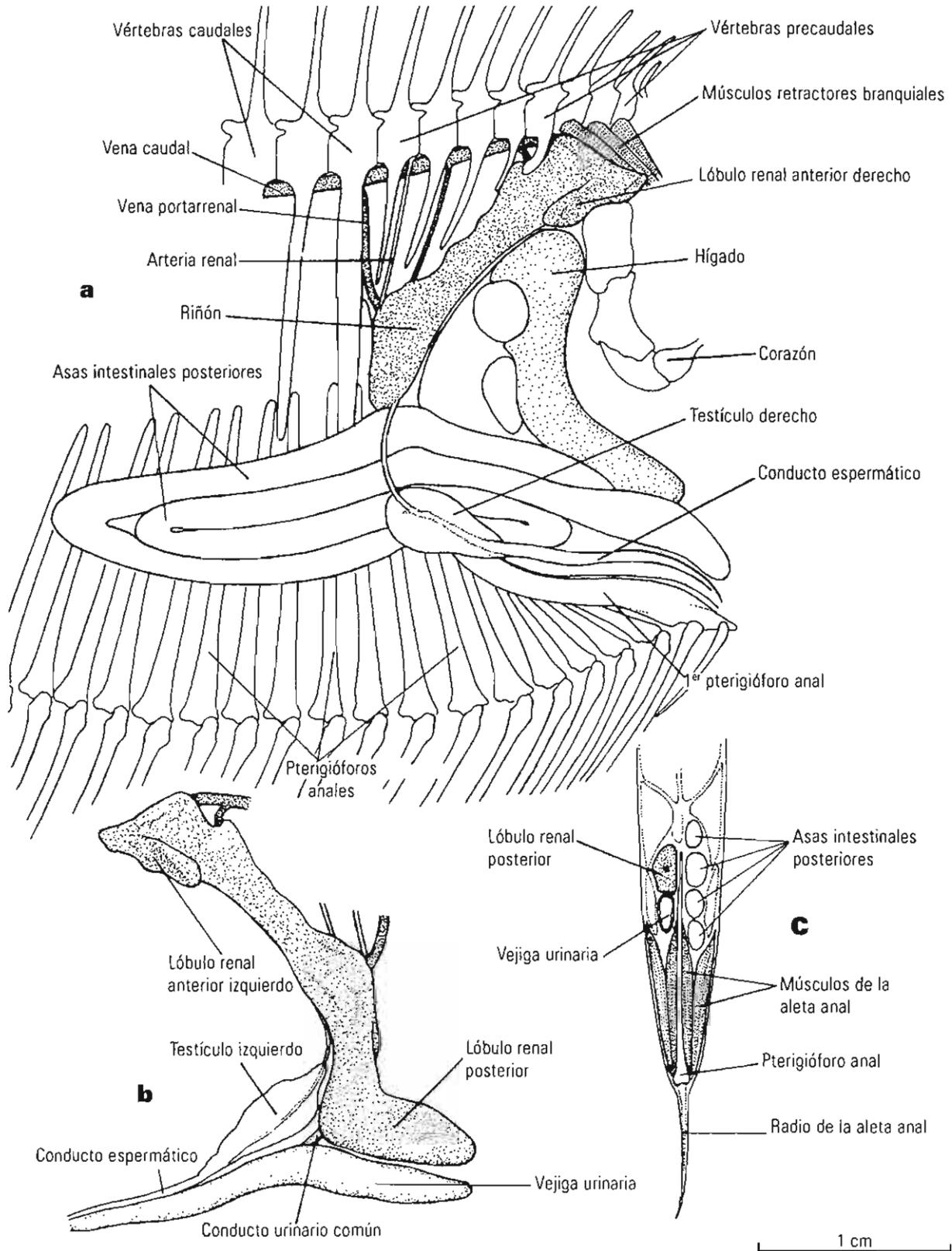


Figura 2. Sistema urogenital del macho de *Achirus lineatus*. a) Organografía en vista lateral derecha (lado oculado). b) Sistema urogenital en vista lateral izquierda (lado ciego). c) Corte transversal del cuerpo a nivel de las cavidades secundarias del cuerpo.

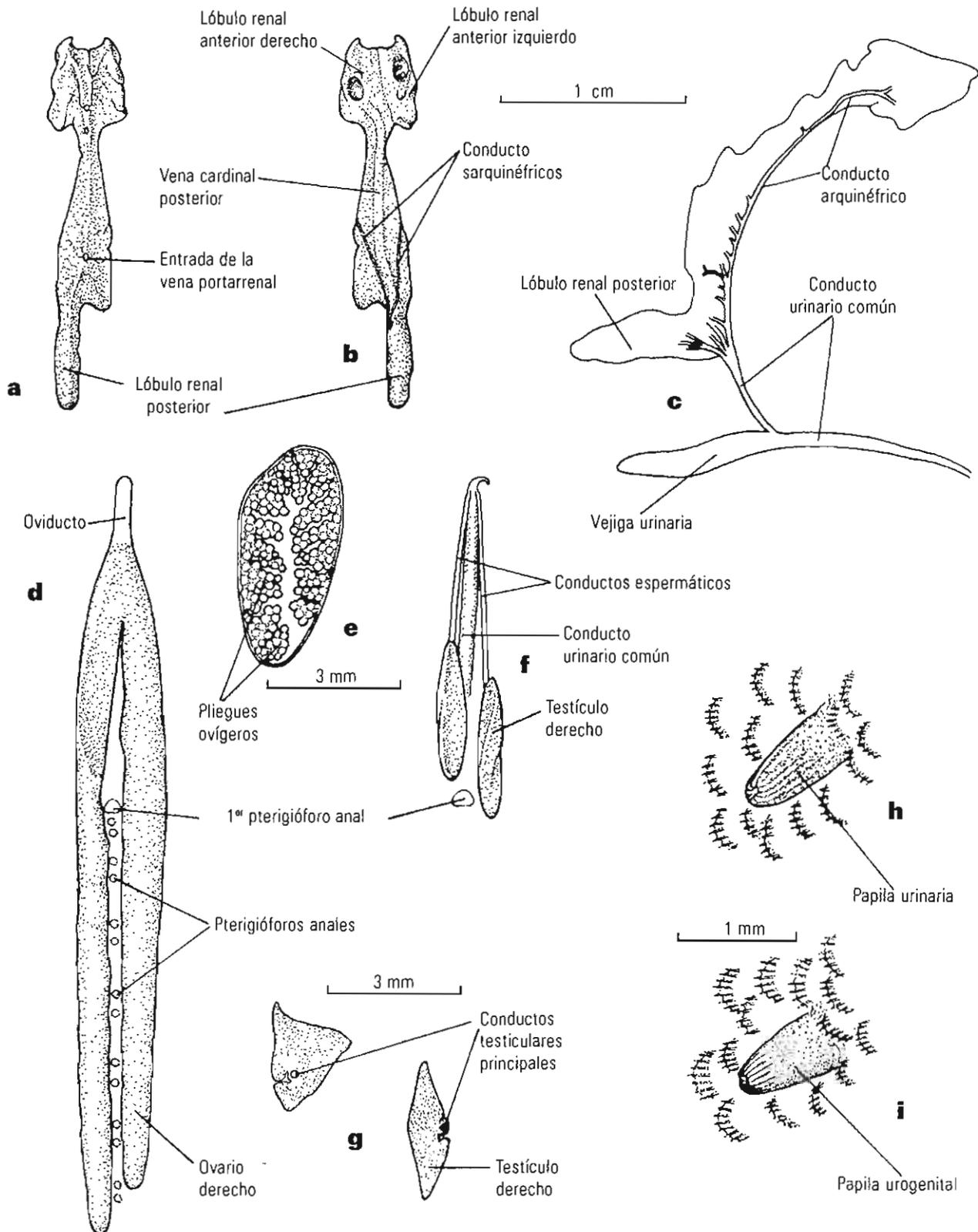


Figura 3. Estructura del sistema urogenital de *Achirus lineatus*. a), Riñón en vista dorsal. b) Riñón en vista ventral. c) Sistema de conductos urinarios de la hembra, en vista lateral derecha. d) Ovarios en vista dorsal. e) Corte transversal del ovario derecho. f) Testículos en vista dorsal. g) Corte transversal de los testículos. h) Papila urinaria de la hembra. i) Papila urogenital del macho.

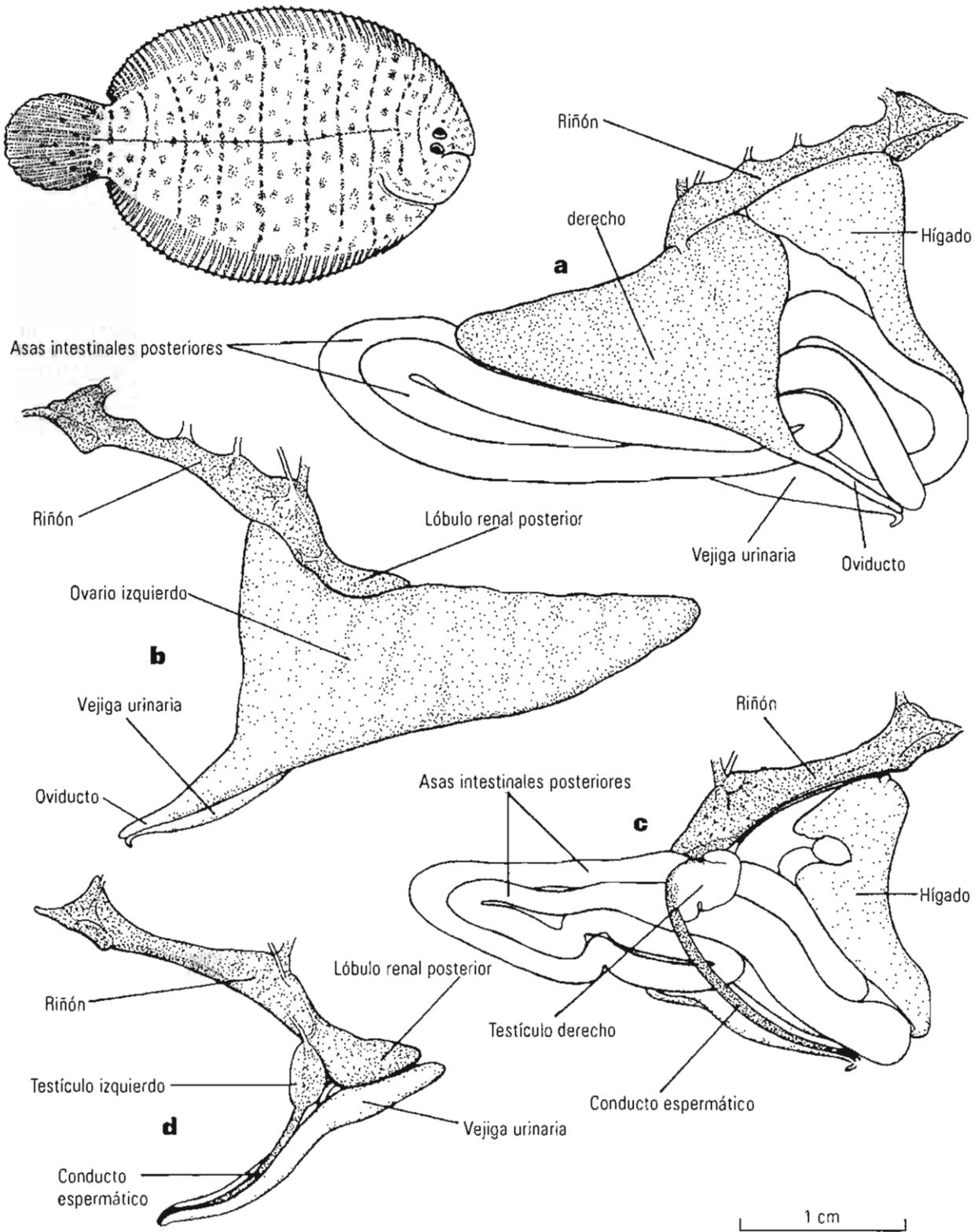


Figura 4. Sistema urogenital de *Trinectes maculatus*. a) Organografía de la hembra en vista lateral derecha (lado oculado). b) Sistema urogenital de la hembra en vista lateral izquierda (lado ciego). c) Organografía del macho en vista lateral derecha. d) Sistema urogenital del macho en vista lateral izquierda.

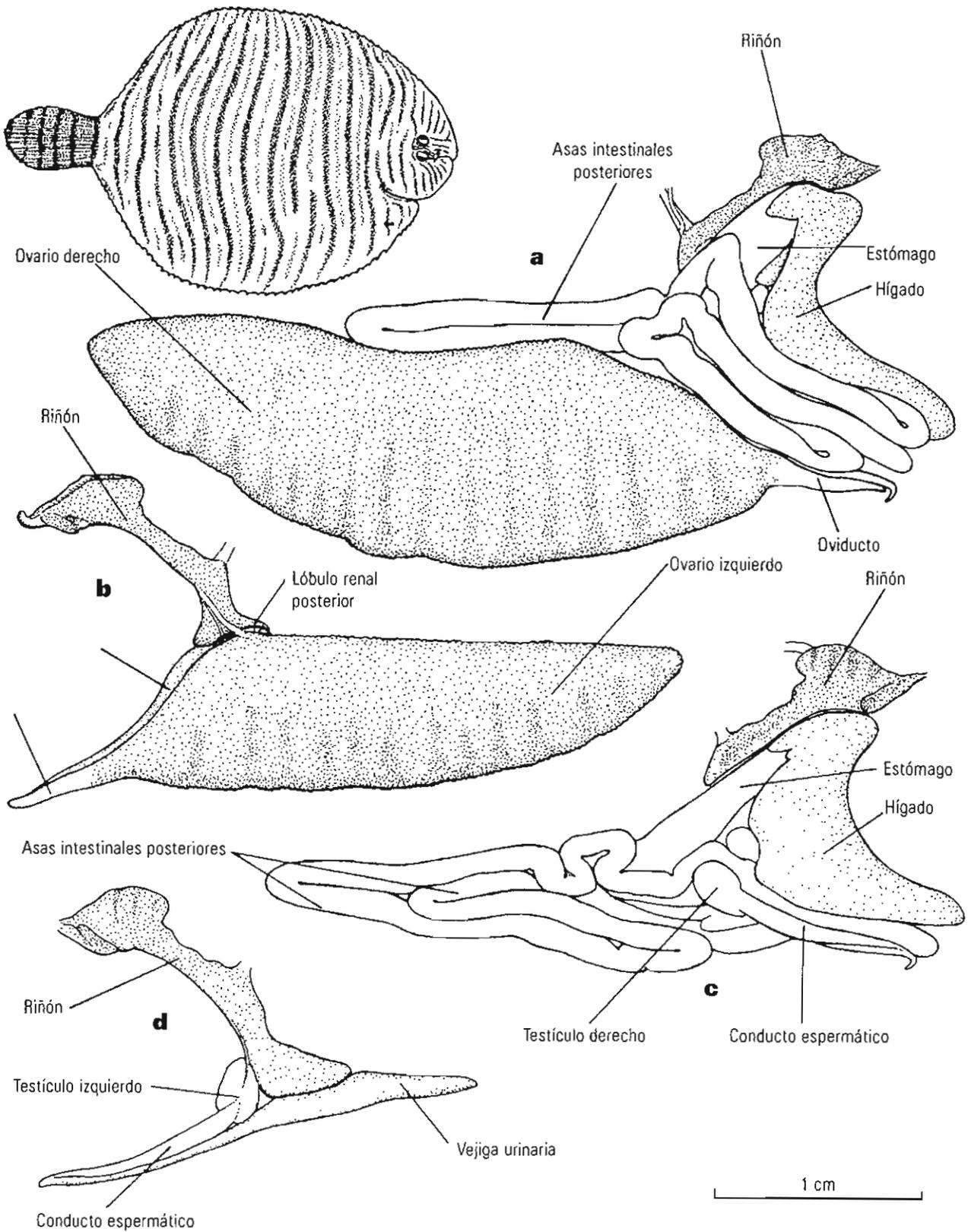


Figura 5. Sistema urogenital de *Gymnachirus texae*. a) Organografía de la hembra en vista lateral derecha (lado oculado). b) Sistema urogenital de la hembra en vista lateral izquierda (lado ciego). c) Organografía del macho en vista lateral derecha. d) Sistema urogenital del macho en vista lateral izquierda.

En sección transversal cada ovario muestra el origen de las laminillas ovígeras tanto en el techo como en ambas paredes, quedando libre de ellas sólo una angosta franja cercana al piso de la gónada (Figura 3 e).

Las arterias ováricas descienden desde la parte posterior del riñón y hacen contacto con cada ovario por su borde dorsal (Figura 1 a); cada arteria ovárica se ramifica en una arteria anterior y otra posterior para continuar por las paredes hasta las laminillas ovígeras.

Los testículos de *A. lineatus*, *T. maculatus* y *G. texae* son relativamente pequeños, correspondiendo aproximadamente a la longitud del lóbulo renal posterior. Su posición es asimétrica; el testículo derecho se coloca junto con las asas intestinales en el inicio de la cavidad secundaria del cuerpo (Figura 2 a) y es aplanado en sección transversal (Figura 3 g), mientras que el izquierdo está ubicado dentro de la cavidad visceral normal, entre el estómago, el riñón y la vejiga urinaria y es de sección triangular. Los mesosporos se unen a los testículos en su superficie lateral. A lo largo de dicha unión se encuentran la arteria y la vena testiculares, correspondiendo esta situación a la descrita por Hoar (1969) en los teleosteos. Cerca de la superficie de cada testículo se encuentra el denominado por Grier *et al.* (1980) como "conducto testicular principal", con un trayecto paralelo a los vasos sanguíneos; desde el punto en que este conducto abandona el testículo se llama "conducto espermático".

Ambos conductos espermáticos son largos (Figura 3 f), se dirigen hacia adelante y se unen entre sí por su extremo distal para formar el conducto espermático común; dicha situación los diferencia ampliamente de los Perciformes, en los que la unión es proximal, dentro del extremo fusionado de los dos testículos o cerca de ellos. El conducto espermático común se une al conducto urinario común, formándose el conducto urogenital. Este se abre al exterior por la papila urogenital, en el lado oculado del cuerpo.

A diferencia de *A. lineatus* y *G. texae*, los conductos espermáticos de *T. maculatus* son pigmentados (Figura 4 c, d).

Los lenguados de la familia Cynoglossidae tienen los conductos espermáticos simples, de manera similar a los Achiridae, mientras que los de las familias Bothidae y Pleuronectidae los muestran multiplicados.

## CONCLUSIONES

El sistema urogenital de los lenguados de la familia Achiridae está organizado bajo el mismo patrón anatómico general de los Pleuronectiformes, sin embargo, la morfología del riñón de los aquiridos es exclusiva dentro de ese orden.

La separación de los lóbulos renales anteriores por los músculos retractores branquiales es similar a la de los Perciformes; y como un carácter compartido con las familias Bothidae, Pleuronectidae y Cynoglossidae, dichos lóbulos hacen contacto con la cintura escapular.

El sistema excretor de los aquiridos es asimétrico, debido a la formación de un "lóbulo renal posterior".

La ubicación tanto del lóbulo renal posterior como de la vejiga urinaria en la cavidad secundaria izquierda del cuerpo en los aquiridos, se interpreta como una compensación al desarrollo de las asas intestinales posteriores en la cavidad secundaria derecha del cuerpo.

*Gymnachirus texae* difiere de las restantes especies por mostrar el tercio anterior del riñón muy amplio y elevado.

*Achirus lineatus* difiere de las otras especies por tener en las hembras una amplia separación entre el riñón y la vejiga urinaria.

El aplanamiento lateral de los ovarios y de los testículos está relacionado con el aplanamiento lateral del cuerpo de los aquiridos; y la ubicación de los ovarios en ambas cavidades secundarias del cuerpo, corresponde al patrón anatómico de los Pleuronectiformes.

*Trinectes maculatus* difiere de las otras especies por tener colocado el ovario derecho dorsalmente a las asas intestinales posteriores y en contacto con el riñón, por mostrar ambos ovarios con el borde anterior recto, por desarrollar dos lóbulos la vejiga urinaria y tener pigmentados los conductos espermáticos.

El testículo derecho se ubica con frecuencia al inicio de la cavidad secundaria derecha del cuerpo.

## AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo se realizó con el financiamiento del CONACYT (Convenio D0254-N9201) y de la Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Iztapalapa. El autor agradece la revisión crítica del manuscrito, al M. en C. Manuel Arnoldo Castillo-Rivera y a la Dra. María del Carmen Uribe Aranzabal.

## LITERATURA CITADA

AMEZCUA-LINARES, F., Z. G. CASTILLO-RODRÍGUEZ y M. ALVAREZ-RUBIO, 1992. Alimentación y reproducción del sol *Achirus mazatlanus* (Steindachner, 1869) en el sistema lagunar costero de Agua Brava, Pacífico de México. *Anales del Instituto de Ciencias del*

- Mar y Limnología* Universidad Nacional Autónoma de México, 19 (2): 181-194.
- BULGER, R. y B. TRUMP, 1968. Renal morphology of the English sole (*Parophrys vetulus*). *Am. J. Anat.* 123:195-225.
- CASTRO-AGUIRRE, J. L., 1978. Catálogo sistemático de los peces marinos que penetran a las aguas continentales de México, con aspectos zoogeográficos y ecológicos. Dir. Gral. Inst. Nal. Pesca. *Serie Científica* 19: 1-298.
- DENIEL, C., C. LE BLANC y A. RODRIGUEZ, 1989. Comparative study of sexual cycles, oogenesis and spawning of two soleidae, *Solea lascaris* (Risso, 1810) and *Solea impar* (Bennet, 1831), on the western coast of Brittany. *J. Fish Biol.* 35: 49-58.
- DODD, J. M., 1977. The structure of the ovary of nonmammalian vertebrates. In: ZUCKERMANN, L. y B. J. WEIR (eds.) *The ovary*. Academic Press. 219-263.
- GÉRARD, P., 1954. Organes uro-génitaux. In: GRASSÉ, P. P. (ed.) *Traité de Zoologie. Anatomie, Systématique, Biologie*. Tome XII. Masson et Cie Éditeurs. Paris. 1565-1583.
- GRIER, H. J., J. R. LINTON, J. F. LETHERLAND y V. L. DE VLAMING, 1980. Structural evidence for two different testis types in teleost fishes. *Am. J. Anat.* 159: 331-345.
- HICKMAN, C. P. y B. F. TRUMP, 1969. The Kidney. In: HOAR, W. S. y RANDALL, D. J. (eds.) *Fish Physiology*. Academic Press. USA, 1: 91-239.
- HOAR, W. S., 1969. Reproduction. In: HOAR, W. S. y RANDALL, D. J. (eds.) *Fish Physiology*. Academic Press. 3: 1-72.
- HOESE, H. D. y R. H. MOORE, 1977. *Fishes of the Gulf of Mexico*. Texas, Louisiana, and Adjacent Waters. Texas A & M University Press. 327 p.
- HOUE, E. D., C. R. FUTCH y R. DETWYLER, 1970. Development of the lined sole, *Achirus lineatus*, described from laboratory reared and Tampa Bay specimens. Fla. Dept. Nat. Resources Mar. Res. Lab., Tech. Ser. 62: 1-43.
- MINAMI, T., 1981. The early life history of a sole *Heteromycteris japonicus*. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.* 47: 857-862.
- MOORE, C. J. and C. R. POSEY, SR. 1974. Pigmentation and morphological abnormalities in the hogchoker, *Trinectes maculatus* (Pisces: Soleidae). *Copeia* 3: 660-670.
- NELSON, J. S., 1994. *Fishes of the World*. John Wiley & Sons. Nueva York. 600 p.
- NORMAN, J. R., 1934. *A systematic monograph of the flatfishes (Heterosomata)*. Vol. 1, Psettodidae, Bothidae, Pleuronectidae. London: British Mus. Nat. Hist., London. 459 p.
- OGAWA, M., 1961. Comparative study of the external shape of the teleostean kidney with relation to phylogeny. *Sci. Rept. Tokyo Kyoiku Daigaku*. B10: 61-68.
- ORTIZ-GALINDO, J. L., E. MATUS-NIVÓN, R. RAMÍREZ-SEVILLA y B. GONZÁLEZ-ACOSTA, 1990. Embrión, larva y prejuvenil del sol mexicano *Achirus mazatlanus* (Pisces: Soleidae). *Rev. Biol. Trop.* 38 (2A): 195-204.
- RESÉNDEZ-MEDINA, A. y A. KOBELKOWSKY D., 1991. Ictiofauna de los sistemas lagunares costeros del Golfo de México, México. *Universidad y Ciencia* 8 (15): 91-110.
- TOPP, R. W. y F. H. HOFF, JR., 1972. Flatfishes (Pleuronectiformes). *Mem. Hourglass Cruise* 4 (2): 1-135.
- WINTERBOTTOM, R., 1974. A decriptive synonymy of striated muscles of the Teleostei. *Proc. Acad. Nat. Sci. Philad.* 125 (12): 225-317.

Recibido: 13 de julio de 1999.

Aceptado: 10 de diciembre de 1999.

# Sexual Dimorphism of the Flounder *Bothus robinsi* (Pisces: Bothidae)

Abraham Kobelkowsky\*

Laboratorio de Peces, Departamento de Biología, Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Iztapalapa, México, Distrito Federal, Apartado Postal 55-535

**ABSTRACT** The anatomical organization of the reproductive system of the flounder, *Bothus robinsi*, is similar to other fish in the order Pleuronectiformes. Accentuated, external secondary sexual characters are observed in males such as increased body length, larger left pectoral fin, and greater interorbital distance. As a qualitative character, the rostral spine, which is part of the maxillary bone, is pronounced. The interorbital distance implies noticeable internal sexual differences, such as the broadening of the left frontal and lateral ethmoid bones, and a greater length of the oblique muscles of both eyes, the optic nerves, and the left olfactory nerve. Five male specimens examined had female external secondary sexual characters. *J. Morphol.* 260:165–171, 2004.

© 2004 Wiley-Liss, Inc.

**KEY WORDS:** sexual dimorphism; reproductive system; flounder; *Bothus*; Bothidae

The reproductive strategies of fishes are reflected in the anatomical differences between sexes. The gonads and their ducts constitute the primary sexual characters. The secondary sexual characters may be permanent, such as the pelvic claspers of the Chondrichthyes (Dodd, 1983), or appear only during the pairing act in the Cyclostomata (Hardisty and Potter, 1971).

Some secondary sexual characters of Teleostei may appear during the reproductive season, whereas others are permanent and become manifest at the onset of sexual maturity, remaining as dimorphic sexual characters (Liley and Stacey, 1983). The flatfishes (order Pleuronectiformes) are among the teleosts that exhibit a noticeable sexual dimorphism (Norman, 1934).

The flatfishes are bilaterally asymmetrical fish, characterized by the presence of both eyes being on the same side of the head (Nelson, 1994). In some flatfishes, Norman (1934) recognized external sexual differences such as in coloration, type of scales, interorbital distance, the presence of orbital and rostral spines, the number of mandibular teeth, and the shape of the fins.

Differences in the shape of the scales between sexes have been observed in *Pleuronectes platessa* and in all species of *Liopsetta*. Genera with greater interorbital distance in males than in females are

*Syacium*, *Citharichthys (cornutus)*, *Perissias*, *Engyprosopon*, *Crossorhombus*, *Parabothus*, and *Bothus*. The presence of rostral and orbital spines in males has been observed in the genera *Psettina*, *Engyprosopon*, *Crossorhombus*, *Lophonectes*, *Taeniopsetta*, *Perissias*, *Bothus*, and in *Citharichthys cornutus*. The male of *Marleyella bicolorata* has more teeth on the premaxillary bone of its blind side. Some dorsal fin rays are longer in male *Arnoglossus imperialis*, *Lophonectes gallus*, *Marleyella bicolorata*, *Arnoglossus tapeinosoma*, *Brachypleura novaezelandiae*, and *Taeniopsetta ocellata* than in females. The first rays of the anal fin are longer in the male of *T. ocellata* and the rays in one of the pelvic fins are longer in males of *M. bicolorata* (Norman, 1934) than in females.

Norman (1934) points out that the Bothidae have the most accentuated sexual dimorphic characters among flatfishes. Topp and Hoff (1972) describe the sexual dimorphism of *Bothus robinsi* based on characteristics such as interorbital space and the presence of a rostral spine. Jutare (1962) also considered the length of the pectoral fin of the eyed side as a sexually dimorphic character.

Based on a hypothesis that different external sexual characters also imply internal differences, the objective of this study was to provide an anatomical description of the reproductive system and the internal secondary sexual differences of the flounder, *Bothus robinsi*.

## MATERIALS AND METHODS

A sample of 172 specimens of *Bothus robinsi* Jutare, collected by means of a trawl net from the Mexican coast of the Gulf of Mexico, was studied. The specimens were originally fixed in 10% formalin and stored in 70% ethanol.

\*Correspondence to: Abraham Kobelkowsky, Laboratorio de Peces, Departamento de Biología, Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Iztapalapa, Av. San Rafael Atlixcc No 186. 09340. México, Distrito Federal, Apartado Postal 55-535.  
E-mail: akd@xanun.uam.mx

TABLE 1. Differences in *Bothus robinsi* of means adjusted by the regression with standard length (SL) and their statistical significance according to Bonferroni "a posteriori" tests

| Character lengths                         | Difference between means adjusted by SL | t-value | Significance (P) |
|---|---|---------|------------------|
| Left pectoral fin                         | 8.232                                   | 7.47    | 0                |
| Interorbital distance                     | 4.083                                   | 22.96   | 0                |
| Muscle obliquus superior of the lower eye | 3.004                                   | 7.2     | 0                |
| Muscle obliquus superior of the upper eye | 2.38                                    | 4.59    | 0                |
| Left olfactory nerve                      | 1.934                                   | 9.17    | 0                |
| Lower optic nerve                         | 1.415                                   | 5.49    | 0                |
| Upper optic nerve                         | 1.23                                    | 6.83    | 0                |
| Maxillary length                          | 0.626                                   | 6.57    | 0                |
| Premaxillary length                       | 0.388                                   | 2.39    | 0.022            |
| Left muscle adductor mandibulae           | 0.217                                   | 1.23    | 0.225            |
| Ocular diameter                           | -0.212                                  | -1.9    | 0.065            |
| Body height                               | -0.551                                  | -0.74   | 0.462            |

The specimens were sexed by means of their external sexual characters, by dissection of the visceral cavity, and by examination of the gonads. The terminology for the neurocranium is that of Hoshino and Amaoka (1998) and that for the ocular muscles follows Winterbottom (1974).

Twenty females (7.57–12.10 mm standard length) and 20 males (8.73–13.58 mm standard length) were selected and 13 characters were measured (Table 1). The percentage of each of these measures was determined in standard length (SL), both in male and females. It is assumed that the length of the lower oblique muscle is the same as the upper oblique.

To test mean differences among biometric variables by sex, a multivariate analysis of covariance (MANCOVA) was employed with sex as factor and SL as covariate (Winer et al., 1991). To analyze variable mean differences, "a posteriori" Bonferroni tests were used.

In order to compare the structure of the reproductive system, specimens of the families Bothidae (*Engyophrys senta*), Paralichthyidae (*Ancylopsetta quadrocellata*, *Citharichthys spilopterus*, *Cyclopsetta fimbriata*, *Etropus crossotus*, *Paralichthys lethostigma*, *Syacium gunteri*), Achiridae (*Achirus lineatus*, *Trinectes maculatus*, *Gymnachirus texae*) and Cynoglossidae (*Symphurus plagiusa*) were dissected.

## RESULTS

Of a total of 172 examples of *Bothus robinsi*, 78 were female ranging between an SL of 61.0–92.0 mm and a  $\bar{x}$  of 75.84 mm. Eighty-nine were males ranging between an SL of 65.9–93.2 mm and a  $\bar{x}$  of 81.40 mm. The sex ratio was 1:1.14, with male predominance. Five specimens out of the total had female secondary sexual characters but in the exposition of the visceral cavity, the male reproductive system was recognized. Males of *B. robinsi* show a greater SL ( $\bar{x}$  of SL of 80.41 mm) than the females ( $\bar{x}$  of SL of 75.87 mm).

### Urogenital System

The visceral cavity of *Bothus robinsi* is relatively reduced and is limited by the precaudal vertebrae, the scapular and pelvic girdles, the first hemal arch, and the first pterygiophore. The first hemal arch is long and the first anal pterygiophore is long and notably curved.

During maturation the ovaries develop backwards, beyond the posterior limit of the visceral cavity (Fig. 1a), by the sides of anal pterygiophores and between the musculature *hypaxialis* and the muscles that move the anal fin rays (*inclinator anales*, *erectores anales*, and *depressores anales*) (Fig. 3). The ovaries fuse at their anterior end and the ovarian tunic continues as the oviduct. This gonoduct directs itself forward to open up to the outside by means of the genital opening on the blind side (right) of the fish.

The testes, which are relatively small, do not exceed the limits of the visceral cavity. The spermatic ducts are oriented forward where they unite distally with the common urinary duct. This duct opens on the ocular side of the fish by means of the urogenital papillae.

An analysis of the reproductive system of flatfishes representative of families Bothidae, Paralichthyidae, Achiridae, and Cynoglossidae showed a similar organization to that of *Bothus robinsi*.

### Secondary Sexual Characters

The MANCOVA revealed sexual differences under all the multivariate criteria (Pillais, Wilks, and Roys;  $F = 15.47$ ,  $P < 0.01$ ). With descending significance, Table 1 shows the mean differences, adjusted by standard length (SL), between male and female individuals. The most significant character was the difference between male and female left pectoral fin, which is listed first.

Of the 13 characters measured, nine showed sexual differences, whereas the muscle mandibular adductor (*adductor mandibulae*), the ocular diameter, and the body height were not statistically different by sex.

A comparison of the neurocranium of both sexes indicated that the greater separation between the orbits in males is due to the greater amplitude of the left frontal and the left lateral ethmoid bones. The greater interorbital distance in the males implies a

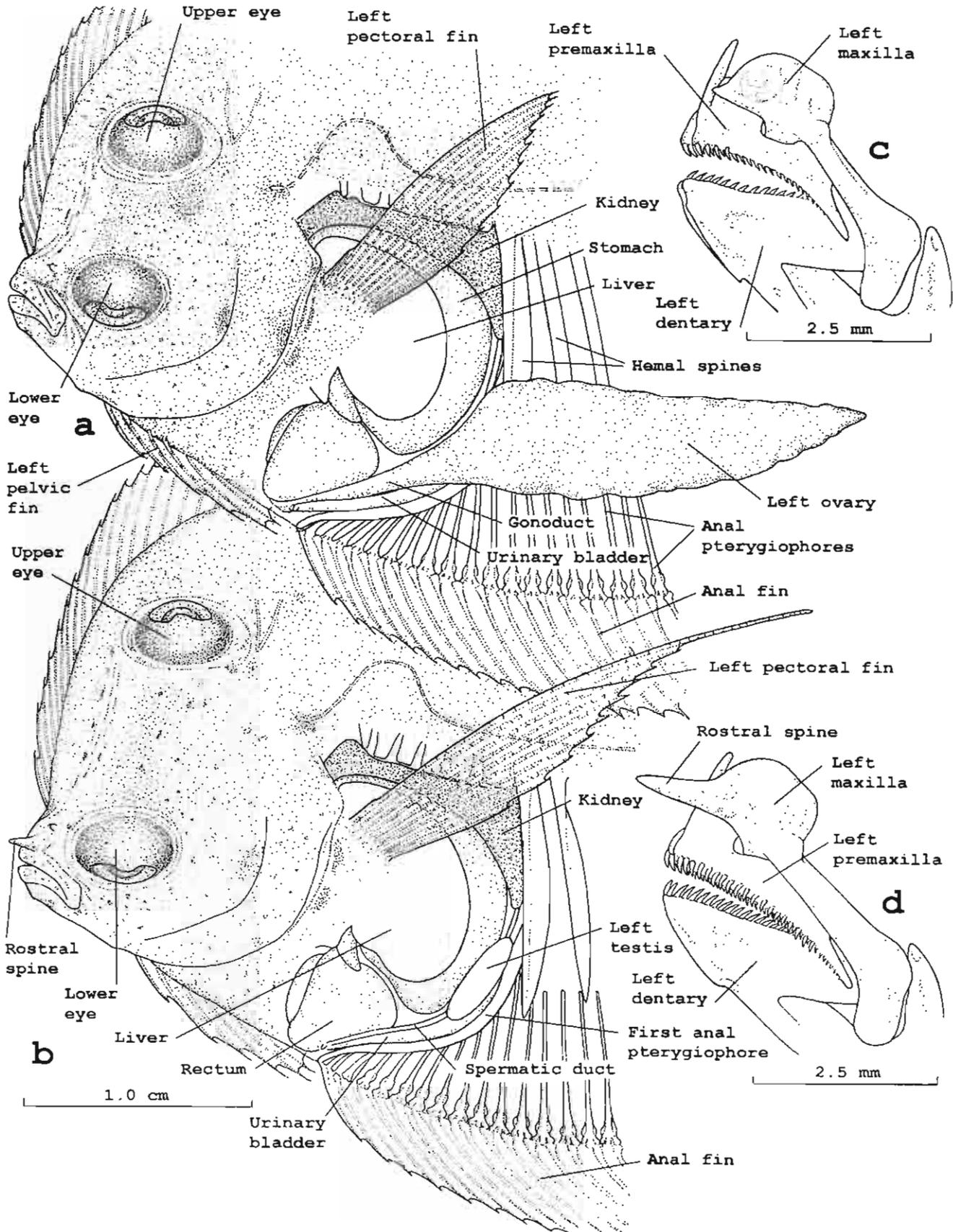


Fig. 1. Sexual dimorphism of *Bothus robinsi*. a,b: Left (ocular) view of external sexual characters and organography of the visceral cavity in a female and a male, respectively. c,d: Left (ocular) view of mandibles in a female and a male, respectively.

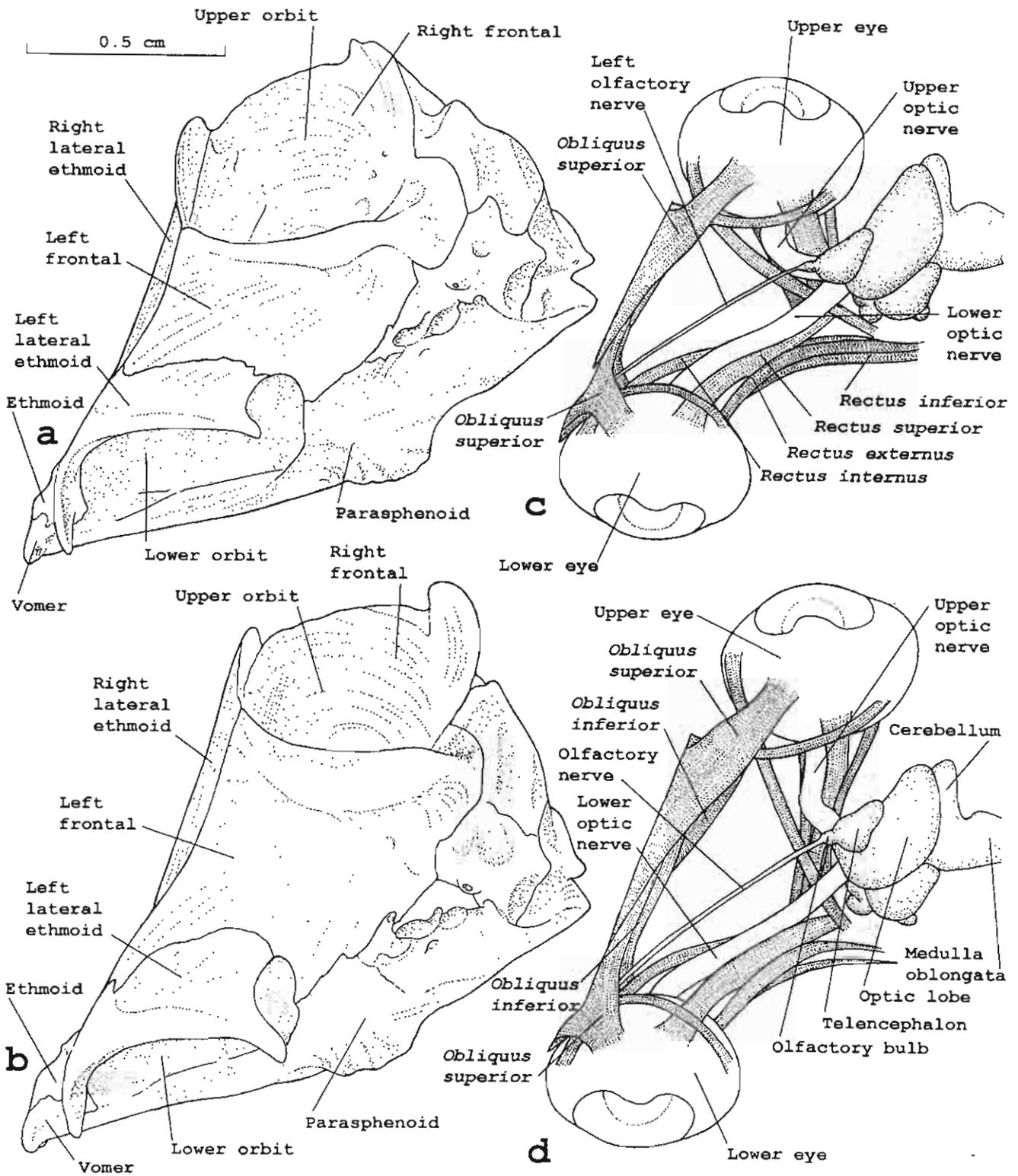


Fig. 2. Internal secondary sexual characters of *Bothus robinsi*. a,b: Left (ocular) lateral view of the neurocranium from a female and male, respectively. c,d: Left (ocular) lateral view of the brain, eye muscles, and optic nerves of a female and a male, respectively.

greater length of the superior and inferior oblique muscles of both eyes and of the upper and lower optic nerves (Fig. 2b).

The two muscles and optic nerve of the lower eye of males are especially greater than in females. Each of the superior and inferior oblique muscles of both

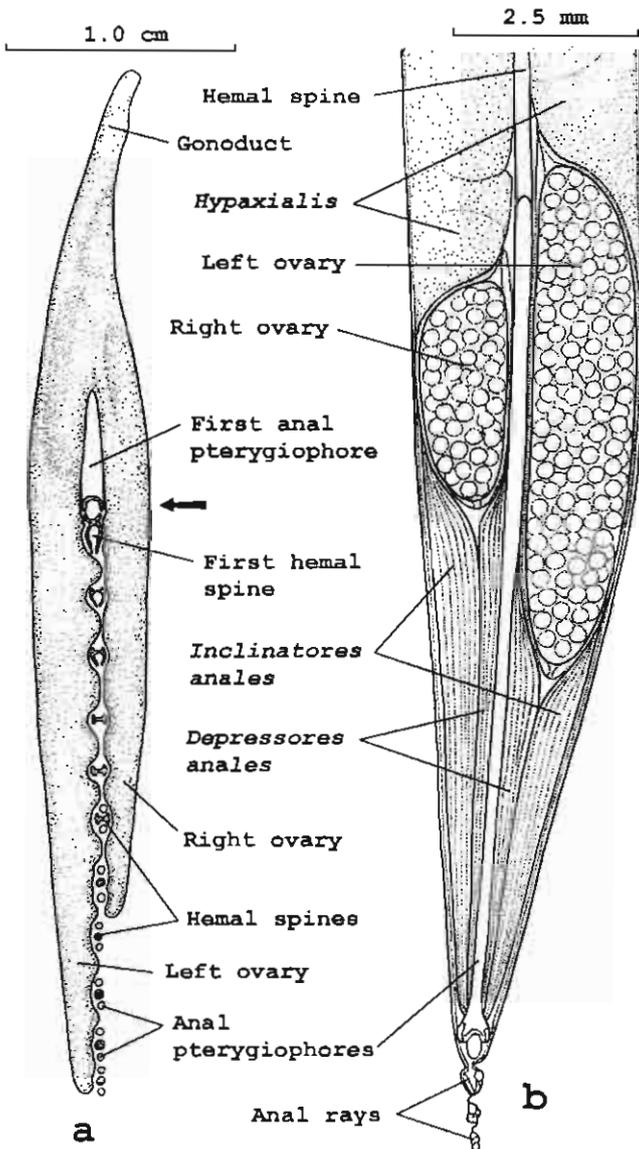


Fig. 3. Morphology of the ovaries of *Bothus robinsi*. a: Dorsal view of the ovaries and section of hemal spines and anal pterygiophores; arrow points at the limit between precaudal and caudal region. b: Cross section of the ventral part of the caudal region of the female.

eyes are strap-like and show a remarkable wide origin from the anterior myodome, whereas the insertion is narrower on the anterodorsal surface of the respective eyeball. The myodome has a vertical tubular shape.

In both sexes, the upper optic nerve (that of the migrating eye) is shorter, describes a conspicuous curve, and connects to the left optic lobe. The lower optic nerve is longer, less curved, and reaches the right optic lobe. In males, their lengths are longer than in females (Table 1).

*Bothus robinsi* does not develop an olfactory bulb and olfactory nerve on the blind side (right). The left

olfactory nerve of the male is significantly longer than that of the female (Figs. 2c,d, Table 1).

The so-called rostral spine of males is actually an anterior, sharp process of the maxillary bone of the males, absent in females (Fig. 1d). The bones in the upper jaw are also longer in males than in females, particularly the maxillary bone because of the rostral spine.

There are sexual differences in the mandibular dentition of *Bothus robinsi*. In general, the teeth are larger in males (Fig. 1d). Moreover, the males carry a complete external row of large teeth in the premaxillary bone of the ocular side, whereas in the females this row is incomplete (Fig. 1c).

## DISCUSSION

The finding of five male specimens of *Bothus robinsi* with female external sexual characters is the first record of a failure to display secondary sexual characters in dimorphic flounders.

According to Norman (1934), the Pleuronectiformes probably evolved from a generalized percoid group; however, the sister group of flatfishes remains unknown (Chapleau, 1993). Probably during this transition, the advanced position of the anal fin diminished the visceral cavity and the first anal pterygiophore became curved forward.

Due to the reduction of the visceral cavity, the ovaries of flatfishes such as *Bothus robinsi* develop in the, so-called by Norman (1934), secondary body cavities. These are actually the spaces occupied by the ovaries, between the anal pterygiophores and the axial and anal fin musculature.

The curvature of the first anal pterygiophore moves the position of the anal, genital, and urinary openings forward, and causes the forward orientation of the reproductive ducts of both sexes. This morphological condition is described by Kobelkowsky (2000) in the Achiridae (*Achirus lineatus*, *Trinectes maculatus*, and *Gymnachirus texae*), and in the present study is observed in species from the families Bothidae, Paralichthyidae, Pleuronectidae, and Cynoglossidae, and may be a synapomorphy of the Pleuronectiformes.

Comparison of the reproductive systems in flatfishes representative of the families Bothidae, Paralichthyidae, Achiridae, and Cynoglossidae reveals that the organization of that system in *Bothus robinsi* is essentially like that of Pleronectiformes in general. In contrast to the Perciformes, from which they evolved (Norman, 1934), flatfishes present a case in which the reproductive ducts are oriented anteriorly, probably due to the forward position of the first anal pterygiophore, as described by Kobelkowsky (2002) in *Citharichthys spilopterus*.

There is a consensus that in the majority of fishes, gonad maturation is related to the manifestation of secondary sexual characters. The most frequent secondary sexual character is the difference in size

between males and females (Nikolsky, 1963), females being larger than males. This feature assures greater fecundity. However, this situation is reversed in *Bothus robinsi*, because males are longer than females. The large body size of male fishes may confer an advantage in mate competition. For instance, in Atlantic salmon, *Salmo salar*, bigger males are dominant and mating is more frequent than in smaller individuals (Dugatkin and FitzGerald, 1997).

While *Bothus robinsi* is a benthic spawner with pelagic free embryos and larvae, the scarce examples of species in which the male is bigger than the female, such as *Silurus glanis*, *Pseudobagrus fulvidraco*, *Pseudogobio rivularis* (Nikolsky, 1963) and *Cottus bairdi* (Downhower et al. 1983), correspond to species that practice parental care.

Although some flatfishes exhibit a sexual difference in the shape of the dorsal, the anal, and the pelvic fins, the pectoral fin on the ocular (left) side is considerably longer in the male than in the female in *Bothus robinsi* (Fig. 1a,b). This character is coincident with what Jutare (1962) found in this species. It may be important during courtship display.

The external, permanent secondary sexual characters recognized in the present work in *Bothus robinsi* coincide with some of those pointed out by Norman (1934) in the Bothidae, such as the rostral spine, the interorbital width, the size of the pectoral fin, and the arrangement of teeth. Topp and Hoff (1972) point out that one aspect of the sexual dimorphism of adults of *B. robinsi* consists in the width of the interorbital space. In females, they report that it corresponds to less than 10% of the standard length and in males it reaches 14%, whereas in the present work it was found that that difference is slightly greater. The greater interorbital distance in males suggests a better stereoscopy than in females.

The size of the male body, the longitude of the left (ocular side) pectoral fin, and the distance between eyes in *Bothus robinsi* are probably the morphological characters used by females as a criterion to distinguish between potential mates.

Comparison of the neurocranium of male and female *Bothus robinsi* clearly demonstrates that the greater separation between the ocular orbits observed in males is due to the greater amplitude of the left frontal bone and the left lateral ethmoid bone (Fig. 2b). The larger interorbital space in the male implies a greater length of the oblique muscles of the eyes and of the optic nerves. Males also exhibit a greater length of the superior oblique muscle and the optic nerve of the lower eye in relation to females.

The dorsal position of the nerve of the migrating eye of *Bothus robinsi* is similar to that reported by Castillo and Kobelkowsky (1992) in *Citharichthys spilopterus*. This is the normal arrangement in the sinistral flatfishes (with the eyes on the left side)

and is the opposite of that of the dextral flatfishes (Policansky, 1982).

The tubular shape of the anterior myodome of *Bothus robinsi* contrasts with that of all other of the teleosts, wherein it is just a slight concavity of the lateral ethmoid bone.

Whereas flatfishes generally have a less developed olfactory system on their blind side (Prasada and Finger, 1984), *Bothus robinsi* shows the extreme situation, as the olfactory bulb and nerve do not develop at all on that side.

According to Norman (1934), the cephalic spines, or protuberances, are confined to males in the genera *Perissias*, *Engyprosoyon*, *Crossorhombeus*, and *Bothus*, or are more pronounced in males and less developed in females, as in *Citharichthys cornutus*, *Lophonectes gallus*, and *Taeniopsetta ocellata*. Topp and Hoff (1972) reported the presence of the rostral spine in the male of *Bothus robinsi*, whereas in the present work this structure is recognized as part of the premaxillary bone.

The difference in jaw dentition between sexes of *Bothus robinsi* is similar to that recorded by Norman (1934) in *Marleyella bicolorata*, and may imply sexual differences in diet.

## ACKNOWLEDGMENTS

This work was part of a Doctorate Thesis (Programa del Doctorado en Ciencias Biológicas, C.B.S., Universidad Autónoma Metropolitana). I thank Isaias H. Salgado-Ugarte for help in statistical data analysis and María del Carmen Uribe Aranzabal for comments and suggestions.

## LITERATURE CITED

- Castillo-Rivera M, Kobelkowsky A. 1992. First record of reversal in the founder *Citharichthys spilopterus* (Bothidae). *Copeia* 1992:1094-1095.
- Chapleau F. 1993. Pleuronectiform relationships: a cladistic reassessment. *Bull Mar Sci* 52:516-540.
- Dodd JM. 1983. Reproduction in cartilaginous fishes (Chondrichthyes). In: Hoar WS, Randall DJ, editors. *Fish physiology*. vol. IXA. New York: Academic Press. p 31-95.
- Downhower JF, Brown L, Pederson R, Staples G. 1983. Sexual selection and dimorphism in mottled sculpins. *Evolution* 37:96-103.
- Dugatkin LA, FitzGerald GJ. 1997. Sexual selection. In: Godin JJ, editor. *Behavioural ecology of teleost fishes*. Oxford: University Press. p 266-291.
- Hardisty MW, Potter IC. 1971. The general biology of adult lampreys. In: Hardisty MW, Potter IC, editors. *The biology of lampreys*. London: Academic Press. p 127-206.
- Hoshino K, Amaoka K. 1998. Osteology of the flounder, *Tephrinectes sinensis* (Lacepède) (Teleostei: Pleuronectiformes), with comments on its relationships. *Ichthyol Res* 45:69-77.
- Jutare T. 1962. Studies on the biology of *Bothus ocellatus* with a description of a related new species. M.S. Thesis, University of Miami.
- Kobelkowsky A. 2000. Sistema urogenital de los lenguados de la familia Achiridae (Pisces: Pleuronectiformes) del Golfo de México. *Hidrobiológica* 10:51-60.

- Kobelkowsky A. 2002. Osteología del lenguado *Citharichthys spilopterus* (Pisces: Pleuronectiformes). An Inst Biol Univ Nal Aut México Ser Zool 73:53–65.
- Liley NR, Stacey NE. 1983. Hormones, pheromones, and reproductive behavior in fish. In: Hoar WS, Randall DJ, Donaldson EM, editors. Reproduction. New York: Academic Press. p 1–63.
- Nelson JS. 1994. Fishes of the world. New York: John Wiley & Sons.
- Nikolsky GV. 1963. The ecology of fishes. London: Academic Press.
- Norman JR. 1934. A systematic monograph of the flatfishes (Heterosomata). 1. Psetodidae, Bothidae, Pleuronectidae. London: British Museum.
- Policansky D. 1982. The asymmetry of flounders. Sci Am 246: 116–122.
- Prasada Rao PD, Finger TE. 1984. Asymmetry of the olfactory system in the brain of the winter flounder, *Pseudopleuronectes americanus*. J Comp Neurol 225:492–510.
- Topp RW, Hoff FH Jr. 1972. Flatfishes (Pleuronectiformes). Mem Hourglass Cruises 4:1–135.
- Winer BJ, Brown DR, Michels KM. 1991. Statistical principles in experimental design. New York: McGraw-Hill.
- Winterbottom R. 1974. A descriptive synonymy of striated muscles of the Teleostei. Proc Acad Nat Sci Philad 125:225–317.

## El sistema excretor de la raya mariposa *Gymnura micrura* (Pisces: Rajiformes)

ABRAHAM KOBELKOWSKY\*

**Resumen.** Se describe la morfología general del sistema urogenital de la raya *Gymnura micrura* (Bloch & Schneider), con énfasis en los riñones y sus conductos. Las gónadas, asociadas a los órganos epigonales son pareadas, con tendencia a desarrollarse más la del lado izquierdo. Asimismo, los conductos reproductores son pareados. Los riñones están colocados en el techo de la parte posterior de la cavidad visceral, son aplanados, triangulares y de aspecto multilobular. De los riñones parten los conductos urinarios accesorios, que en las hembras se abren a la cloaca mediante dos papilas urinarias, mientras que en los machos se presenta una sola papila urogenital.

Palabras clave: peces, Rajiformes, *Gymnura*, sistema urogenital, anatomía, riñón.

**Abstract.** The general morphology of the urogenital system of the butterfly ray *Gymnura micrura* (Bloch & Schneider) is described with emphasis in the kidneys and its ducts. The gonads, associated to the epigonal organs are paired, with tendency to develop more that of the left side. Likewise, the reproductive ducts are paired. The kidneys are flat, triangular and multilobular, and are placed in the roof of the posterior part of the visceral cavity. From the kidneys the urinary accessory ducts arise, and open into the cloaca by means of two urinary papillae in females, and by means of the only urogenital papilla in males. Key words:

fishes, Rajiformes, *Gymnura*, urogenital system, anatomy, kidney.

### Introducción

La raya mariposa *Gymnura micrura* (Bloch & Schneider, 1801) se distribuye en aguas costeras someras con fondos fangosos y arenosos, desde la bahía de Ches-

\* Laboratorio de Peces. Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Iztapalapa. Av. San Rafael Atlixco No. 186, Col. Vicentina, Iztapalapa, 09340 México, D.F. México. [akd@xanum.uam.mx](mailto:akd@xanum.uam.mx)

peake, Estados Unidos hasta Brasil, desde Senegal hasta el Congo y desde India hasta Borneo (McEachran & Seret 1990). Se registra ocasionalmente en el río Tuxpan (Castro-Aguirre & Espinosa 1996) y tiene una abundancia relativa en aguas estuarinas de la costa septentrional de Sudamérica (Cervigón *et al.* 1992).

Son conocidas las funciones excretora y osmorreguladora del riñón de los vertebrados. Entre los rasgos fisiológicos especiales de los tiburones y las rayas se reconoce su condición isosmótica con el agua de mar. Dicha condición implica una alta concentración de urea y óxido de trimetilamina, teniendo los riñones un papel importante en la excreción de cloruro de sodio, al igual que la glándula rectal (Eckert 1988).

La morfología de los riñones de las rayas es descrita esporádicamente en la literatura. Así, Gerard (1954), Romer (1962) y Lacy & Reale (1999) la describen someramente. Aspectos de la biología reproductiva de *G. marmorata* en México, son estudiados por Villavicencio-Garayzar (1993, 1995); y de *G. micrura* son registrados por Daiber & Booth (1960).

El objetivo del presente trabajo es la descripción macroscópica del sistema urogenital con énfasis en la anatomía de los riñones de la raya *Gymnura micrura*.

### Materiales y métodos

Los ejemplares de *Gymnura micrura* se colectaron mediante red de arrastre camaronera, en el río Tuxpan y la laguna de Tampamachoco, Veracruz.

Para el análisis anatómico se seleccionaron cinco ejemplares hembras con un intervalo de anchura del disco de 245 a 405 mm y cinco ejemplares machos de 340 a 505 mm. Mediante disección se expuso la cavidad visceral y se removieron el hígado y el tracto digestivo con el objeto de exponer el sistema urogenital.

Se describió de manera general la organografía de la cavidad visceral. Se establecieron relaciones topográficas del sistema excretor con el esqueleto y otros sistemas. Se siguió la terminología de Cervigón (1980) para el esqueleto.

Se realizaron comparaciones de los riñones de *G. micrura* con especies representativas de otras familias, a saber: *Narcine brasiliensis*, *Rhinobatos lentiginosus*, *Raja texana*, *Dasyatis sabina* y *Urotrygon chilensis*.

Las ilustraciones se realizaron mediante una cámara lúcida, acoplada a un microscopio estereoscópico Wild M3Z.

### Resultados

La cavidad visceral tiene un aspecto ventral ovalado (Fig. 1 b) y está aplanada dorsoventralmente. Está delimitada anteriormente por el septo transversal y la amplia barra coracoides de la cintura escapular. Lateralmente está delimitada por

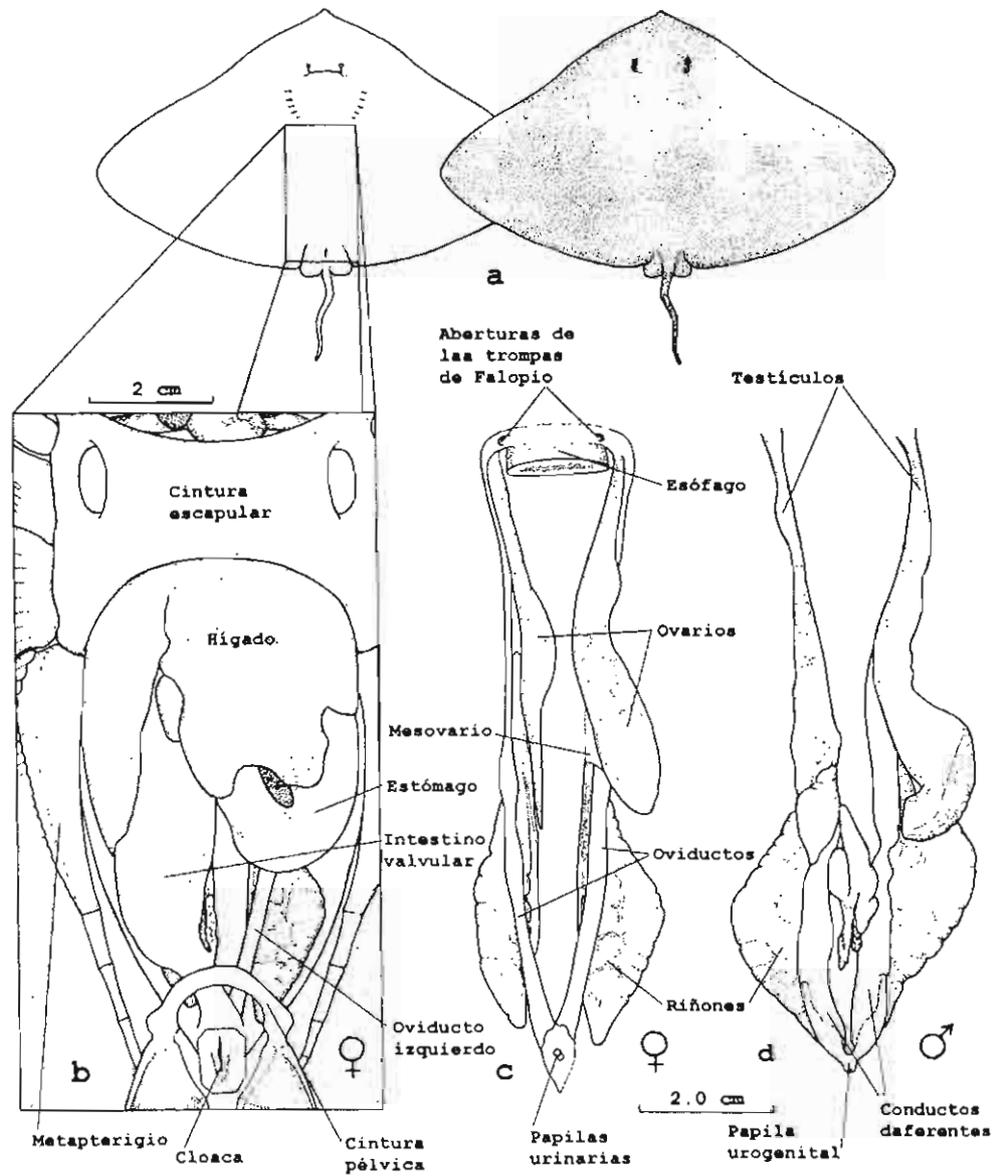


Fig. 1. Sistema urogenital de *Gymnura micrura*. a) vistas ventral y dorsal de la hembra; b) vista ventral de la cavidad visceral; c) vista ventral del sistema urogenital de la hembra; d) vista ventral del sistema urogenital del macho.

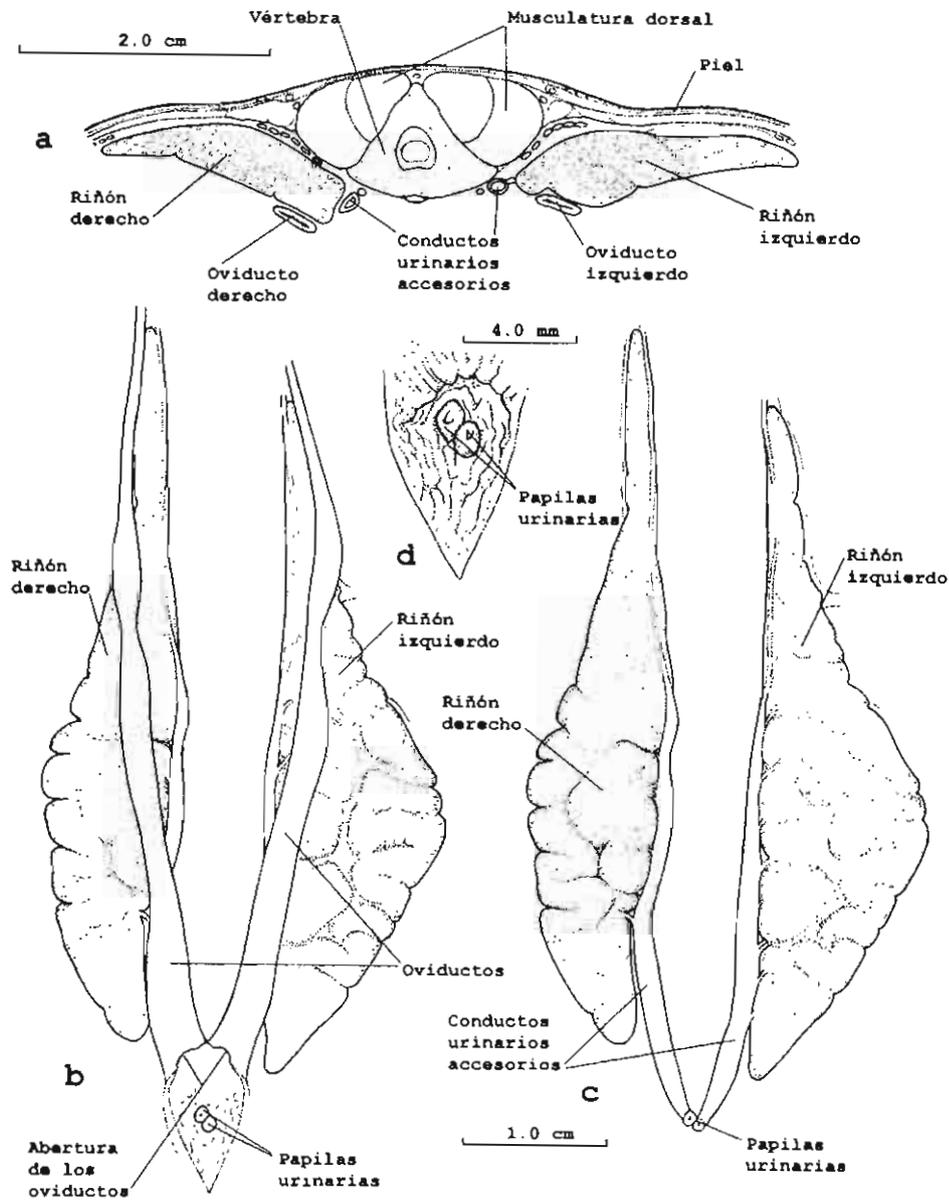


Fig. 2. Sistema excretor de la hembra de *Gymnura micrura*. a) corte transversal del techo de la cavidad visceral y los riñones; b) vista ventral de los riñones y los oviductos; c) vista ventral de los riñones y los conductos urinarios accesorios; d) vista ventral de la cloaca.

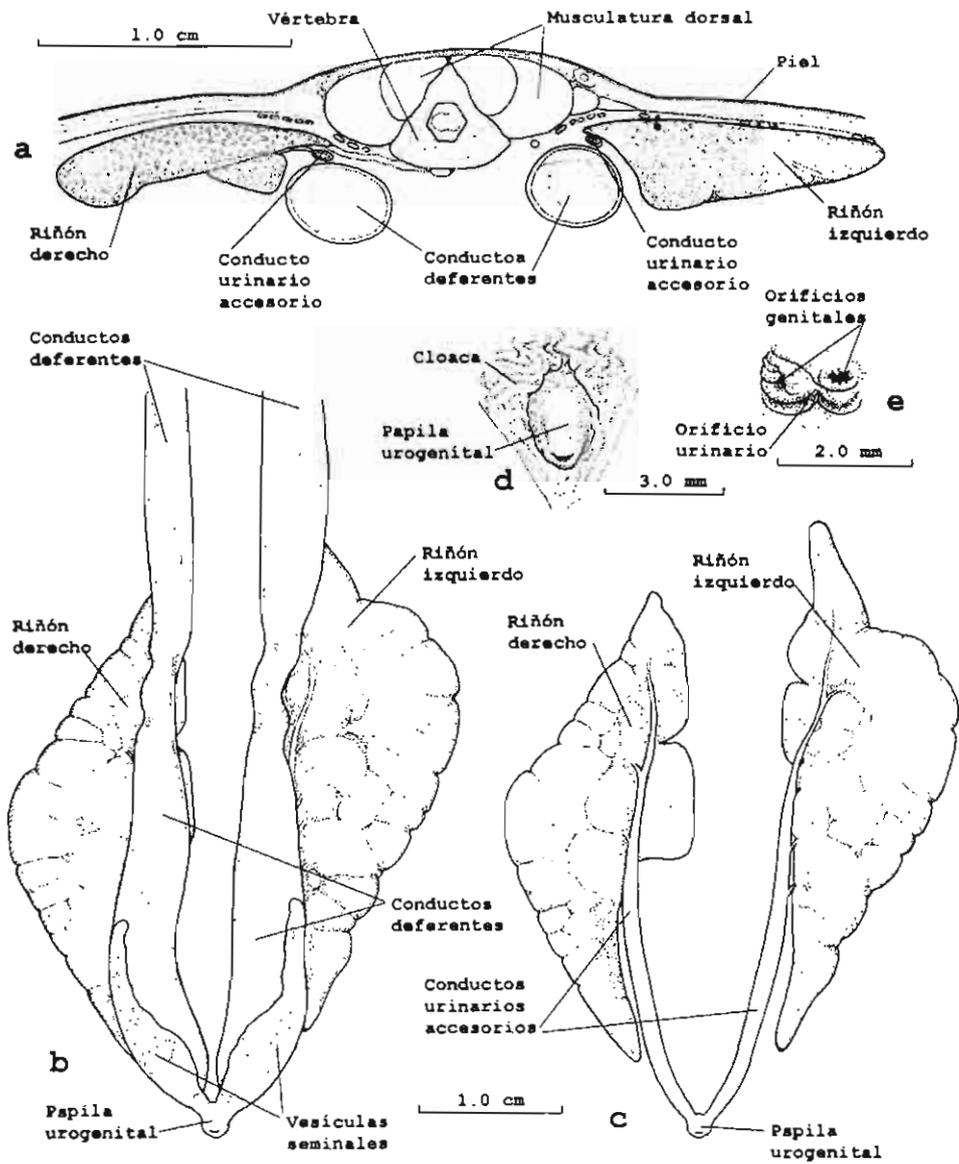


Fig. 3. Sistema excretor del macho de *Gymnura micrura*. a) corte transversal del techo de la cavidad visceral y los riñones del macho; b) vista ventral de los riñones y los conductos deferentes; c) vista ventral de los riñones y los conductos urinarios accesorios; d) vista ventral de la papila urogenital; e) vista posterior de la papila urogenital.

los cartílagos metapterigios de las aletas pectorales. Posteriormente termina más atrás del cartílago isquípúbico de la cintura pélvica.

El mayor volumen de la cavidad visceral lo ocupa el tracto digestivo con sus glándulas anexas, y en segundo término el sistema urogenital, el cual es de carácter pareado (Fig. 1 c, d).

Tanto los ovarios como los testículos (Fig. 1 c, d) son aplanados y están asociados con los órganos epigonales. El ovario izquierdo es más grande que el derecho. Los ovarios y los órganos epigonales están sostenidos por los mesovaria. Cada oviducto está en contacto con el órgano epigonal en su tercio anterior. Cada trompa de Falopio se abre independientemente una de la otra, en la parte ventrolateral del esófago (Fig. 1 c); posteriormente se abren las dos oviductos por separado en la parte anterior de la cloaca (Fig. 2 b).

Cada testículo asociado con el órgano epigonal, está sostenido por el mesorquio, y es de forma irregular. Cada conducto deferente está en contacto con la parte dorsal del testículo (Fig. 1 d), y se continúa hacia atrás con un diámetro relativamente amplio. A partir del extremo posterior de cada conducto deferente se desprende una vesícula seminal, de aspecto esponjoso, que se adosa ampliamente a su pared ventrolateral (Fig. 3 b). Ambos conductos deferentes se abren mediante dos orificios, colocados en el extremo de la papila urogenital (Fig. 3 e).

Los dos riñones se encuentran extraperitonealmente en el techo de la parte posterior de la cavidad visceral, a ambos lados de la columna vertebral (Fig. 2 a, 3 a). Son aplanados, de forma triangular y de aspecto multilobular (Fig. 2 b, c; 3 b, c).

Su superficie ventral está modificada principalmente por el paso de los oviductos y de los conductos deferentes. Asimismo, el riñón derecho tiene la impresión del intestino valvular.

Los numerosos conductos urinarios parten de los lóbulos renales y se unen finalmente a un solo conducto urinario accesorio, ubicado en el borde medial del riñón (Fig. 2, 3).

Los dos conductos urinarios accesorios se continúan hacia atrás para alcanzar la cloaca, donde se abren en las hembras en dos pequeñas papilas urinarias (Fig. 2 d), mientras que en los machos se abren mediante una sola abertura en el extremo de la papila urogenital (Fig. 3 d, e). Las papilas urinarias y la urogenital se ubican en el techo de la cloaca.

### Discusión

En términos generales se ha prestado más atención a la anatomía del sistema urogenital de algunos grupos de tiburones, que el de los Rajiformes (rayas y mantas). De este sistema, la morfología de los riñones es la menos conocida.

El sistema urogenital de la raya *Gymnura micrura* manifiesta una condición pareada, sin embargo, aparentemente solo el ovario izquierdo es funcional, lo que corresponde con lo descrito por Villavicencio-Garayzar (1995) en *Gymnura*

*marmorata*. A diferencia de las gónadas de los tiburones, las de *G. micrura* tienen forma de cinta, correspondiendo con la condición aplanada de los testículos de *Raja erinacea*, que describe Pratt Jr. (1988). Los ejemplares examinados son inmaduros y no presentaron embriones, sin embargo, los oviductos de *G. micrura* se observan del mismo grosor, lo que significa que ambos son funcionales. Según Daiber & Booth (1960) esta especie tiene ambos oviductos funcionales y lleva embriones desde la talla de 68 cm de anchura del disco. Esto contrasta con lo descrito por Villavicencio-Garayzar (1995) en *Dasyatis sabina* y *D. brevis*, especies en las que solo el oviducto izquierdo es funcional.

Mientras que en los tiburones y en el género de raya *Torpedo* (Romer, 1962), las trompas de Falopio se abren anteriormente en una sola abertura, en *G. micrura*, cada trompa se abre independientemente en un ostium.

La localización topográfica extraperitoneal de los riñones de *G. micrura* en el techo de la cavidad visceral, a los lados de la aorta dorsal, es la misma que Hickman & Trump (1969) y Lacy & Reale (1999) señalan para los Elasmobranchii en general. La forma general de los riñones de *G. micrura* es similar a la de representantes de las familias de rayas: Narcinidae, Rhinobatidae, Rajidae, Dasyatidae y Urolophidae, por lo que probablemente sea el patrón morfológico del orden Rajiformes.

La depresión o aplanamiento dorsoventral del cuerpo de *G. micrura*, así como también de otros Rajiformes, implica el aplanamiento dorsoventral del neurocráneo, las cavidades bucofaríngea y visceral y de la mayor parte de los órganos, como los riñones de *G. micrura*. La depresión de los riñones es descrita por Lacy & Reale (1999) en los elasmobranquios en general.

Mientras que en los Teleostei el riñón izquierdo y el derecho muestran una fuerte tendencia a fusionarse en su mayor longitud, en los Elasmobranchii se mantienen separados, como se observa en *G. micrura* y otros Rajiformes.

La presencia del conducto urinario accesorio en cada riñón, representa la culminación de una tendencia evolutiva en los condríctios, consistente en la pérdida del conducto arquinéfrico en las hembras y de su transformación en los machos en el conducto deferente, que transporta el esperma (Romer 1962). La porción anterior de los riñones tiende en los condríctios a asociarse en los machos con los testículos, mientras que en las hembras degenera.

En términos generales en los peces, la superficie de los riñones adquiere la forma que le imprimen las estructuras vecinas. Así, en los teleósteos en general, los riñones tienen la impresión de las vértebras precaudales, del esófago y de la vejiga natatoria, y en particular en los Perciformes, de los músculos retractores dorsales como se observa en *Bairdiella* y *Stellifer* (Kobelkowsky 1999). En los Rajiformes como *G. micrura* el riñón derecho tiene en su cara ventral la impresión del intestino valvular, y ambos riñones en las hembras tienen la impresión de los oviductos mientras que en los machos de los conductos deferentes.

El dimorfismo sexual del sistema excretor se observa en la presencia de dos pequeñas papilas urinarias en las hembras y una papila urogenital prominente en los machos.

**Agradecimientos.** El presente trabajo se realizó con el apoyo del CONACYT, convenio D0254-N9201 y de la Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Iztapalapa.

### Literatura citada

- CASTRO-AGUIRRE, J.L. & H. ESPINOSA P. 1996. *Listados Faunísticos de México. VII Catálogo sistemático de las rayas y especies afines de México (Chondrichthyes: Elasmobranchii: Rajiformes: Batoideiomorpha)*. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, 75 p.
- CERVIGÓN, F. 1980. *Ictiología marina*. Impresión Editorial Arte, Caracas. 358 p.
- CERVIGÓN, F., R. CIPRIANI, W. FISCHER, L. GARIBALDI, M. HENDRICKX, A.J. LEMUS, R. MÁRQUEZ, J.M. POUTIERS, G. ROBAINA & B. RODRÍGUEZ. 1992. *Guía de campo de las especies comerciales marinas y de aguas salobres de la costa septentrional de Sur América*. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Roma. 513 p. 40 láms.
- DAIBER, F.C. & R.A. BOOTH. 1960. Notes on the biology of the butterfly rays, *Gymnura altavela* and *Gymnura micrura*. *Copeia* 1960(2):137-139.
- ECKERT, R. 1988. *Fisiología animal. Mecanismos y adaptaciones*. Interamericana-McGraw-Hill, Madrid. 683 p.
- GERARD, P. 1954. Organes uro-genitaux. In: P.P. Grassé (ed.) *Traité de zoologie, vol. 12*. Masson, Paris, pp. 974-1043.
- HICKMAN, C.P. JR. & B.F. TRUMP. 1969. The kidney. In: W.S. Hoar & D.J. Randall (eds.) *Fish physiology, vol. 1. Excretion, ionic regulation, and metabolism*. Academic, New York, pp. 91-239.
- KOBELKOWSKY, A. 1999. El sistema urogenital de los géneros *Bairdiella* y *Stellifer* (Pisces: Sciaenidae). *Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural* 49:153-162.
- LACY, E.R. & E. REALE. 1999. Urinary system. In: W.C. Hamlett (ed.) *Sharks, skates, and rays. The biology of elasmobranch fishes*. The Johns Hopkins University Press, Baltimore, pp. 353-397.
- MCEACHRAN, J.D. & B. SERET. 1990. Gymnuridae. In: J.C. Quero, J.C. Hureau, C. Karrer, A. Post y L. Saldanha (eds.). *Check list of the fishes of the eastern tropical Atlantic*. JNICT, Lisboa, SEI, Paris, & UNESCO, Paris, pp. 64-66.
- PRATT, Jr. H.L. 1988. Elasmobranch gonad structure: A description and survey. *Copeia* 1988(3):719-729.
- ROMER, A.S. 1962. *The vertebrate body*. Saunders, Philadelphia. 475 p.
- VILLAVICENCIO-GARAYZAR, C.J. 1993. Notas sobre *Gymnura marmorata* (Pisces: Dasyatidae) en Bahía Almejas, B.C.S., México. *Revista de Investigaciones Científicas Serie Ciencias Marinas UABCS* 4(1):91-94.
- VILLAVICENCIO-GARAYZAR, C.J. 1995. Distribución temporal y condición reproductiva de las rayas (Pisces: Batoidei), capturadas comercialmente en Bahía Almejas, B.C.S., México. *Revista de Investigaciones Científicas Serie Ciencias Marinas UABCS* 6(1-2):1-12.

Recibido: 7. X. 2003

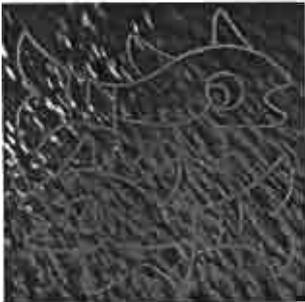
Aceptado: 10. XII. 2003

General Anatomy  
and Sexual  
Dimorphism of  
*Goodea Atripinnis*  
(Teleostei:  
Goodeidae)

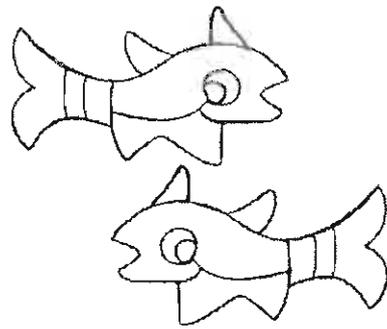
Abraham Kobelkowsky

Laboratorio de Peces. Universidad Autónoma Metropolitana,  
Unidad Iztapalapa. Av. San Rafael Atlixco No. 186, Col.  
Vicentina, Iztapalapa, 09340 México, DF, México.

General Anatomy  
and Sexual  
Dimorphism of  
*Goodea Atripinnis*  
(Teleostei:  
Goodeidae)



Abraham  
Kobelkowsky



**Abstract**

The presence of posterior processes of the epiotics in *Goodea atripinnis* is a common character of the Atherinomorpha; and the subdivision of the supraoccipital crest is a common character of the Cyprinodontiformes. The metapterygoid and ectopterygoid are absent. The first neural arch is open. In this species there are: five branchiostegal rays, 19 o 20 precaudal vertebrae, 19 caudal vertebrae, one epural, 12 epipleural ribs, 17 o 18 pleural ribs, 14 dorsal pterygiophores, 15 anal pterygiophores. The anterior mandibular teeth are bifid, whereas the posterior teeth are pointed. The *adductor mandibulae* muscle divides into the bundles A1 and A2. The muscles *adductor arcus palatini*, *pharyngoclavicularis externus*, *dilatator operculi*, and *levator operculi* are extensive. The esophagus is especially wide. The length of digestive tract is 230% of standard length. The swim bladder is unicameral. Both kidneys are fused together, but archinephric ducts are separated from each other. The ovaries are fused together, maintaining a complete interovarian septum. Testes are fused together along the first third. The venous sinus of the heart is short. The olfactory organ is flat. Pores of the lateral line system are dense on the dorsolateral part of head. Secondary sexual characters are recognized: the longer body size and lesser inclination of the base of anal fin of females; the presence of the andropodium, the longer anal pterygiophores and rays, the greater volume of the anal musculature, as well as the presence of a slit in the urogenital papilla in males.

**Resumen**

La subdivisión de la cresta supraoccipital y la presencia del proceso posterior de los epióticos de *Goodea atripinnis* son caracteres comunes del orden Cyprinodontiformes. Se encuentran presentes en esta especie, el metapterygoides y el ectopterygoides. El primer arco neural es abierto. Se cuentan cinco radios branquiostegos, 19 o 20 vértebras precaudales, 19 vértebras caudales, un epural, 12 costillas epipleurales, 17 o 18 costillas pleurales, 14 pterigióforos dorsales y 15 pterigióforos anales. Los dientes mandibulares anteriores son bífidos, mientras que los posteriores son puniaguados. El músculo *adductor mandibulae* se divide en los paqueres A1 y A2. Son notables los músculos *dilatator operculi*, *levator operculi* y *pharyngoclavicularis externus*. El esófago es considerablemente amplio. La longitud del tracto digestivo corresponde al 230% de la longitud patrón. La vejiga natatoria es unicameral. Los dos riñones se fusionan, sin embargo, los conductos arquinefricos están separados uno del otro. Los ovarios se fusionan conservando el septo interovárico. Los testículos también se fusionan en su primer tercio. El seno venoso es corto. Los órganos del olfato son aplanados. Los poros del sistema de la línea lateral se concentran en las partes dorsolaterales de la cabeza. Como caracteres sexuales secundarios en *G. atripinnis* se reconocen los siguientes: el mayor tamaño del cuerpo de las hembras y la menor inclinación de la base de su aleta anal; la presencia del andropodium en los machos, así como la mayor longitud de los pterigióforos y radios anales, el mayor volumen de la musculatura de la aleta anal, y la presencia de una pequeña hendidura en la papila urogenital.



## Introduction

*Goodea atripinnis* Jordan, 1880 is an endemic species from the river basin of Lerma-Chapala (Espinosa *et al.* 1993). Webb (1998) suggests that *G. luitpoldii* and *G. gracilis* should be synonymized with *G. atripinnis*.

The scarce anatomical studies of goodeids are largely on the histological aspects of gonads and trophonemata (Turner, 1937, Lombardi and Wourms, 1985, Wourms *et al.* 1988, Grier *et al.* 1978); on the ontogeny (Díaz-Pardo and Ortiz-Jiménez, 1986).

The unique work on anatomy of *Goodea atripinnis* is that of Nelson (1975) on the structure of the so-called "urogenital organ" in males.

The goal of the present paper is the general anatomical description of the systems of *Goodea atripinnis*, with emphasis on the secondary sexual characters.

### Materials and methods

A sample of 20 adult females and 20 adult males of *Goodea atripinnis*, collected from the river Tula, Hidalgo, México, was studied. The material is kept at the Laboratorio de Ictiología of the Escuela Nacional de Ciencias Biológicas of the Instituto Politécnico Nacional.

The anatomical analysis was made using a stereoscopic microscope. The skeleton was prepared manually and cleared and stained with alizarin red. The sizes of some structures were measured in relation to the standard length (SL). The inclination of the anal fin base of both sexes was measured.

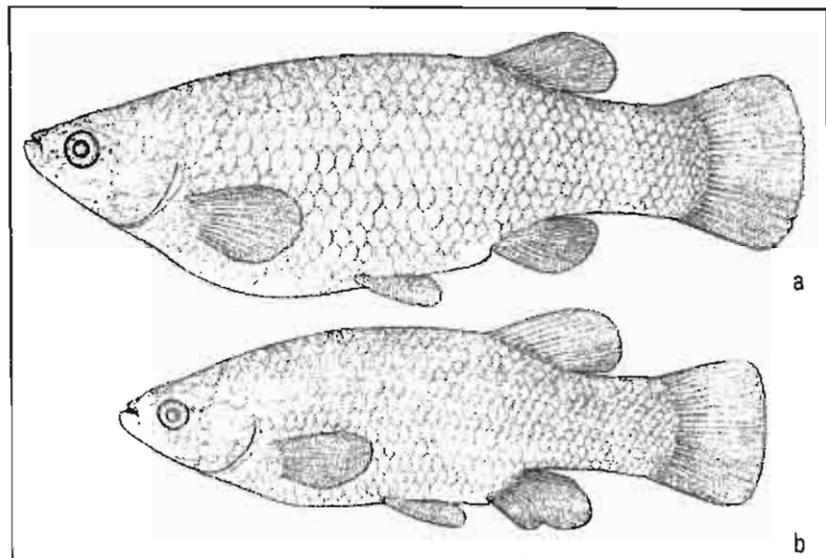


Figure 1. External morphology of *Goodea atripinnis*. a) Female. b) Male

The figures were made using a camera lucida attached to a Wild M3Z dissection microscope.

Terminology of the cranial bones follows that of Gregory (1959) Rosen and Bailey (1963) and Parenti (1981), and the terminology of muscles follows Winterbottom (1974).

To make comparisons among atherinomorph fishes, some specimens of the families Atherinidae (*Menidia*, *Membras*), Belontiidae (*Hyporhamphus*), Fundulidae (*Fundulus*), Anablepidae (*Anableps*), Poeciliidae (*Poecilia*), and Cyprinodontidae (*Lucania*) were used.



Table 1.  
Sexual dimorphic characters of *Goodea atripinnis*.

| Character  | Females   | Males            |
|--|-----------|------------------|
| Standard length average  | 89 mm     | 74 mm            |
| Dorsal rays average  | 13        | 14               |
| Anal fin shape   | Normal    | With andropodium |
| Anal fin length-SL ratio   | 9.07      | 6.22             |
| Anal fin base-SL ratio   | 10.62     | 8.38             |
| Anal fin base inclination  | About 26° | About 40°        |
| Largest anal pterygiophore, and muscle-SL ratio  | 10.8      | 8                |
| Muscles <i>erectores anales</i> , and <i>depressors anales</i> width                       | Lesser    | Greater          |
| Level reached by the muscles <i>inclinator anales</i> in relation to the horizontal septum | About 47% | About 65%        |
| Width of posterior end of muscle <i>infracarinalis medius</i>                              | Lesser    | Greater          |
| The bilobed urogenital papilla   | Rounded   | Blunt            |

## Results

### External morphology

Adult females of *Goodea atripinnis* are about 20% larger than males (Fig. 1). The number of dorsal fin rays of females is generally 13, and of males 14. In males the first 6 rays of the anal fin are shorter and separated from the rest by a notch to form an andropodium (Fig. 1, 7).

The anal fin is larger in males, 6.22 into SL, and in females of 9.07 into SL. The length of the base of the anal fin in males is bigger, with a relation to SL of 8.38, and in females of 10.62 (Table 1). The inclination of the anal fin base in males is about 40°; whereas in females it is about 26° (Fig. 7, Table 1).

### Skeleton

The neurocranium of *Goodea atripinnis* is wide and dorso-ventrally flattened (Fig. 2).

The supraoccipital crest is divided into two posterior alary processes (Fig. 3), receiving the muscles *supracarinalis anteriores*. Each epiotic develops a posterior fragile alary process (Figs. 2, 3) receiving part of the musculature *epaxialis*.

The frontals are wide and asymmetrical. Nalsals are oval and convex. Each pterotic develops a wide shelf that includes the horizontal semicircular canal, and dorsally receives part of the axial musculature (Fig. 5 a); each spheno-otic has a ventral process joining the dermosphenotic.

From the anterior part of the neurocranium the wide and laminar vomer is projected anteriorly. The mesethmoid is cartilaginous, and the parasphenoid form a discrete ventral angle.

From the suborbital series, only the lachrymal and dermosphenotic are present; they carry part of the lateral line system (Fig. 2).

The premaxilla has a short ascending process and bears two kinds of teeth (Fig. 9 a, b). The maxilla is slender. The dentary has an irregular shape and bears two types of teeth. The articular has anteriorly the articular fossa, and therefore the articulation to the quadrate. Teeth on the premaxilla and dentary are arranged in two rows of marginal bifid teeth (Fig. 9), and an ensemble of shorter, conic teeth.

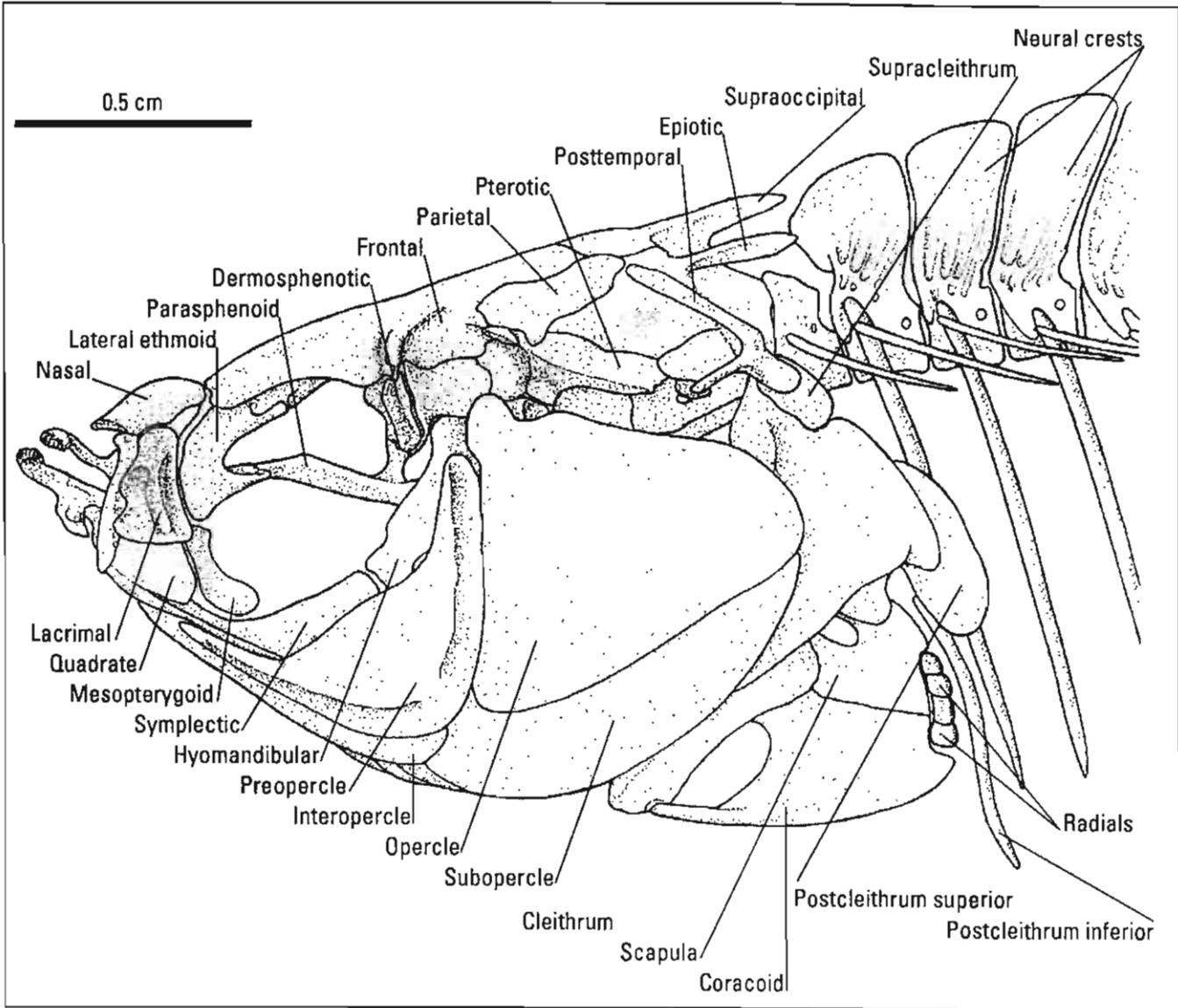
Bones of the mandibular suspension are slender (Fig. 2); the symplectic is remarkably large whereas the mesopterygoid is short. The metapterygoid and ectopterygoid are absent.

The hyoid apparatus has 5 branchiostegals (Fig. 5 b). The interhyal is small, the basihyal is slender (Fig. 4 g), and the urohyal is long and slender.

The branchial apparatus (Fig. 4 g) is formed by 3 slender basibranchials, 3 short hypobranchials, 4 long ceratobranchials, 4 epibranchials, the toothed lower pharyngeal and the 3 toothed pharyngobranchials. The last basibranchial is cartilaginous.

The upper and lower pharyngeal teeth are pointed and vary gradually from robust to setiform (Fig. 9 d, e).

19 or 20 precaudal vertebrae and 19 caudals plus the urostyle form the vertebral column. The first precaudal vertebrae (Fig. 4 a) has an open neural arch and lacks transverse processes. The remaining precaudal vertebrae have wide transverse processes. Vertebrae 2 to 6 develop neural crests (Fig. 2), whereas the rest bear neural spines. The first caudal vertebrae has one hemal arch with laminar lateral processes (Fig. 4 c).



The caudal complex (Fig. 4 e) includes one epural, the urostyle and the wide hypural plate, and the parhypural. However, the neural and hemal processes of the last four vertebrae additionally support the caudal rays. There are 12 epipleurals; the first one corresponds to the first vertebra, but does not contact it; the rest of the epipleurals join the pleural ribs (Fig. 2). These are 17 or 18 articulating to vertebrae 2 to 19 or 20.

There are 14 dorsal proximal pterygiophores, and 15 anal pterygiophores. The anal proximal pterygiophores are larger in males than in females; the most larger anal proximal pterygiophore of males fits 8.0 times in the standard length; whereas in females 10.8 times (Table 1).

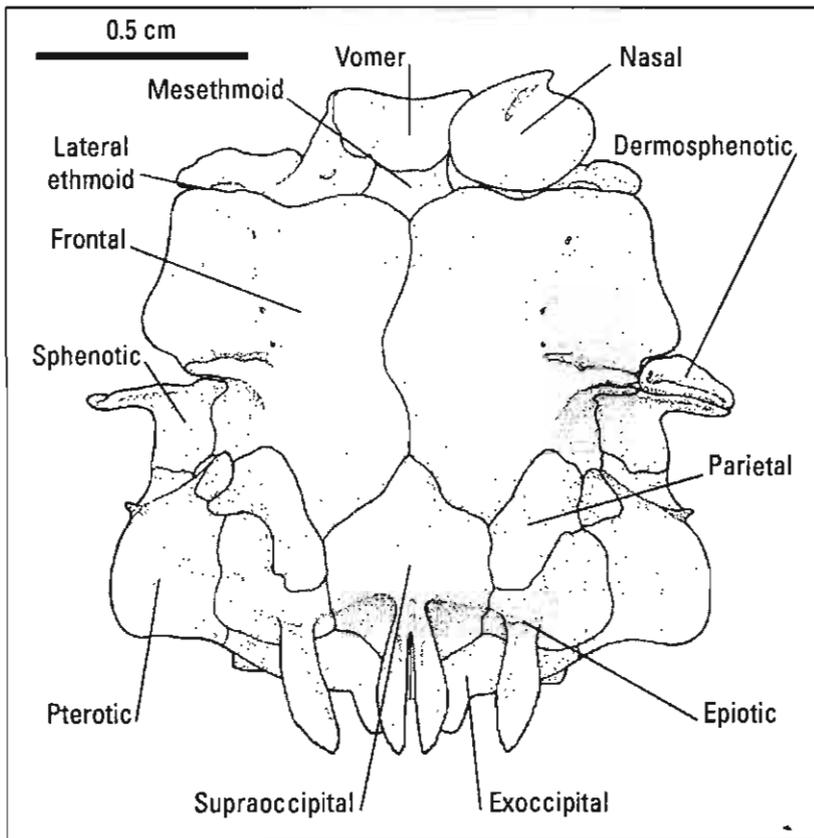
The pectoral girdle (Fig. 2) has the posttemporal slender and forked, with a large superior process. The supracleithrum is short, and from it Baudelot's ligament originates and inserts on the basioccipital. The postcleithrum superior is oval and laminar, whereas the postcleithrum inferior is slender; both postcleithra contact the first pleural rib.

The two bones of the pelvic girdle are triangular and have overlapping medial processes.

#### Musculature

Among the visceral muscles of *G. atripinnis*, the largest muscle is the *adductor mandibulae* which

**Figure 2.** Cephalic skeleton of *Goodea atripinnis*. Lateral view



**Figure 3.**  
Neurocranium of *Goodea atripinnis*.  
Dorsal view

is straight, oriented longitudinally (Fig. 5 a); and subdivided into the bundles *A1* and *A2*. Likewise, is an extensive muscle the *adductor arcus palatini*.

The first four branchial arches have laterally the 4 muscles *levatori externi* (Fig. 5 b), and the fifth arch has the *levator posterior*.

The *dilatator operculi* and *levator operculi* muscles (Fig. 5 a) are relatively broad.

The *retractor dorsalis* muscle (Fig. 5 b) inserts on the two first precaudal vertebrae.

The *pharyngoclavicularis externus* muscle has an especially wide insertion on the fifth ceratobranchial, whereas the *pharyngoclavicularis internus* is slender (Fig. 5 b).

The musculature of the dorsal and anal fins (Fig. 7) consists of the *inclinatores anales*, *erectores anales* and *depressores anales*.

The *inclinatores anales* muscles originate from the fascia between the skin and the axial musculature (Fig. 7 c, d); its longitude is bigger in males, occupying the 64.3% of the distance from the fin base to the horizontal septum, whereas in females it occupies 46.9%.

The *erectores anales* originate from the lateral face of the proximal pterygiophores and insert

widely on the anterolateral part of base of the rays; those of males are wider and longer (Fig. 7), including eight times its length in the standard length, whereas in females about 10.8. These muscles are broader near the insertion. The upper part of the first erector is more massive than the rest of erectors and the muscle inserts by a tendon on the first anal rays.

The *depressores anales* muscles (Fig. 7) originate from the proximal pterygiophores and insert on the posterior part of the anal rays bases; those of males are larger.

Anterior to the anal musculature and upon the urogenital organ, the *infracarinal medius* muscle originates and surrounds part of the spermatic and urinary ducts of males. In females this muscle surrounds the urinary duct and oviduct. It is thicker in males.

From the caudal skeleton (Fig. 6), the muscles *flexor ventralis* and *flexor dorsalis* are wide. They originate from the last 4 centra and hemal and neural spines respectively. The *flexor ventralis* muscle inserts on the lateral bases of the ventral branched rays, whereas the *flexor dorsalis* inserts on the dorsal rays. The *hypochordal longitudinalis* muscle originates on the hypural plate and inserts on dorsal rays 4 and 5.

The *supracarinalis posterior* and *infracarinalis posterior* muscles run posteriorly in the shape of small fans on the dorsal and ventral procurrent rays (Fig. 6).

#### Digestive system

*Goodea atripinnis* has the mouth horizontal and dorsally oriented. The premaxillary and dentary marginal teeth are arranged in two rows of setiform and bifid elements (Fig. 9 a, b), followed of a nonossified matrix. A set of small conic teeth is on the roof and floor of the buccal cavity.

The buccopharyngeal cavity shows the oral valve and lacks teeth on the palate, tongue and gill rakers.

The gill rakers average 47 are, and are laminar and triangular (Fig. 9 f).

The esophagus is especially wide (Figs. 5 b, 9 g, 10 b), whereas the stomach is slender and long. There is no pyloric caeca. The coiling pattern of the intestine is concentric in the right side of the liver, posterior to which it is straight. The length of the digestive tract is more than 230° of the standard length.

The liver includes on the left side a short and a large lobe, (Figs. 8, 9 g). On the right side a



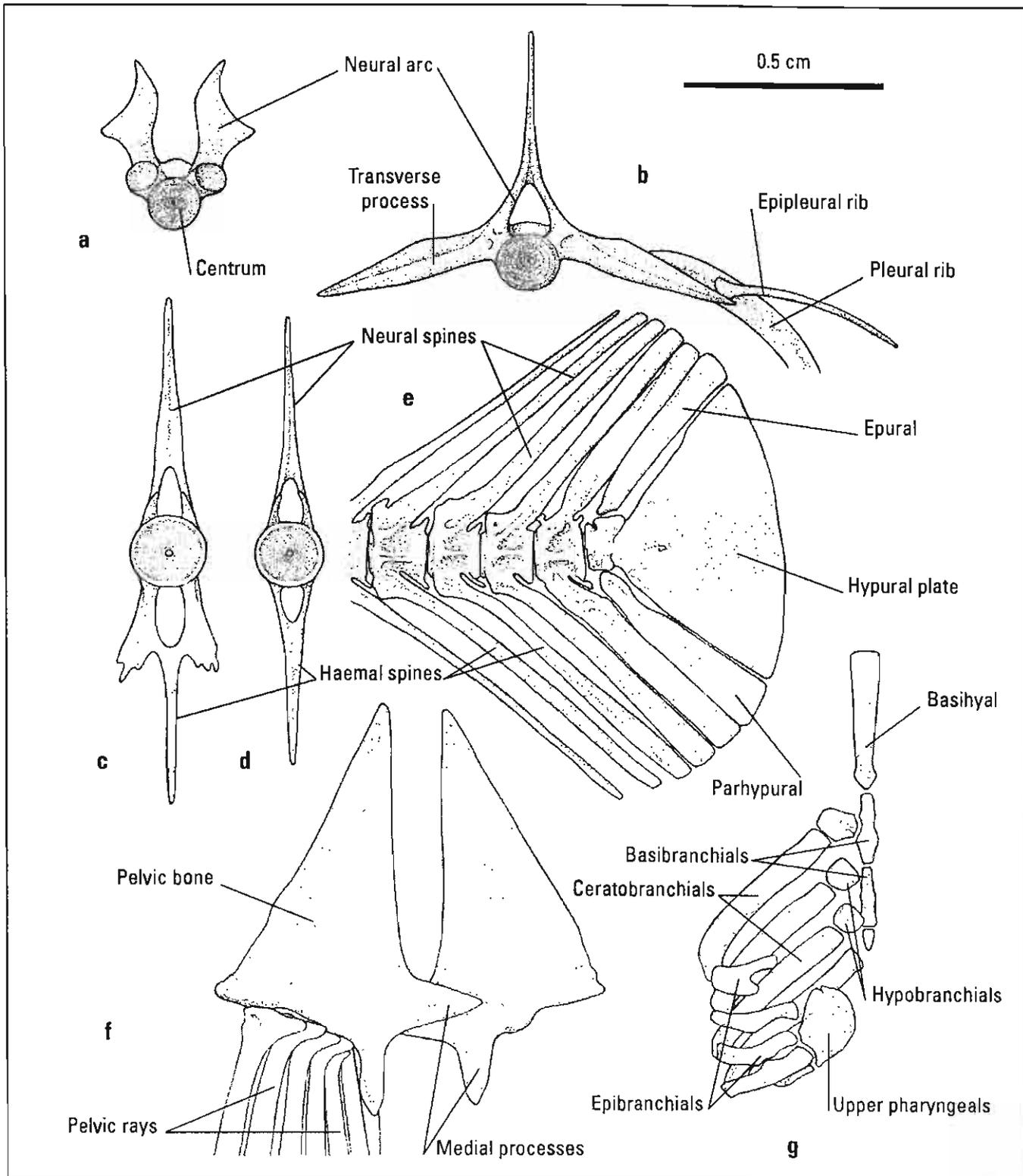


Figure 4. Skeleton of *Goodea atripinnis*. a) Anterior view of the first precaudal vertebra. b) Anterior view of the fifth vertebra, showing the articulation of ribs. c) First caudal vertebra. d) Fifth caudal vertebra. e) Caudal complex. f) Dorsal view of the pelvic girdle. g) Dorsal view of the branchial apparatus

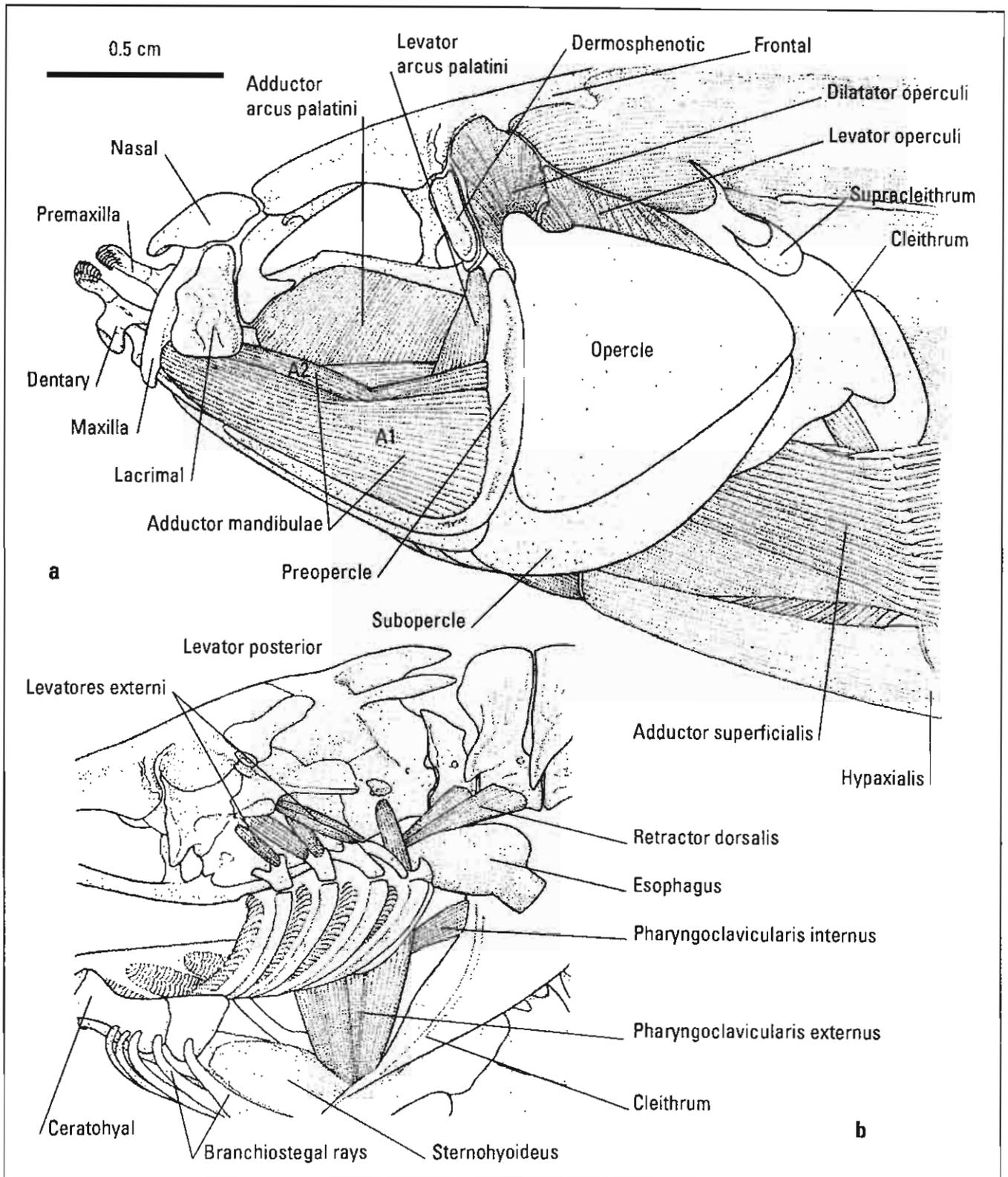


Figure 5. Cephalic musculature of *Goodea atripinnis*. a) Lateral view of the cheek musculature, and pectoral fin. b) Left lateral view of the branchial musculature

short hepatic lobe is developed, bordering the gall bladder (Fig. 9 g). Dorsally the spleen is between the stomach and the intestinal loops.

The swim bladder (Fig. 8) is unicameral and extends from the renal lobes until the posterior part of the visceral cavity; it shows the *rete mirabile* in the anterior ventral part.

#### *Urogenital system*

Kidneys fuse together. It is constituted by two wide lobes surrounding the esophagus (Figs. 8, 10). Both renal lobes are dorsally separated by a notch (Fig. 10 a), through which the *retractores dorsalis* pass from the pharyngobranchials to the two first vertebrae (Fig. 5 b). Each lobe contacts the sinus venosus of the heart (Figs. 8, 10 b).

The rest of the kidneys extends along the precaudal vertebrae. Since the renal mass occupies the middle part of each vertebral centrum, the ventral aspect of the kidney is stair-like (Fig. 10 a).

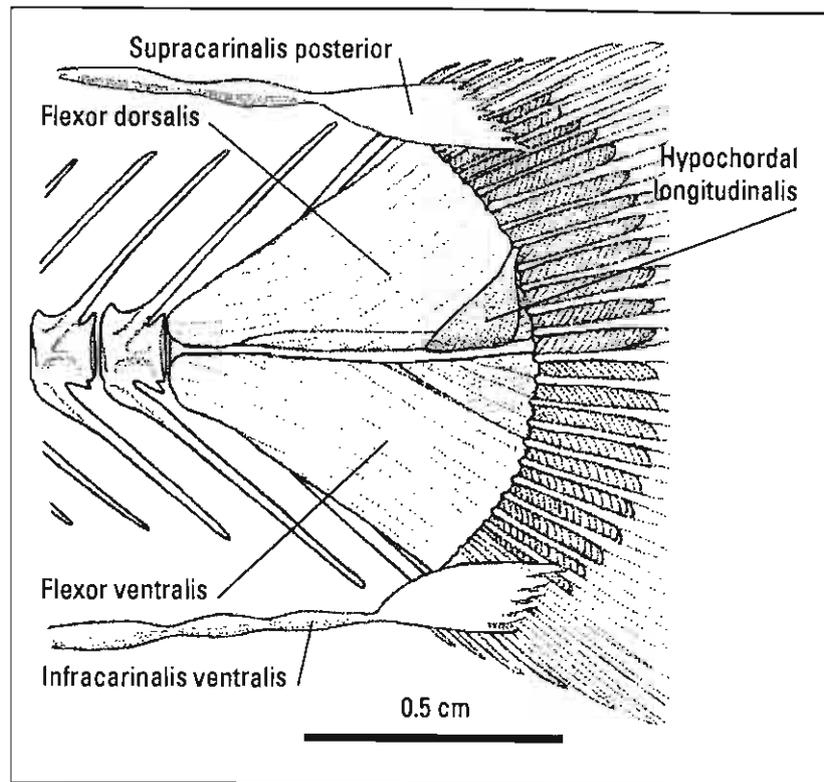
The two archinephric ducts start from the posterior face of each renal lobes and run separately along the ventral part of precaudal vertebrae, the anterior part of the first anal spine, and the anal fin musculature. Both ducts join the urinary bladder (Figs. 7 a, 8, 10 c), which has a funnel shape and continues postero-ventrally as the common urinary duct inside the urogenital organ. This opens outside by the urinary opening in the female; in the male the common urinary duct fuses with the common spermatic duct to become the urogenital duct inside the urogenital organ, which exits via the urogenital papilla of *G. atripinnis* is bilobed, being shorter in females and longer and straight in males (Fig. 10 d, e).

Ovaries (Fig. 11 a) fuse together with a tendency to have the left larger, and the right wider. In *G. atripinnis* the longitudinal septum separating the ovaries is complete (Fig. 11 b). The oviduct or female gonoduct is relatively short and exits via the genital opening, immediately preceding the urinary opening.

The testes are elongate and fused together along the anterior third, which is rugged and pigmented (Fig. 11 c). Inside each testis, the main testicular duct is located near the medial faces and exits posteriorly as spermatic duct.

#### *Circulatory system*

The heart has a relatively short sinus venosus, (Figs. 10 b, 11 a) which is hidden by the renal



**Figure 6.**  
Caudal musculature of *Goodea atripinnis*. Left lateral view

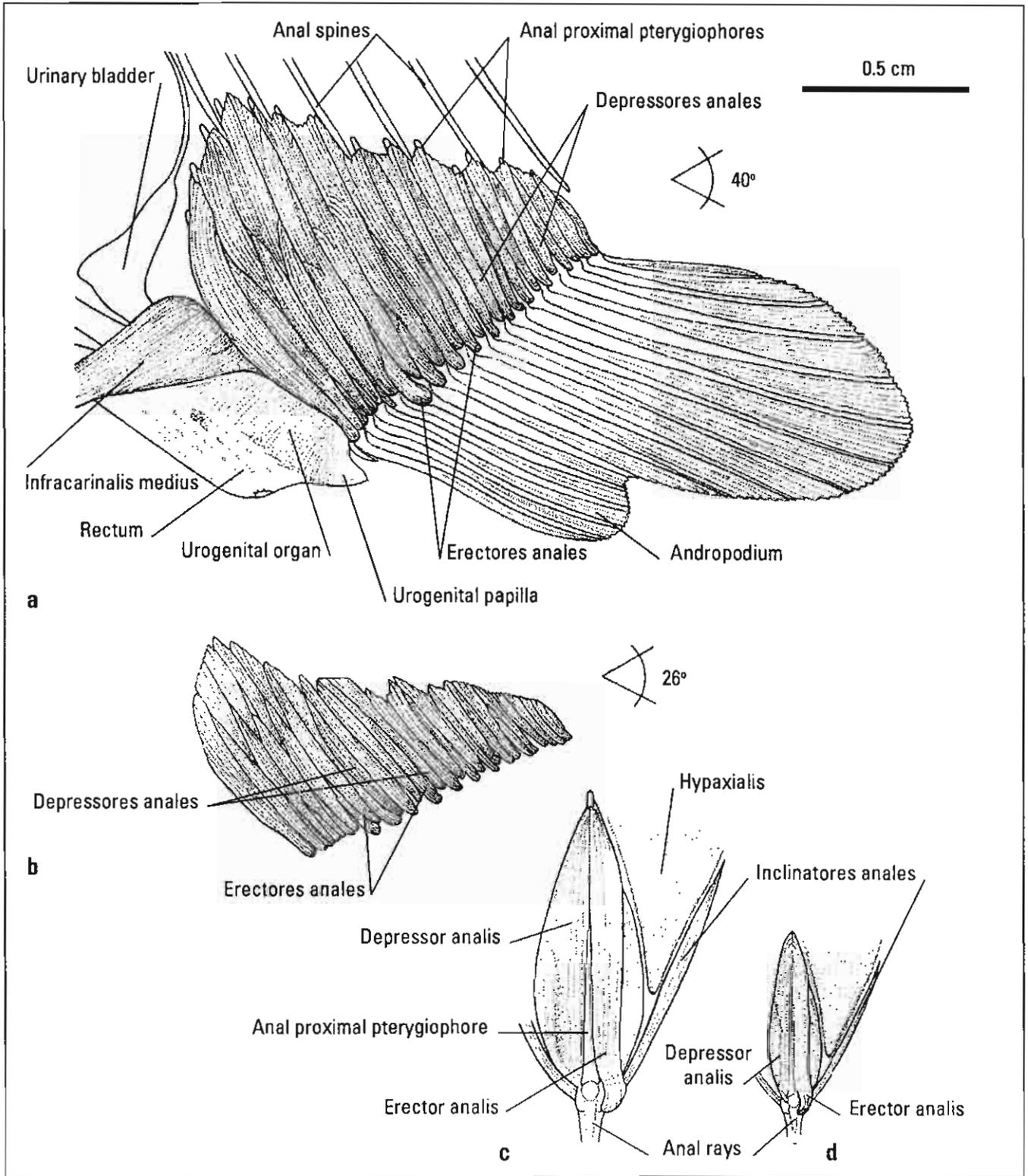
lobes; the auricle is asymmetrical and the ventricle is triangular. The ventral aorta is diagonal and branches anteriorly in two pairs of afferent branchial arteries, and posteriorly into other two pairs. Dorsal to the branchial arches, the efferent branchial arteries 1 and 2 join together, as well as arteries 3 and 4, forming the two roots that fuse to give rise to the dorsal aorta.

The dorsal aorta is located along the left side of the vertebral centra (Fig. 10 a). The celiac artery arises from the right side of the beginning of the dorsal aorta, marking the kidney with a ventral groove (Fig. 10 b). This artery courses dorsally along the esophagus and continues until the digestive tract.

The caudal vein continues forward through the kidney, as the slender right posterior cardinal vein. From the caudal vein arise two veins descending parallel to archinephric ducts, and running forward lateroventral to the swim bladder, until reach the renal lobes (Fig. 8).

#### *Nervous system and sense organs.*

The pores of the lateral line are concentrated on the dorsolateral part of the head (Fig. 13 d). The olfactory organ is flat and shows just a discrete



**Figure 7.** Musculature of the anal fin of *Goodea atripinnis*. a) Male. b) Female. c) and d) Anterior view of the anal musculature in male and female respectively



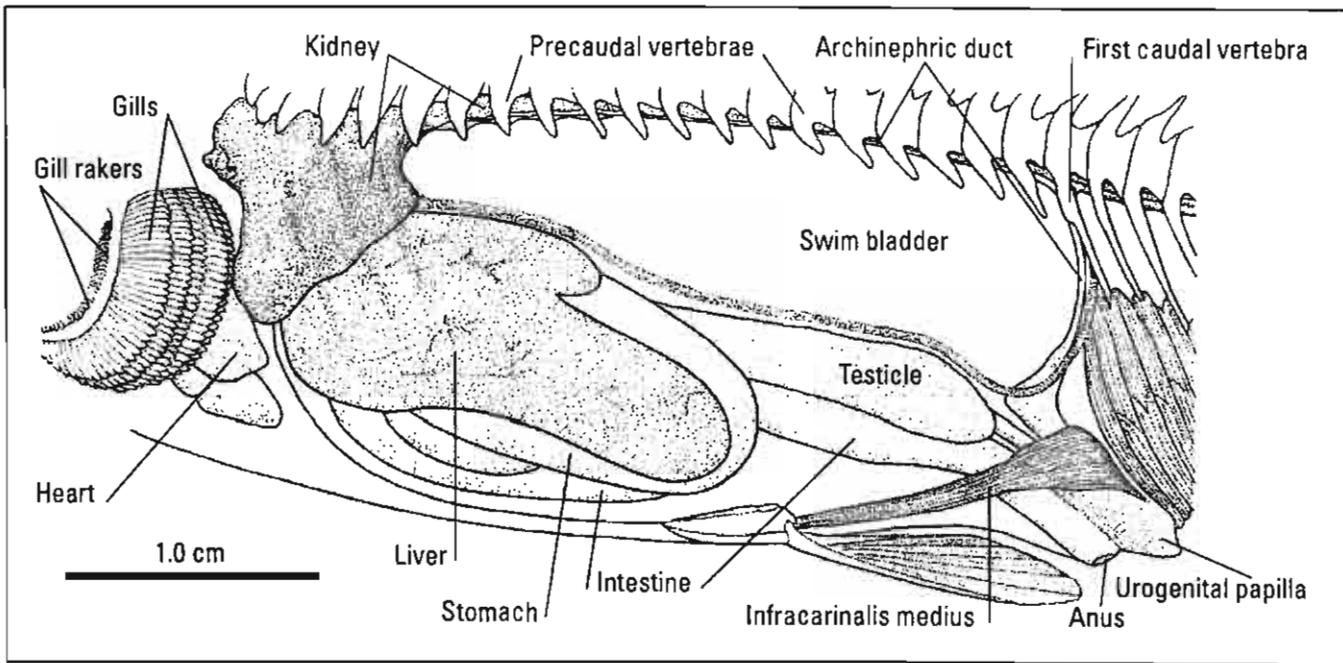


Figure 8.  
Celomic cavities of *Goodea atripinnis*. Left lateral view

folding (Fig. 13 a, b). The eye has the six ocular muscles (Fig. 13 a), innervated by the corresponding cranial nerves. The optic nerve enters the cerebral hemispheres anteroventrally. The inner ear (Fig. 13 a, c) has a small utriculum; the sacculus contains the large sagitta and the lagena the small asteriscus.

The brain (Fig. 13a) has anteriorly the olfactory bulbs, from which the olfactory nerves diverge until reaching the olfactory organs. The cerebral hemispheres are of medium size. The pineal organ is long and slender, and is oriented anteriorly. The optic lobes are conspicuous. The cerebellum forms laterally the auticular lobes. The medulla oblongata dorsally has the tela choroidea and is more slender to form the medulla.

#### Sexual dimorphism

The secondary sexual characters are shown in the Table 1.

#### DISCUSSION

The external morphology of *Goodea atripinnis* is representative of the subfamily Goodeinae. As in most Cyprinodontiformes, the dorsal position of the mouth and the posterior position of the dorsal fin, allows feeding near the water surface (Marshall, 1971).

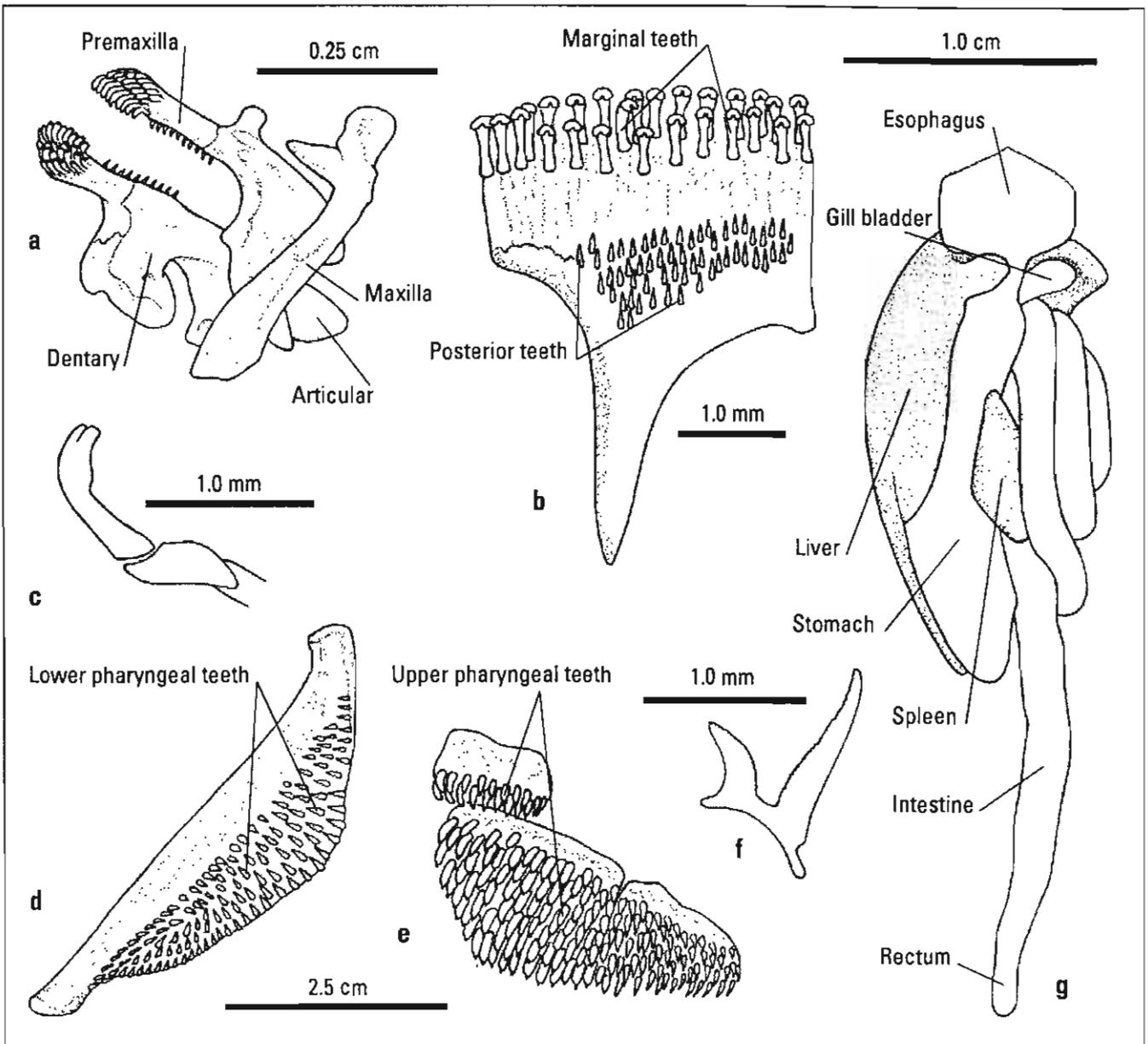
When comparing the neurocranium of *G. atripinnis* with that of representatives of the families Atherinidae, Belontiidae, Hemiramphidae, Fundulidae, Anablepidae, Poeciliidae and Cyprinodontidae, the posterior processes of epiotics are recognized as common throughout of the Atherinomotpha.

The supraoccipital crest divided into alar posterior processes is recognized also in Fundulidae, Anablepidae, Poeciliidae and Cyprinodontidae, and may be a plesiomorphic character of the Cyprinodontiformes.

While the alar processes of epiotics have been recorded in the families Atherinidae, Mugilidae and Sphyrænidae (Starks, 1899), and in Poeciliidae (Rosen and Bailey, 1963), the alar processes of the supraoccipital have only been described in Poeciliidae (Rosen and Gordon, 1963), not in Goodeidae. Although Gregory (1959) studied the neurocranium of *Orestias* (Cyprinodontidae), *Belonesox* (Poeciliidae) and *Fundulus* (Fundulidae), he did not describe the supraoccipital processes.

While in other teleosts the two *supracarinalis anteriores* muscles insert in both faces of the supraoccipital crest, in *G. atripinnis* and other Cyprinodontiformes, they insert on each supraoccipital posterior process.

While in the Poeciliidae the neural arches of the first vertebrae are open (Parenti, 1981), in *G. atripinnis* just the arch of the first vertebra is



**Figure 9.** Digestive system of *Goodea atripinnis*. a) Lateral view of the mandibular skeleton. b) Dorsal view of the dentary. c) Anterior mandibular tooth. d) Lower pharyngeal bone. e) Upper pharyngeal bones. f) Gill raker of the first arch. g) Dorsal view of the digestive tract

open. The neural crests of vertebrae 2 to 6 are similar to those described in *Hyporhamphus unifasciatus* by Parenti (1993) and Kobelkowsky and Reséndez (1972) in *Mugil cephalus* and *M. curema*.

The presence of the *retractores dorsales* muscles of the branchial arches, inserted on the first two vertebrae in *G. atripinnis* corresponds to the common character that Rosen (1973) recognized in the Acanthopterygii.

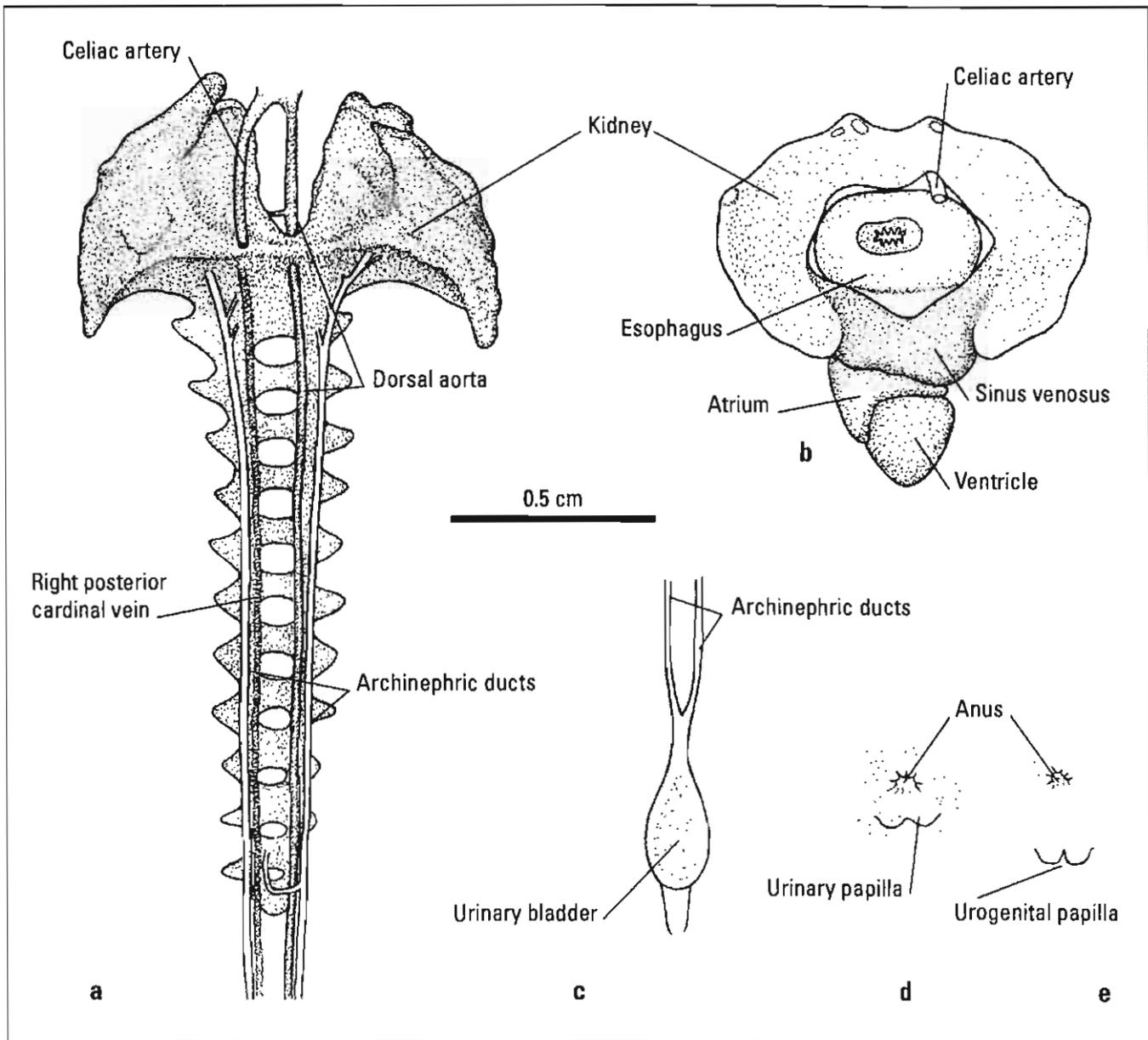
The broad *adductor arcus palatini* and *pharyngoelavicularis externus* muscles, the divi-

sion of the *adductor mandibulae* into components *A1* and *A2*, and the advanced position of the quadrato-articular articulation, are significant features in the interpretation of the mandibular mechanism.

The modification of the *infracarinalis medius* muscle corresponds to the description of Nelson (1975) in *G. atripinnis* as a muscular band between the urogenital organ and the longitudinal ventral musculature.

Notable characters of the digestive system are the two sets of dentary teeth and the great width





of the esophagus. The broad esophagus may function in storing food, before it reaches the stomach as do the epibranchial organs of Clupeiformes (Marshall, 1971). The percentage of the length of the digestive tract in the standard length points to an omnivorous feeding habit of the species.

The confinement of the kidneys to the anterior part of the visceral cavity and the total separation of the archinephric ducts, are characters similar to those shown for Fundulidae, Anablepidae, Poeciliidae (Kobelkowsky and Alva-García, 2000), and Cyprinodontidae,

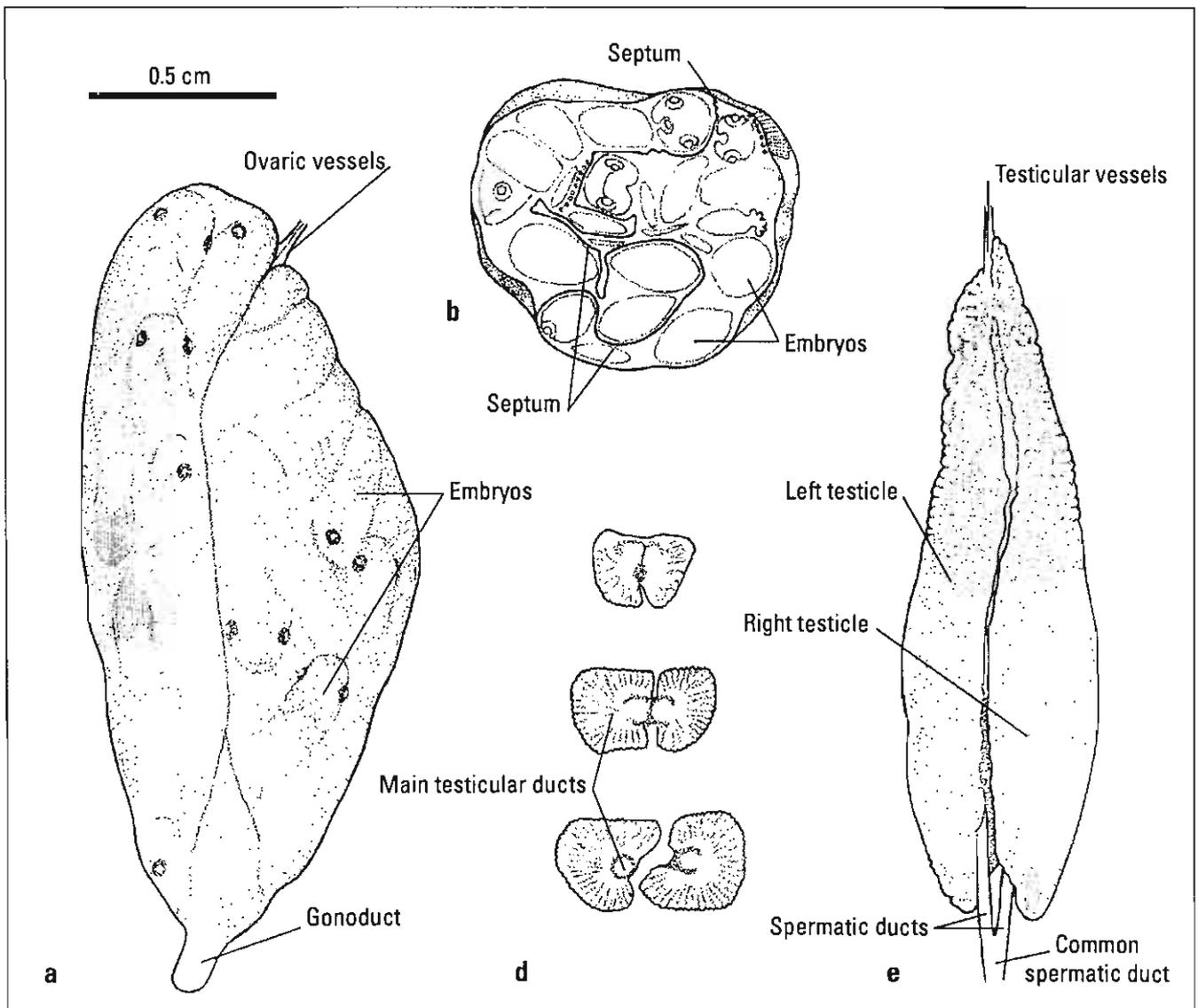
therefore it could be a common character of the Cyprinodontiformes.

The presence of the *retractors dorsales* produces as in the rest of Acanthopterygii, the formation of an anterior notch of the kidney.

The fusion of both ovaries is a character of the family Goodeidae, with *G. atripinnis* having a complete intraovarian septum. The anterior fusion of testes in Goodeidae has not been previously described in the literature.

The noticeable reduction of the sinus venosus is correlated with the great extension of the

**Figure 10.** Urinary system of *Goodea atripinnis*. a) Dorsal view of the kidneys. b) Posterior view of kidney and heart. c) Anterior view of the urinary bladder. d) Urogenital papilla of female. e) Urogenital papilla of male



**Figure 11.** Genital system of *Goodea atripinnis*. a) Dorsal view of the ovary. b) Cross section of the ovary. c) Dorsal view of the testis. d) Cross sections of the anterior, middle and posterior portions of testis

renal lobes. The two veins posterior to the kidney probably compensate the reduced volume of blood of the right posterior cardinal vein. This anatomical pattern is not known in other teleostean fishes.

The concentration of the lateral line pores on the dorsolateral surface of the head may be correlated with the water surface feeding habit, as Marshall (1971) suggests for Cyprinodontiformes. The flat olfactory organ and its limited folding probably means poor olfaction.

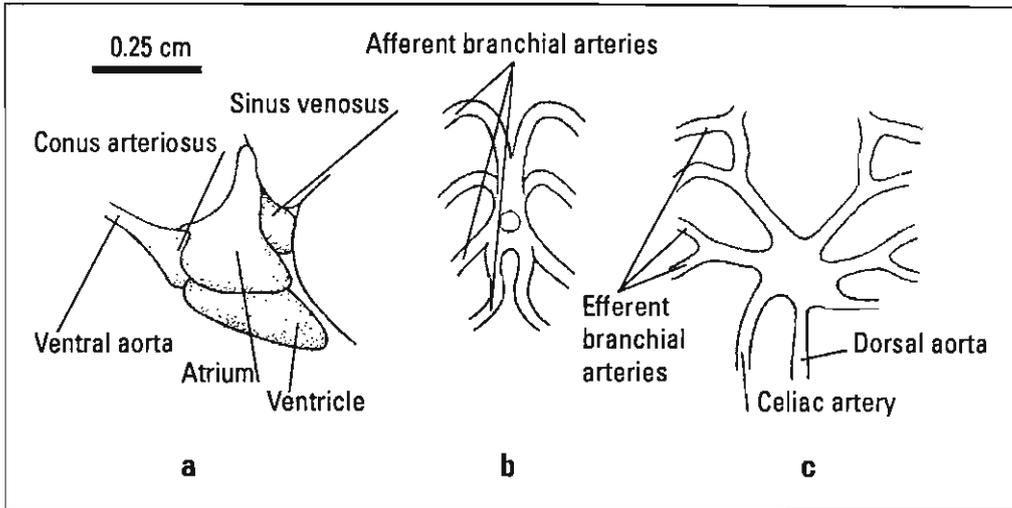
Some characters of *G. atripinnis*, comprise a noteworthy secondary sexual dimorphism, namely, the greater size of females and the presence of the andropodium, the greater length of

the anal fin pterygiophores and muscles, the greater length of the *infracarinalis medius*, and the greater inclination of the anal fin base in males.

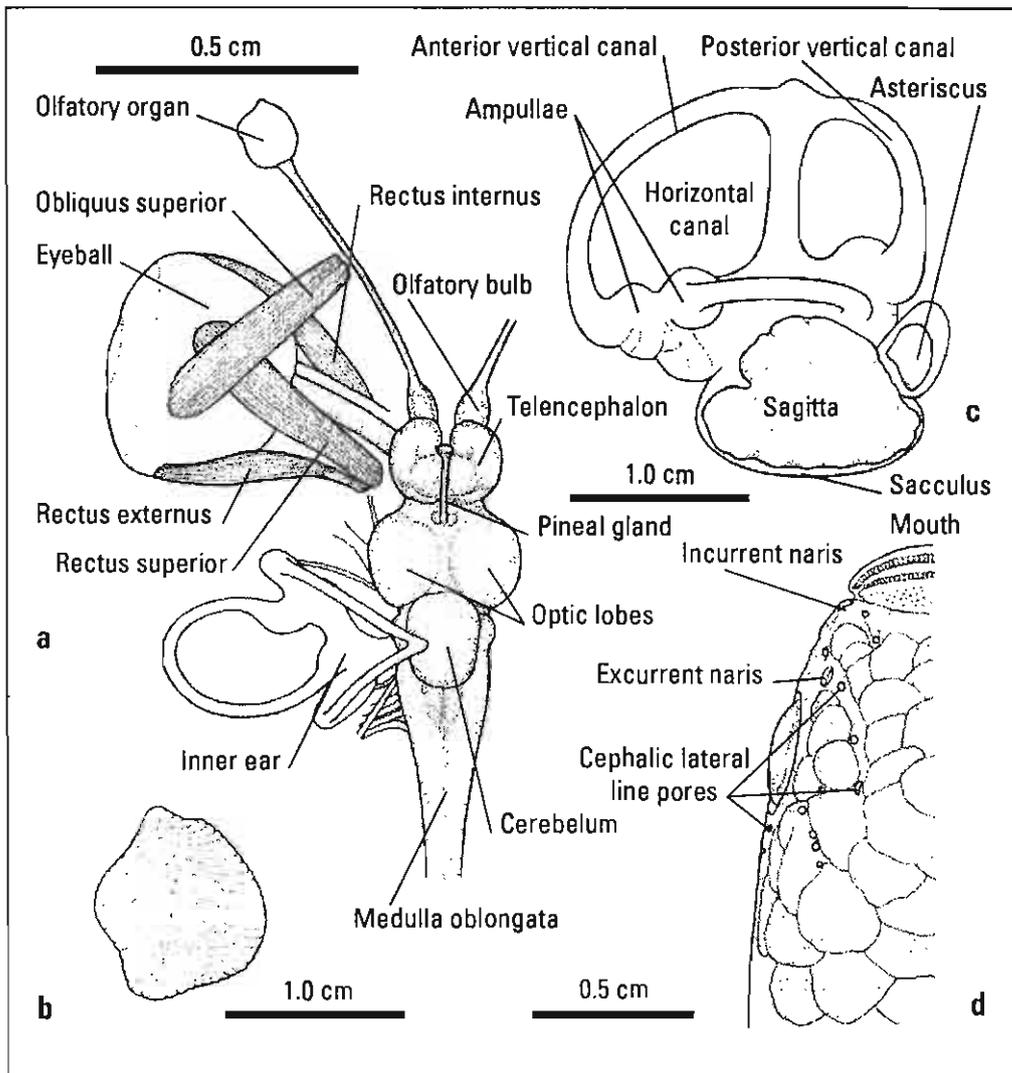
In addition to the differences in size and shape of the urogenital papilla, the main secondary sexual characters are related to the anal fin, namely in males: the modification of the first six anal rays in the andropodium, the longer pterygiophores, the longer and wider anal muscles, and the thicker *infracarinalis medius*.

The greater development in males of the anal fin muscles and pterygiophores, and the greater inclination of the anal fin base, constitutes outstanding external secondary sexual characters.





**Figure 12.** Heart and branchial arteries of *Goodea atripinnis*. a) Lateral left view of the heart. b) Ventral view of the afferent branchial arteries. c) Dorsal view of the efferent branchial arteries



**Figure 13.** Nervous system of *Goodea atripinnis*. a) Dorsal view of the encephalon. b) Dorsal view of the olfactory organ. c) Lateral left view of the inner ear. d) Dorsal view of the head

## Acknowledgments

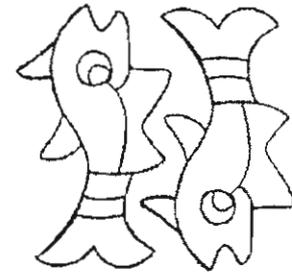
I thank Lynne R. Parenti for critical review of the manuscript and valuable suggestions. I am indebted to Eduardo Soto Galera for providing the specimens needed to carry out this study.

## References

- Díaz-Pardo E, Ortiz-Jiménez D. 1986. Reproducción y ontogenia de *Girardinichthys viviparus* (Pisces: Goodeidae). *Anales de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas de México*. 30:45-66
- Espinosa PH, Gaspar MT, Fuentes P. 1993. Listados faunísticos de México. III. Los peces dulceacuícolas mexicanos. Instituto de Biología. Universidad Nacional Autónoma de México. 99 p.
- Gregory WK. 1959. Fish skulls. A study of the evolution of natural mechanisms. Eric Lundberg, Florida. 481 p.
- Grier HJ, Fitzsimons JM, Linton JR. 1978. Structure and ultrastructure of the testis and sperm formation in goodeid teleosts. *J Morphol*. 156(4):419-438.
- Kobelkowsky A, Alva-García A. 2000. Anatomía sexual de *Gambusia regani* (Pisces: Poeciliidae). *Anales del Instituto de Biología Universidad Nacional Autónoma de México, Serie Zoología*, 71(2):133-142.
- Kobelkowsky DA, Reséndez A. 1972. Estudio comparativo del endoesqueleto de *Mugil cephalus* y *Mugil curema* (Pisces, Perciformes). *Anales del instituto de Biología. Universidad Nacional Autónoma de México. Serie Ciencias del Mar*, 43(1):33-84.
- Lombardi J, Wourms JP. 1985. The trophotaenial placenta of a viviparous goodeid fish. I. Ultrastructure of the internal ovarian epithelium, the maternal component. *J Morphol*. 184:277-292.
- Marshall NB. 1971. *Explorations in the life of fishes*. Harvard University Press. Cambridge, Massachusetts. 204 p.
- Nelson GG. 1975. Anatomy of the male urogenital organs of *Goodea atripinnis* and *Characodon lateralis* (Ather-



- iniformes: Cyprinodontoidei), and *G. atripinnis* courtship. *Copeia*, 1975 (3):475-482.
- Parenti LR. 1981. A phylogenetic and biogeographic analysis of cyprinodontiform fishes (Teleostei, Atherinomorpha). *Bull Amer Mus Nat Hist.* 168:335-557.
- Parenti LR. 1993. Relationships of atherinomorph fishes (Teleostei). *Bull Mar Sci.* 52(1):170-196.
- Rosen D. 1973. Interrelationships of higher euteleostean fishes. *In: Greenwood PH, Miles RS, Patterson C. editors. Interrelationships of fishes. Suppl.1 Zool J Linn Soc.* 53:397-513.
- Rosen DE, Bailey RM. 1963. The poeciliid fishes (Cyprinodontiformes), their structure, zoogeography and systematics. *Bull Amer Mus Nat Hist.* 126(1):1-176.
- Starks EC. 1899. The osteological characters of the fishes of the Suborder Percosoces. *Proc US Nat Mus.* 22 (1179):1-10
- Turner CL. 1937. The trophotaeniae of the Goodeidae, a family of viviparous cyprinodont fishes. *J Morphol.* 61(3):495-523.
- Webb SA. 1998. A phylogenetic analysis of the Goodeidae (Teleostei: Cyprinodontiformes). The University of Michigan, Ann Arbor, Michigan. 280 p.
- Winterbottom R. 1974. A descriptive synonymy of the striated muscles of the teleostei. *Proceeding of the Ac Nat Sci Philadelphia*, 125(12):225-317.
- Wourms JP, Grove BD, Lombardi J. 1988. The maternal-embryonic relationship in viviparous fishes. *In: Hoar WS, Randall DJ, editors. Fish Physiology Vol. XI. Ac Press. New York.* 1-134.



# SISTEMA DIGESTIVO Y DIMORFISMO SEXUAL DENTARIO DE LAS RAYAS *UROTRYGON CHILENSIS* (UROLOPHIDAE), *DASYATIS SABINA* (DASYATIDAE) Y *RAJA TEXANA* (RAJIDAE)

Digestive system and dental sexual dimorphism of the rays *Urotrygon chilensis* (Urolophidae), *Dasyatis sabina* (Dasyatidae), and *Raja texana* (Rajidae)

ABRAHAM KOBELKOWSKY

Laboratorio de Peces. Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Iztapalapa. Av. San Rafael Atlixco No. 186, Col. Vicentina, Iztapalapa, Apartado Postal 55-532, 09340 México, D.F. México. E-mail: akd@xanum.uam.mx

**RESUMEN.** La morfología del sistema digestivo de *Urotrygon chilensis*, *Dasyatis sabina* y *Raja texana* corresponde al patrón básico de los Rajiformes. Las rayas *U. chilensis* y *D. sabina* muestran un marcado dimorfismo sexual en la dentición, mientras que *R. texana* lo presenta de manera discreta. Los dientes de las hembras de *U. chilensis* y *D. sabina* son molariformes, mientras que los de los machos son puntiagudos. En *R. texana* ambos sexos tienen dientes puntiagudos, siendo ligeramente más altos los de los machos. *U. chilensis* difiere de las demás

especies por tener el esófago bulboso, por mostrar desarrollado el esfínter cardiaco y por tener 10 vueltas del pliegue espiral del intestino. *D. sabina* se caracteriza por tener el recto sin curvatura y por presentar 18 vueltas del pliegue espiral. La especie con mayores diferencias es *R. texana* por presentar el esófago con numerosos pliegues longitudinales y el límite diagonal con el estómago, por la presencia de pliegues irregulares en el estómago, por formar 8 vueltas del pliegue espiral, por desarrollar un ciega rectal y por el carácter trilobulado del hígado.

HOMENAJE AL DOCTOR ANDRÉS RESÉNDEZ MEDINA

Palabras Clave: rayas, dientes, sistema digestivo, dimorfismo sexual.

**ABSTRACT.** The morphology of the digestive system of *Urotrygon chilensis*, *Dasyatis sabina* and *Raja texana* is in the Rajiformes pattern. A remarkable sexual dental dimorphism of *U. chilensis* and *D. sabina* is shown, while in *R. texana* it is in a discreet way. Teeth of female *U. chilensis* and *D. sabina* are molariform, while those of males are pointed. In both sexes of *R. texana* teeth are pointed, being those of males slighter high. *U. chilensis* differs from the other species for having the bulbous esophagus, a cardiac sphincter and 10 coils of the spiral fold. *D. sabina* is characterized for having the rectum without curvature, and 18 coils of the spiral fold. The most different species is *R. texana* for having many longitudinal folds in the esophagus, for the diagonal limit between esophagus and stomach, for the irregular folds in stomach, 8 coils of the spiral fold, the presence of the rectal cecum and the trilobate liver.

**Key Words:** rays, teeth, digestive system, sexual dimorphism.

## INTRODUCCIÓN

La "raya pinta" *Urotrygon chilensis* (Günther) se distribuye desde el Golfo de California hasta Perú y Chile, y es frecuente en el Golfo de Tehuantepec, México (Tapia-García y García-Abad, 1998). La "raya de espina" *Dasyatis sabina* (LeSueur) se encuentra desde Bahía de Chesapeake hasta Brasil (Castro-Aguirre y Espinosa, 1996). La "raya

tejana" *Raja texana* Chandler se distribuye desde Florida hasta Campeche en el Golfo de México (Hoese y Moore, 1977).

La mayor parte de la literatura sobre el sistema digestiva de los Rajiformes es sobre la dentadura (Feduccia y Slaughter, 1974, McEachran, 1977, McCourt y Kerstitch, 1980, Taniuchi y Shimizu, 1993, Kajiura y Tricas, 1996, Saez y Lamilla, 1997). Entre los escasos trabajos sobre el tracto digestivo de las rayas se encuentran Holmgren y Nilsson (1999), y Kobelkowsky (2002, 2004), y sobre la musculatura mandibular los de Liem y Summers (1999) y Kabelkowsky (2002).

Debido al peculiar dimorfismo sexual dentario de las rayas *Urotrygon chilensis*, *Dasyatis sabina* y *Raja texana*, el objetivo del presente trabajo, en homenaje al Dr. Andrés Reséndez Medina, a quien debo mi interés por la Ictiología, es la descripción anatómica del sistema digestivo.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Los ejemplares de *Urotrygon chilensis* fueron proporcionados por el Laboratorio de Ictiología y Ecología Costera, de la Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Iztapalapa, y fueron colectados mediante una red de arrastre en el Golfo de Tehuantepec, mientras que los ejemplares de *Dasyatis sabina* y *Raja texana* se colectaron mediante red de atarraya y red de arrastre de prueba, en las lagunas costeras de Puebla Viejo y de Tampamachoco, Veracruz y en la laguna de Términos, Campeche.

Se procesaron cinco ejemplares adultas de hembras y cinco de machos de cada especie. Mediante disección se expusieron los músculos de las mandíbulas, cuya terminología siguió el criterio de Liem y Summers (1999). Se

extrajeron las mandíbulas, y se expusieron las cavidades bucofaríngea y visceral. Se establecieron las relaciones topográficas de las cavidades con el endoesqueleto, cuyo terminología siguió el criterio de Cervigón (1980).

Se describen los componentes del sistema digestivo de las tres especies de rayas en las siguientes secciones: boca y mandíbulas, músculos y ligamentos mandibulares, dientes, cavidad bucofaríngea, cavidad visceral, tracto digestivo (considerado desde el inicio del esófago hasta el ano) y glándulas anexas (hígado y páncreas).

Se registraron y describieron las principales diferencias anatómicas del sistema digestivo entre *U. chilensis*, *D. sabina* y *R. texana*. Las ilustraciones se realizaron mediante una cámara lúcida acoplada a un microscopio estereoscópico Wild M3Z.

## RESULTADOS

### Boca y mandíbulas

La boca de *Urotrygon chilensis* (Fig. 1 a), *Dasyatis sabina* (Fig. 2 a) y *Raja texana* (Fig. 3 a) es ventral y está precedida por el pliegue nasal, que se extiende desde las narinas. En *R. texana* dicho pliegue, a diferencia de las dos primeras especies está dividido en dos lóbulos o pliegues nasales anteriores.

La mandíbula superior está formada por el cartílago palatocadrado y la inferior por el cartílago de Meckel (Figs. 1 b, 2 b, 3 b). Ambos componentes de cada lado forman sínfisis libres, no fusionadas. Cada cartílago palatocadrado muestra un cóndilo anterior en el que se inserta parte del músculo *adductor mandibulae* y en el extremo lateral presenta el cóndilo articular, el cual se une al cartílago de Meckel (Figs. 1 b, 2 b, 3 b). El cartí-

lago de Meckel es más amplio que el palatocadrado, y forma una fosa que recibe al cóndilo articular del mismo. Su extremo lateral se articula con el extremo ventral del cartílago hiomandibular.

La válvula oral es orlada y está más desarrollada en *R. texana*, que en las restantes especies.

### Músculos y ligamentos mandibulares

Dorsalmente a las comisuras mandibulares de las tres especies, se extienden las fibras cruzadas del ligamento cuadratomandibular, desde la superficie dorsal del cartílago palatocadrado a la del cartílago de Meckel.

Los movimientos mandibulares están proporcionados principalmente por el músculo *adductor mandibulae*, que se origina en el palatocadrado y se inserta en el de Meckel, y que está dividido en varios paquetes (Fig. 4). El músculo *preorbitalis* se origina cerca de la cápsula olfatoria, pasa delante del palatocadrado y se inserta mediante un largo tendón en el borde posterior del cartílago de Meckel. El músculo *intermandibularis* tiene forma de abanico, se origina en la región gular y se inserta en el ángulo posterior de la mandíbula inferior.

Otros músculos que participan en los movimientos mandibulares son el *coracomandibularis* (Fig. 4), el *depressor mandibularis* y el *levator palatoquadrali*.

### Dientes

Los dientes de las tres especies son pequeños, numerosos y constituyen en conjunto las placas dentarias, soportadas por las mandíbulas (Figs. 1 b, 2 b, 3 b). Se arreglan en hileros regulares que suman en *Urotrygon chilensis* 35 en cada mandíbula, en *Dasyatis sabina* cerca de 37, y en

*Raja texana* 42. Su raíz es esbelta y con una pequeña escotadura en *U. chilensis* y *D. sabina*, mientras que es amplia en *R. texana*.

Los dientes en las hembras de *U. chilensis* son molariformes (Fig. 1), con la superficie oclusal ovalada, cóncava y lisa, mientras que en los machos tienen una base ovalada de la cual sale una cúspide delgada orientada hacia atrás.

En *D. sabina* los dientes son molariformes (Fig. 2) en ambas sexos, sin embargo, los machos muestran una sustitución en la época de reproducción por dientes puntiagudos. Los dientes de las hembras tienen la superficie oclusal poligonal y rugosa. En los machos la cúspide de cada diente es robusta y orientada hacia atrás.

Los dientes en ambos sexos de *Raja texana* son puntiagudos (Fig. 3), siendo ligeramente más altos y puntiagudos en los machos.

Los dientes sinfisiales de los machos de las tres especies son rectas, mientras que los restantes se inclinan ligeramente hacia los lados.

#### Cavidad bucofaríngea

La cavidad bucofaríngea (Fig. 4) en las tres especies es deprimida o aplonada dorsoventralmente, y está delimitada lateralmente por los cartílagos propterigios, que son parte de las notablemente amplias aletas pectorales; posteriormente está delimitada por el septo transverso. Inmediatamente detrás de la dentadura se forma la válvula oral, cuya parte dorsal tiene el borde ondulado, mientras que su contraparte ventral está representada solamente por pequeñas papilas; en *R. texana* la parte dorsal está dividida en dos lóbulos.

En el techo de la cavidad bucofaríngea se localiza el

par de aberturas internas en forma de hendeduras diagonales de las cámaras espiraculares. Los cinco pares de hendeduras branquiales separadas por las correspondientes branquias, se extienden desde el techo hasta el piso de la cavidad. No se desarrollan branquiespinas.

Ventralmente a la cavidad bucofaríngea se encuentran el corazón, la aorta ventral y el inicio de las arterias branquiales aferentes. El seno venoso hace contacto directo con el tabique transversal, el cual separa las cavidades bucofaríngea y visceral.

#### Cavidad visceral y tracto digestivo

La cavidad visceral de las tres especies es deprimida y está delimitada anteriormente por el septo transversal y la cintura pectoral, lateralmente por los cartílagos metapterigios, que son parte de las aletas pectorales, y posteriormente por la cintura y aletas pélvicas. Su extremo posterior conecta al exterior mediante los dos poros abdominales, a los lados de la cloaca.

La cavidad visceral de *U. chilensis* es de aspecto ventral circular (Fig. 4), mientras que la de *U. chilensis* y *R. texana* es de aspecto ovalado.

En las tres especies el hígado es deprimido y presenta dos pequeños lóbulos anteriores y dos o tres lóbulos posteriores amplios. Los lóbulos hepáticos anteriores están situados sobre la cintura escapular, y mediante las dos venas hepáticas se comunican con el corazón. En las hembras de *D. sabina* los lóbulos hepáticos anteriores están parcialmente subdivididos (Fig. 6 a) por las trompas de Falopio, que se unen ventralmente al hígado formando el ostium.

Los lóbulos hepáticos posteriores son dos en *U. chilensis* (Fig. 5 a) y *D. sabina* (Fig. 6 a), de los cuales el

izquierdo es el más amplio; mientras que en *R. texana* son tres lóbulos (Fig. 7 a), de los que el medio se desarrolla entre los ramas del estómago. En *U. chilensis* y *D. sabina* el lóbulo hepático izquierdo cubre ventrolateralmente a gran parte del estómago y al bazo, mientras que el lóbulo derecho cubre al duodeno, parte del intestino valvular y al páncreas. En *R. texana* el páncreas no está cubierto por el hígado. La vesícula biliar se ubica entre los dos lóbulos hepáticos posteriores en *U. chilensis* y *D. sabina*, y entre el derecho y el medio en *R. texana*. El conducto biliar común traza una curva antes de comunicarse con el duodeno.

El páncreas es relativamente pequeño, presenta un lóbulo anterior colocado ventralmente al duodeno y otro posterior que se interpone entre el duodeno y el estómago pilórico.

El tracto digestivo considerado desde el esófago hasta el ano, es de sección transversal deprimida, y tiene forma de S en *D. sabina* (Fig. 6), mientras que en las restantes especies (Figs. 5, 7) el recto traza una marcada curvatura hacia la línea media.

El mesenterio dorsal solo existe sosteniendo lo glándula rectal y el recto.

El esófago es alargado (Figs. 5, 6, 7). En *U. chilensis* es de aspecto bulboso, en *D. sabina* es de grosor uniforme y en *R. texana* está curvado. Su superficie interna es lisa en *D. sabina*; en *U. chilensis* tiene áreas lisas, estriadas y papilosas; y en *R. texana* muestra numerosos surcos y pliegues longitudinales. Mientras que en *D. sabina* y *R. texana* no se forma esfínter entre esófago y estómago, en *U. chilensis* se encuentra definido el cordón o esfínter cordiaco, el cual es amplio en el sentido longitudinal. El límite entre esófago y estómago en *R. texana* es diagonal.

En las tres especies el estómago (Figs. 5, 6, 7) ocupa el lado izquierdo de la cavidad visceral y tiene forma de U, con una porción cardiaca y otra pilórica, entre las cuales se ubica el bazo. En *R. texana* la U es más cerrada en *U. chilensis*. La superficie interna del estómago de *U. chilensis* y *D. sabina* muestra escosos y poco profundos surcos longitudinales uniformes, que abarcan las porciones cardiaca y pilórica, mientras que en *R. texana* existen pliegues longitudinales irregulares.

El duodeno y el intestino espiral (Figs. 5, 6, 7) ocupan el lado derecho de la cavidad visceral en las tres especies. El duodeno es corto, curvo y de superficie interna lisa, siendo su curvatura menos pronunciada en *R. texana*. El intestino espiral en las tres especies es relativamente largo y muestra internamente el pliegue espiral, con las vueltas en forma de cono orientado hacia adelante. En *U. chilensis* se cuentan 10 vueltas, en *D. sabina* son cerca de 18 vueltas y en *R. texana* son 8. Los conos son más pronunciados en *R. texana* y menos notables en *D. sabina*.

El recto en *D. sabina* es corto y no curvado (Fig. 6); en *U. chilensis* (Fig. 5) y *R. texana* (Fig. 7) es largo, con una notable curvatura hacia el plano medio. En *R. texana* forma un amplio ciego rectal orientado hacia adelante. En todas las especies el recto muestra internamente una serie de pliegues longitudinales. La glándula rectal se desprende desde el recto hacia adelante, ubicándose entre el intestino valvular y el estómago; en *Raja texana* se desprende del ciego rectal.

El ano se abre a la cloaca, sin mostrar un esfínter definido en las tres especies en estudio. La cloaca cuya abertura es longitudinal, está localizada en la región ventral, posteriormente a la cintura pélvica y entre las aletas pélvicas.

SISTEMA DIGESTIVO Y DIMORFISMO SEXUAL DENTARIO DE LAS RAYAS

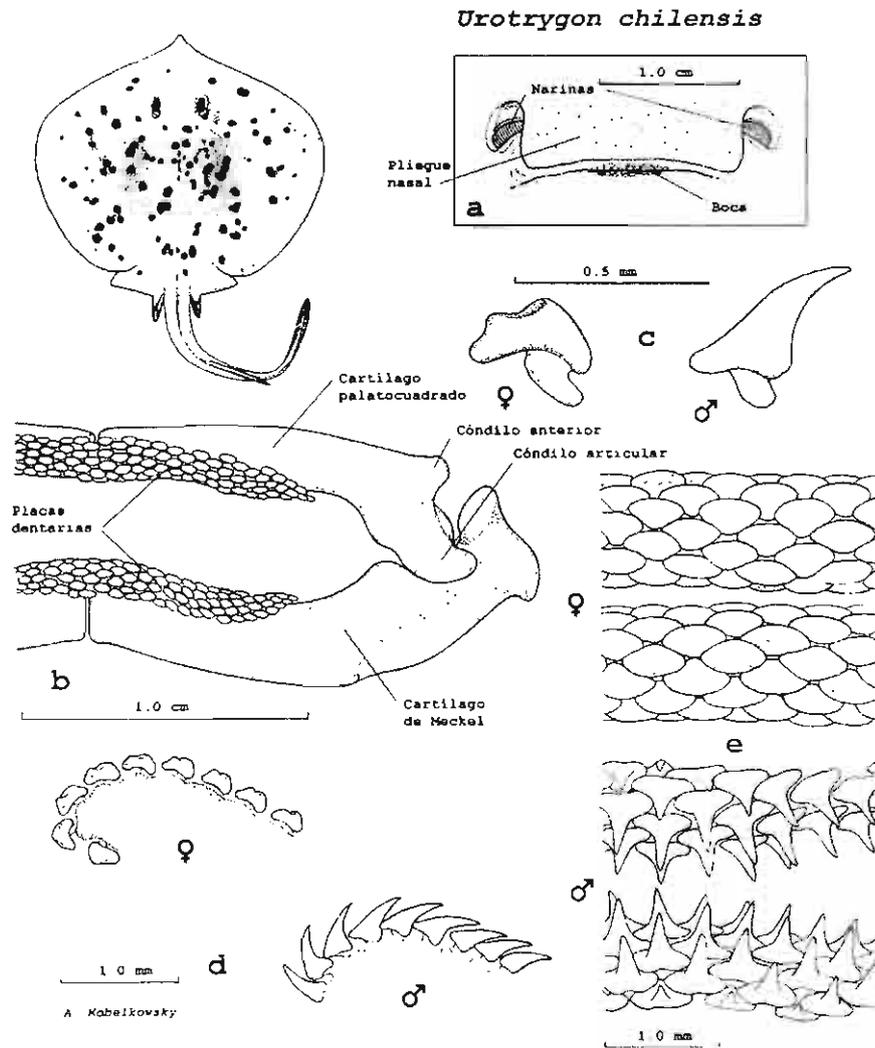


Fig. 1. Boca y dentición de *Urotrygon chilensis*. a) Visto ventral de la boca. b) Visto ventral de las mandíbulas con su dentición. c) Diente de la hembra y del macho, respectivamente. d) Hilera simfisiol de dientes de la mandíbula inferior en la hembra y el macho, respectivamente. e) Visto ventral de los dientes de las mandíbulas superior e inferior de la hembra y el macho, respectivamente



SISTEMA DIGESTIVO Y DIMORFISMO SEXUAL DENTARIO DE LAS RAYAS

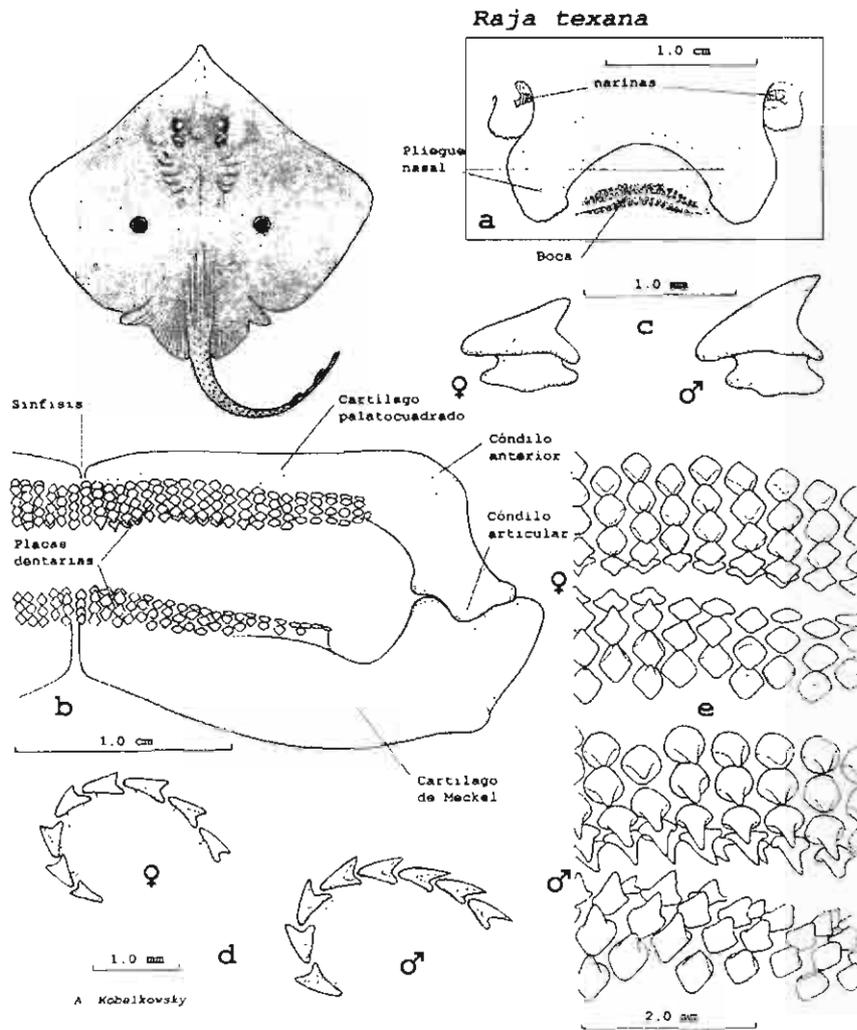


Fig. 3. Boco y dentición de *Raja texana*. a) Visto ventral de la boca. b) Vista ventral de las mandíbulas con su dentición. c) Diente de la hembra y del macho, respectivamente. d) Hilero sinfisial de dientes de la mandíbula inferior en la hembra y el macho, respectivamente. e) Visto ventral de los dientes de los mandíbulos superior e inferior de la hembra y el macho, respectivamente.

ABRAHAM KOBELKOWSKY

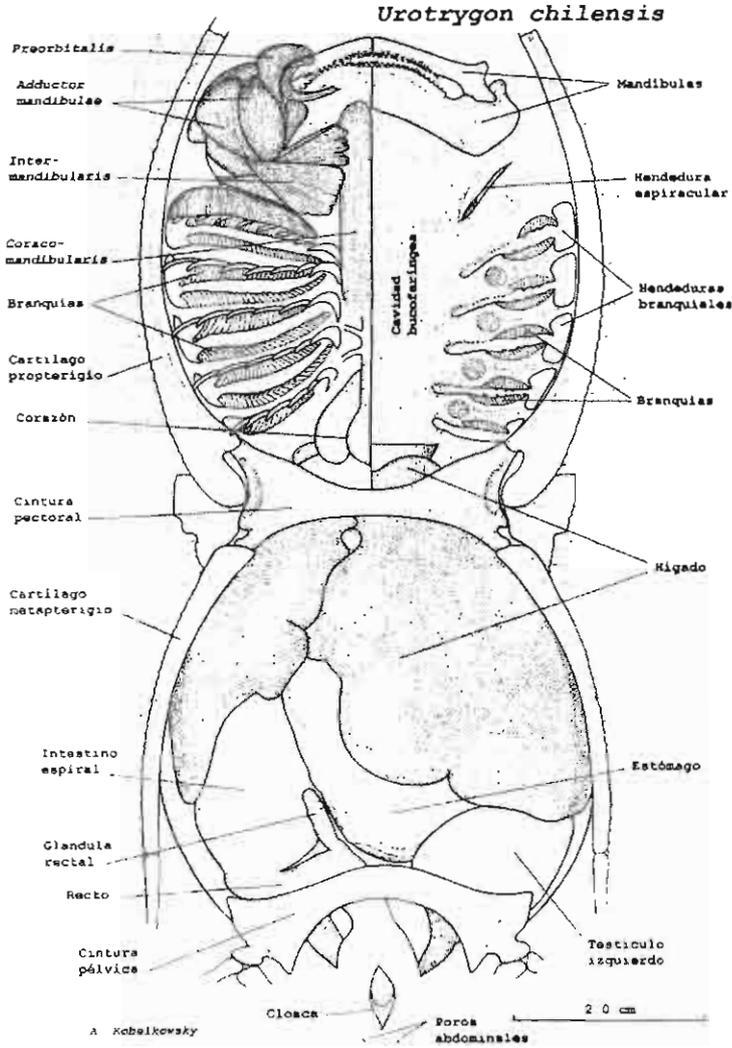


Fig. 4. Visto ventral de las cavidades bucofaringea y visceral, y de la musculatura mandibular derecha de *Urotrygon chilensis*.

HOMENAJE AL DOCTOR ANDRÉS RESÉNDEZ MEDINA

SISTEMA DIGESTIVO Y DIMORFISMO SEXUAL DENTARIO DE LAS RAYAS

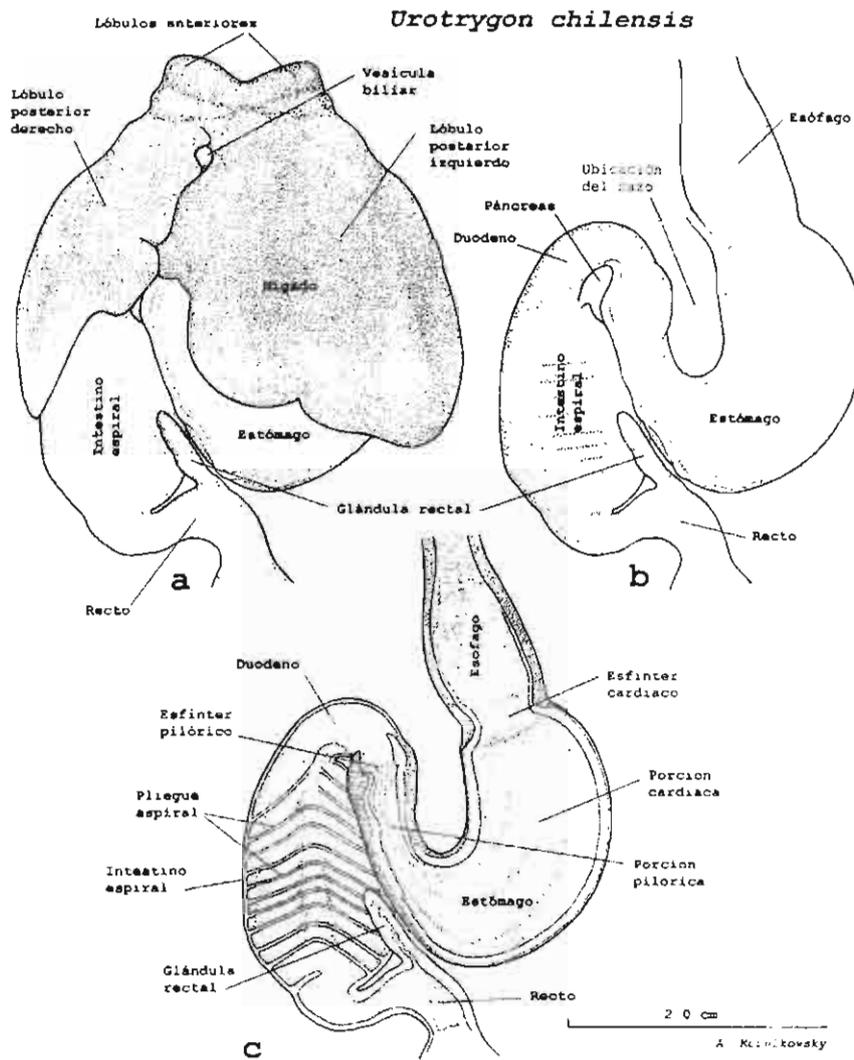


Fig. 5. Vista ventral del tracto digestivo y glándulas anexas de *Urotrygon chilensis*. a) Tracto digestivo e hígado. b) Tracto digestivo y páncreas. c) Corte frontal del tracto digestivo.

ABRAHAM KOBELKOWSKY

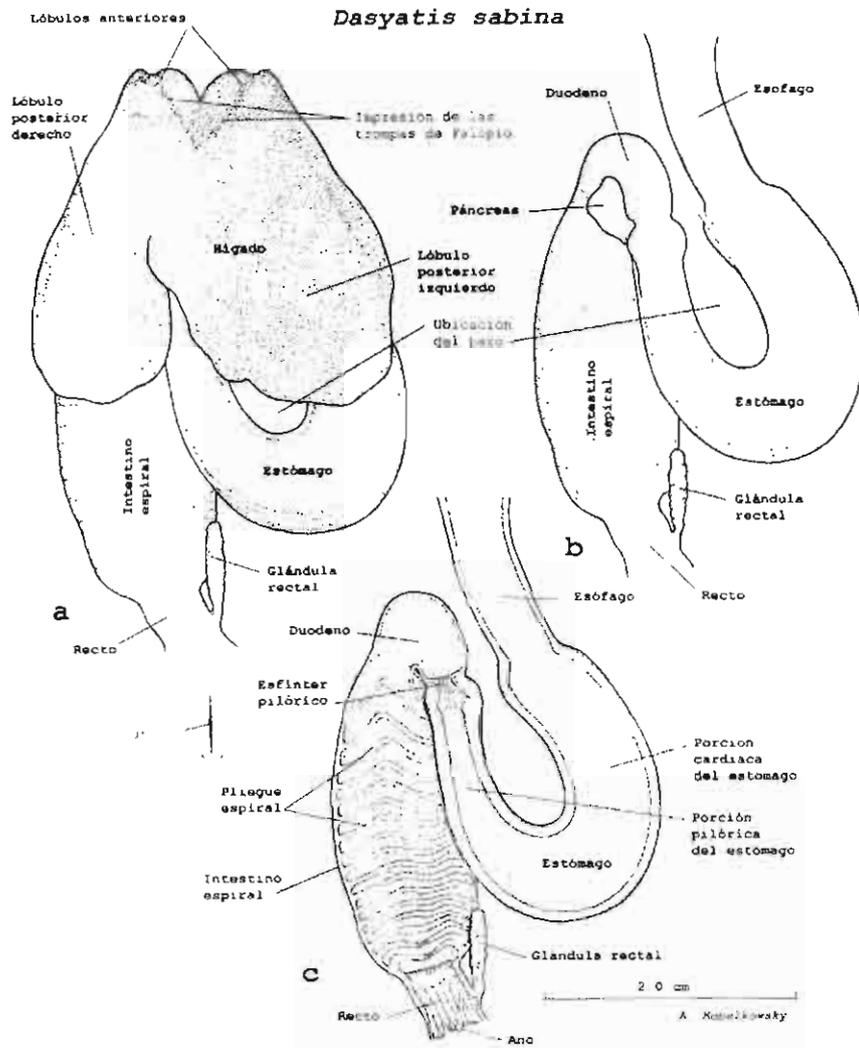


Fig. 6. Vista ventral del tracto digestivo y glándulas anexas de *Dasyatis sabina*. a) Tracto digestivo e hígado. b) Tracto digestivo y páncreas. c) Corte frontal del tracto digestivo.

HOMENAJE AL DOCTOR ANDRÉS RESÉNDEZ MEDINA

SISTEMA DIGESTIVO Y DIMORFISMO SEXUAL DENTARIO DE LAS RAYAS

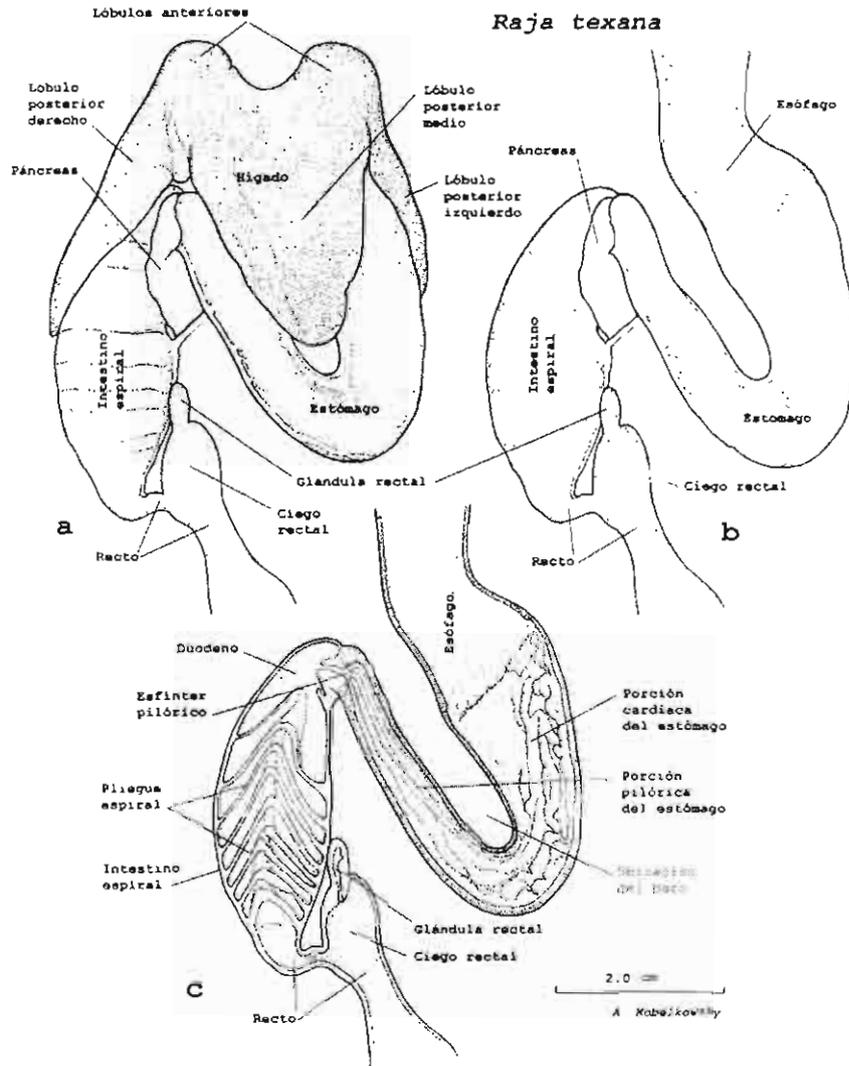


Fig. 7. Visto ventral del trocío digestivo y glándulas anexas de *Raja texana*. a) Trocío digestivo e hígado b) Trocío digestivo y páncreas. c) Corte frontal del trocío digestivo.

## DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

La organización anatómica del sistema digestiva de las rayas *Urotrygon chilensis* (Urolophidae), *Dasyatis sabina* (Dasyatidae) y *Raja texana* (Rajidae) corresponde al patrón general de los elasmobranchios (Elasmobranchii), y en particular al de los Rajiformes o Batoidei. Dicha organización está relacionada con el hábito carnívoro por el relativamente grande estómago y corto intestino; y con el tipo bentófago por la posición ventral de la boca y por tener la dentadura trituradora. De acuerdo con autores como Yáñez-Arancibia (1978), Snelson et al. (1988) y McEachran (1977), y lo observado cualitativamente en este estudio, la dieta de las tres especies incluye crustáceos, moluscos, poliquetos y peces.

Los caracteres que estas especies comparten con los demás Rajiformes, y que las diferencia de los Squaliformes o tiburones, es la formación de placas dentarias trituradoras, la ocentuado subdivisión del músculo aductor mandibular, la depresión de las cavidades corporales y del tracto digestivo, la presencia de las hendeduras espiraculares internas, la anchura del hígado, y la forma de U del estómago rodeando al bazo. En los tiburones el bazo se ubica posteriormente al estómago.

La posición ventral de la boca en las tres especies en estudio y el arreglo de los dientes en conjuntos trituradores está de acuerdo con el hábito bentófago de la mayoría de los Rajiformes. Mientras que la durofagia es característica de la familia Myliobatidae, donde las sínfisis mandibulares están fusionadas y los dientes son placas trituradoras (Summers, 2000), en la mayoría de los Rajiformes, como *U. chilensis*, *D. sabina* y *R. texana*, las sínfisis son libres y los dientes son pequeños y no están modificados en placas.

Los dientes de las especies de rayas en estudio, como en los restantes Rajiformes tienen una raíz delgada, a diferencia de los dientes de los tiburones, en que la raíz es ancha (Compagno, 1988).

Dentro de la familia Urolophidae se ha observado el dimorfismo sexual en los dientes en *Urolophus halleri* y *U. concentricus*, y dentro de Dasyatidae en *Dasyatis centroura* (Kajiura y Tricas 1996); en la familia Rajidae se ha registrado en *Raja acellata*, *R. clavata*, *R. texana* y *Breviraja cubensis* (Feduccia y Slaughter, 1974), y en *R. erinacea*, *R. senta* y *R. radiata* (McEachran, 1977). Asimismo, se ha registrado en *Rhinoptera* (Kajiura y Tricas 1996).

Feduccia y Slaughter (1974) suponían que en varias especies de la familia Rajidae, el dimorfismo sexual dentario implicaba una diferente dieta entre los sexos. Sin embargo, McEachran (1977) demostró que en ambos sexos la dieta es la misma, y sugirió que la dentadura puntiagudo del mocho permite sujetar a la hembra por una aleta pectoral durante la cópula, como describen McCourt y Kerstitch (1980) en *Urolophus concentricus*.

Supuestamente *U. chilensis*, *D. sabina* y *R. texana* presentan como todos los condríctios la polifiodoncia o sustitución continua de los dientes. Este proceso implica que en los machos de *D. sabino*, en la época de reproducción cambien de dientes molariformes a dientes puntiagudos (Kajiura y Tricas, 1996). Se presenta así, un dimorfismo sexual estacional en dicha especie. Dichos autores calcularon en el macho de uno a dos meses el tiempo de sustitución de las dientes, previo a la época de reproducción, que es de octubre a mayo; lo cual se correlaciona con la maduración de los testículos (Snelson et al. 1988). Kajiura y Tricas (1996) determinaron que la dieta de *D. sabina*, es similar en ambos sexos durante todo el año y consiste en anfípodos, misidáceos, isópodos, poliquetos y ofiúridos.

Aunque Feduccia y Slaughter (1974) ilustran los dientes de los machos de *Raja texana* considerablemente más delgados que en las hembras, en el presente estudio se observó que el grosor es ligeramente menor en los machos. Sin embargo, debida al reducido número de ejemplares disponibles de esta especie, queda por analizarse un mayor número colectadas en varias épocas del año, con el objeto de determinar, si el dimorfismo sexual en esta especie es estacional, como sucede en *D. sabina*. La dieta *R. texana* es principalmente de moluscos y paliquetos (Hoese y Moore, 1977).

Mientras que la cavidad bucofaríngea de las especies en estudio es morfológicamente similar, la cavidad visceral muestra diferente forma, siendo circular en *U. chilensis* y ovalada en *D. sabina* y *R. texana*. La forma ovalada de la cavidad visceral de estas dos últimas especies, corresponde a la de especies como *Gymnura micrura* (Kobelkowsky, 2004), *Rhinabatas lentiginasus* y *Narcine brasiliensis*.

La restricción del mesenterio dorsal a la parte rectal del tracto digestivo, diferencia notablemente a las rayas de los Squaliformes, en los que sostiene también al estómago y al intestino.

El tracto digestivo de *U. chilensis*, *D. sabina* y *R. texana* es de menor longitud que la del cuerpo, siendo esta relación la típica de los peces depredadores (Nikolsky, 1963). La forma de U del estómago de las tres especies de rayas en estudio, rodeando al bazo, difiere de la de J de los tiburones, en los que se marca un ángulo entre la porción cardíaca y la pilórica, sin rodear al bazo.

Como en todos los condríctios el duodeno es corto, debido a que la digestión en el estómago es intensa. La formación del pliegue espiral de *U. chilensis*, *D. sabina* y *R. texana* representa un método primitivo de todos los condríctios y algunos osteíctios inferiores, para aumentar la superficie de absorción del alimento (Romer, 1962). El número de vueltas del pliegue espiral de estas especies (10, 18 y 8 respectivamente), se podría utilizar como un carácter taxonómico. La orientación hacia delante de las vueltas de dicho pliegue corresponde al descrito en especies de *Raja* por Holmgren y Nilsson (1999).

La glándula rectal en los Squaliformes se desprende dorsalmente del recto, sin embargo, en *U. chilensis* y *R. texana* se desprende anteriormente y en *D. sabina* lateralmente. Esta glándula funciona en los condríctios como un órgano excretar auxiliar, que elimina el exceso de sal del cuerpo (Conte, 1969).

Es notable la diferencia morfológica del hígado de *R. texana*, con tres lóbulos hepáticos posteriores, con relación a las restantes especies, en las que se forman solo dos.

Se reconoce como un carácter dimórfico sexual la subdivisión parcial de los lóbulos hepáticos anteriores de las hembras de *D. sabina*, por el paso de las trompas de Falopio.

El páncreas de las tres especies en estudio, aunque de forma similar, es relativamente más pequeño que en los tiburones, particularmente en *U. chilensis*.

En el Cuadro 1, se resumen las características anatómicas de estos sistemas.

Cuadro 1 Principales diferencias anatómicas de los dientes y el sistema digestivo de las rayas *Urotrygon chilensis*, *Dasyatis sabina* y *Raja texana*

| Caracter                             | <i>U. chilensis</i>  | <i>D. sabina</i>     | <i>R. texana</i>     |
|--------------------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| Plegue preoral                       | Completo             | Completo             | Escotado             |
| Dientes de la hembra                 | Molariformes lisos   | Molariformes rugosos | Puntiagudos gruesos  |
| Dientes del macho                    | Puntiagudos delgados | Puntiagudos gruesos  | Puntiagudos delgados |
| Forma de la cavidad visceral         | Circular             | Ovalada              | Ovalada              |
| Esófago                              | Bulboso              | Recto                | Curvado              |
| Límite esófago-estómago              | Horizontal           | Horizontal           | Diagonal             |
| Esfinter cardíaco                    | Presente             | Ausente              | Ausente              |
| Estómago                             | Plegues regulares    | Plegues regulares    | Plegues irregulares  |
| Número de vueltas del plegue espiral | 10                   | 18                   | 8                    |
| Recto                                | Curvado              | Recto                | Curvado              |
| Ciego rectal                         | Ausente              | Ausente              | Presente             |
| Hígado                               | Bilobulado           | Bilobulado           | Trilobulado          |

LITERATURA CITADA

CASTRO-AGUIRRE, J.L. Y H. ESPINOSA P. 1996. Listados Faunísticos de México. VII Catálogo sistemático de las rayas y especies afines de México (Chondrichthyes: Elasmobranchii: Rajiformes: Batoideimorpha). *Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México*, 75 p.

CERVIGÓN, F. 1980. *Ictiología Marina*. Vol. 1. Editorial Arte, Caracas, Venezuela. 358 p.

COMPAGNO, L.J.V. 1988. *Sharks of the Order Carcharhiniformes*. Princeton, N.J.:Princeton University Press.

COMPAGNO, L.J.V. 1999. Checklist of living elasmobranchs. 471-498. *En: Hamlett, W. ed. Sharks, skates, and rays. The biology of elasmobranch fishes*. Baltimore: The Johns Hopkins University Press.

CONTE, F.P. 1969. Salt secretion. *In: Hoar & Randall (eds.) Fish Physiology*, Vol. 1, Academic Press. New York.

FEDUCCIA, A. Y B.H. SLAUGHTER. 1974. Sexual dimorphism in skates (Rajidae) and its possible role in differential niche utilization. *Evolution* 28: 164-168.

HOESE, H.D. Y R.H. MOORE. 1977. *Fishes of the Gulf of Mexico. Texas, Louisiana, and Adjacent Waters*. Texas A&M University Press. 327 p.

HOLMGREN, S. Y S. NILSSON. 1999. Digestive system. 144-173. *En: Hamlett, W. ed. Sharks, skates, and rays. The biology of elasmobranch fishes*. Baltimore: The Johns Hopkins University Press.

KAJIURA, S.M. Y T.C. TRICAS. 1996. Seasonal dynamics of dental dimorphism in the atlantic stingray *Dasyatis sabina*. *Journal of Experimental Biology* 199: 2297-2306.

KOBELKOWSKY, A. 2002. El sistema digestivo de la raya *Dasyatis sabina* (Pisces: Rajiformes). *Archivos Mexicanos de Anatomía. Nueva Epoca*. 1(1): 27-36.

KOBELKOWSKY, A. 2004. Esplacnología de la raya mariposa *Gymnuro micrura* (Rajiformes: Gymnuridae). *Vertebrata Mexicana*. 14 (en prensa).

LIEM, K.F. Y A.P. SUMMERS. 1999. Muscular system: Gross anatomy and functional morphology of muscles. 93: 114. *En: Hamlett, W. ed. Sharks, skates, and rays. The biology of elasmobranch fishes*. Baltimore: The Johns Hopkins University Press.

MCCOURT, R.M. Y A.N. KERSTITCH. 1980. Mating behavior and sexual dimorphism in dentition in the stingray *Urolaphus concentricus* from the Gulf of California. *Copeia*, 1980(4): 900-901.

MCEACHRAN, J.D. 1977. Reply to "Sexual dimorphism in skates (Rajidae)". *Evolution*, 31: 218-220.

NIKOLSKY, G.V. 1963. *The Ecology of Fishes*. Academic Press. London 352 p.

ROMER, A.S. 1962. *The Vertebrate Body*. W.B. Saunders Com-

SISTEMA DIGESTIVO Y DIMORFISMO SEXUAL DENTARIO DE LAS RAYAS

- pany. Philadelphia. 475 p.
- SAEZ, S. Y G.J. LAMILLA. 1997. Morfología y disposición de los dientes en una especie con heterodontia sexual: *Raja (Dipterus) chilensis* Guichenot, 1848. *Biología Pesquera*. 26: 25-41.
- SNELSON, F.F., S.E. WILLIAMS-HOOPER Y T.H. SCHMID 1988. Reproduction and ecology of the Atlantic stingray, *Dasyatis sabina*, in Florida coastal lagoons. *Copeia*, 1988: 729-739.
- SUMMERS, A.P. 2000. Stiffening the stingray skeleton-An investigation of durophagy in myliobatid stingrays (Chondrichthyes, Bataidea, Myliobatidae). *Journal of Morphology*, 243: 113-126.
- TANIUCHI, T. Y M. SHIMIZU. 1993. Dental sexual dimorphism and food habits in the stingray *Dasyatis akajei* from Tokyo Bay, Japan. *Nippon Suisan Gakkaishi*. 59(1): 53-60.
- TAPIA-GARCÍA, M. Y M.C. GARCÍA-ABAD. 1998. Los peces acompañantes del camarón y su potencial como recurso en las costas de Oaxaca y Chiapas. In: El Golfo de Tehuantepec: el ecosistema y sus recursos (Tapia-García, M., ed.), p. 179-196. Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa, México.
- YÁNEZ-ARANCIBIA, A. 1978. Taxonomía, ecología y estructura de las comunidades de peces en lagunas costeras con bocas efímeras del Pacífico de México. Centro de Ciencias del Mar y Limnología. Universidad Nacional Autónoma de México, Publicaciones Especiales. 306 p.

## ESPLACNOLOGÍA DE LA RAYA MARIPOSA *Gymnura micrura* (RAJIFORMES: GYMNURIDAE)

Abraham Kobelkowsky

Laboratorio de Peces. Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Iztapalapa. Av. San Rafael Atlixco No. 186, Col. Vicentina, Iztapalapa, 09340 México, D. F. México. akd@xanum.uam.mx

Kobelkowsky, A. 2004. Esplacnología de la raya mariposa *Gymnura micrura* (Rajiformes: Gymnuridae). *Vertebrata Mexicana*, 14:1-8.

**Resumen:** Las cavidades celómicas de *Gymnura micrura* y los órganos contenidos en las mismas están notablemente aplanados, lo que corresponde con el patrón morfológico de los Rajiformes. El corazón muestra la aurícula notablemente amplia en el sentido transversal. La cavidad visceral es ovalada y está delimitada por las cinturas y los cartílagos metapterigios. El tracto digestivo es de sección ovalada y muestra los mismos componentes que todos los Elasmobranchii; la válvula espiral forma nueve vueltas. El sistema urogenital a diferencia de otras especies de rayas es pareado. Las gónadas están asociadas a los órganos epigonales. Los riñones son triangulares y aplanados.

**Palabras clave:** esplacnología, vísceras, rayas, Rajiformes, Gymnuridae.

**Abstract:** The celomic cavities and the viscera of the ray *Gymnura micrura* are notably flattened, corresponding with the morphological pattern of the Rajiformes. The heart shows the auricle outstanding wide. The shape of the visceral cavity is oval and the girdles and the metapterygian cartilages delimit it. The digestive tract is of oval section and it shows the same components that all the Elasmobranchii; the spiral valve has nine turns. Unlike other species of rays the urogenital system is paired. The gonads are associated to the epigonal organs. The kidneys are flattened and triangular.

**Key words:** splachnology, viscera, rays, Rajiformes, Gymnuridae.

La distribución de *Gymnura micrura* (Bloch) o raya mariposa es en fondos blandos de las aguas costeras, desde la bahía de Chesapeake, Estados Unidos hasta Brasil, desde

Senegal hasta Congo y desde India hasta Borneo (McEachran y Seret, 1990). Tiene una abundancia relativa en aguas estuarinas de la costa septentrional de Sudamérica (Cervigón et

al., 1992), se captura ocasionalmente en el río Tuxpan (Castro-Aguirre y Espinosa Pérez, 1996).

El estudio de las cavidades celómicas y las vísceras (esplacnología) de los Rajiformes es relativamente escaso. Romer (1962) describe el sistema urogenital de *Torpedo*. Pratt (1988) describe el testículo de *Raja erinacea*. Lacy y Reale (1999) describen los riñones de la misma especie. Kobelkowsky (2002) estudia el sistema digestivo de la raya *Urotrygon chilensis* y los riñones de *Gymnura micrura* (Kobelkowsky, en prensa).

Aspectos de la biología reproductiva de *Gymnura micrura* son registrados por Daiber y Booth (1960), y de *G. marmorata* son descritos por Villavicencio-Garayzar (1993, 1995).

El objetivo del presente trabajo es la descripción de las cavidades celómicas de la raya mariposa *Gymnura micrura* y de los órganos contenidos en las mismas.

## MÉTODO

Los ejemplares de *Gymnura micrura* se colectaron mediante red de arrastre camaronera, en el río Tuxpan y la laguna de Tampamachoco, Veracruz.

Para el análisis anatómico se seleccionaron cinco ejemplares adultos de cada sexo. Mediante disección se descubrieron las cavidades bucofaringéa, pericárdica y visceral, con el objeto de exponer el corazón, y los sistemas digestivo y urogenital. Subsecuentemente se retiró el sistema

digestivo para exponer el sistema urogenital.

Se realizaron cortes transversales de las cavidades celómicas, para ilustrar las relaciones topográficas de los órganos correspondientes. Se describió de manera general la organografía de las cavidades pericárdica y visceral, y se establecieron sus relaciones topográficas con el esqueleto.

Se realizaron comparaciones anatómicas de *Gymnura micrura* con especies representativas de otras familias de rajiformes, a saber: *Narcine brasiliensis* (Olfers), *Rhinobatos lentiginosus* (Garman), *Raja texana* Chandler, *Dasyatis sabina* (LeSueur) y *Urotrygon chilensis* (Günther). Asimismo, se hicieron comparaciones con las siguientes especies de tiburones: *Squalus acanthias* Linnaeus, *Sphyrna lewini* (Griffith y Smith) y *Carcharhinus limbatus* (Valenciennes).

Las ilustraciones se realizaron mediante una cámara lúcida, acoplada a un microscopio estereoscópico Wild M3Z.

## RESULTADOS

Las cavidades bucofaringéa, pericárdica y visceral de *Gymnura micrura* son notablemente deprimidas o aplanadas en el sentido dorsoventral (fig. 3).

La cavidad bucofaringéa es amplia y muestra además de la abertura bucal, la abertura espiracular interna y las cinco hendeduras branquiales internas (fig. 1c). Los arcos branquiales no proyectan branquies-

pinas.

La cavidad pericárdica contiene al corazón, el cual presenta el seno venoso de aspecto tubular, la aurícula notablemente ancha (figs. 1e, 3a), el ventrículo relativamente pe-

queño y el cono arterial con paredes gruesas (fig. 3a). De la aorta ventral salen tres arterias branquiales aferentes y una raíz arterial que se divide en las dos primeras arterias branquiales aferentes.

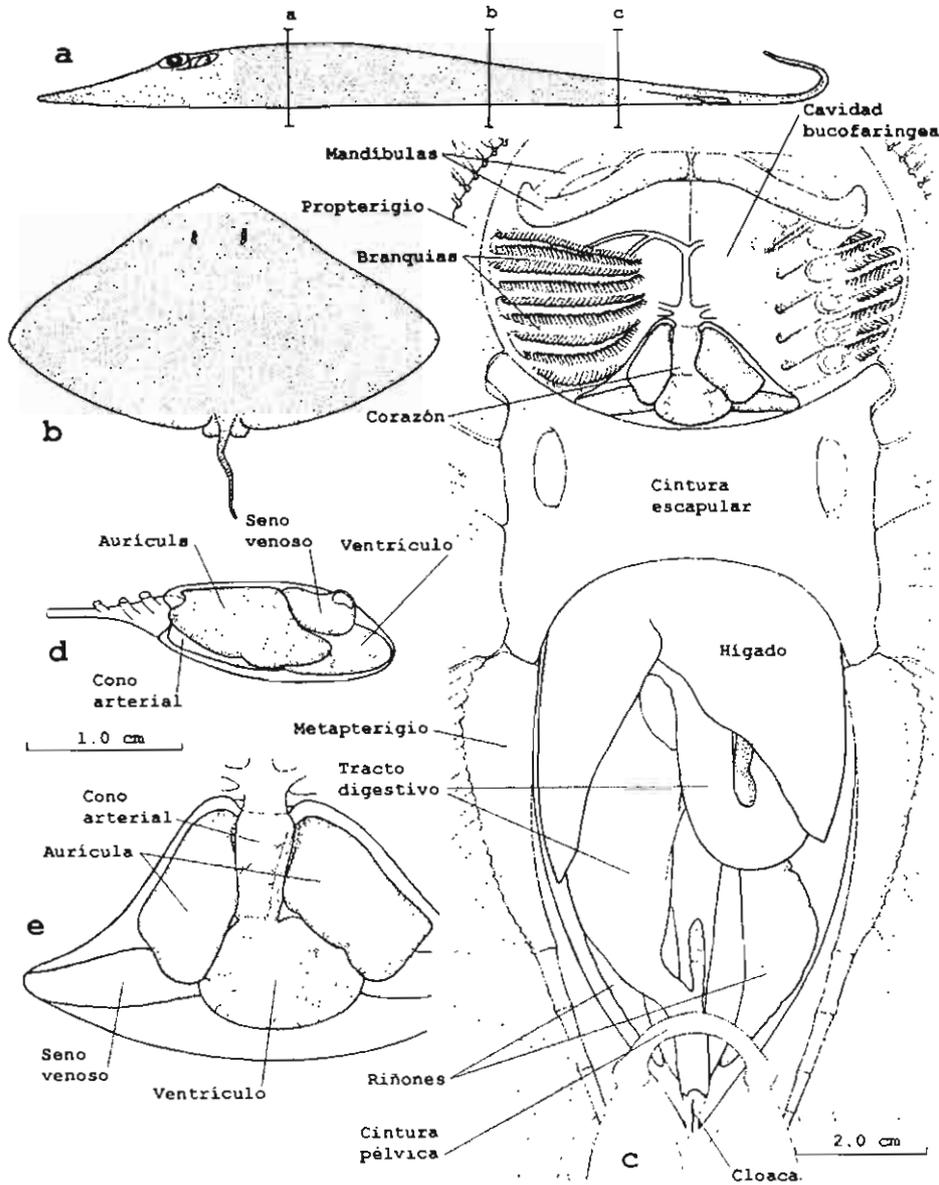


Figura 1. Cavidades celómicas de *Gymnura micrura*. a) Vista lateral de la raya mariposa (con la indicación de los niveles de las secciones transversales de la figura 3). b) Vista dorsal de la misma. c) Vista ventral de las cavidades bucofaringea, pericárdica y visceral. d, e) Vistas lateral y ventral de la cavidad pericárdica.

La cavidad visceral tiene un aspecto ventral ovalado y está delimitada anteriormente por el septo transverso y la amplia barra coracoides de la cintura escapular (fig. 1c); lateralmente, está limitada por los largos metapterigios de las aletas pectora-

les, posteriormente, termina más allá de la cintura pélvica. Su extremo posterior se continúa en dos pequeños conductos orientados ventralmente, los cuales se abren al exterior mediante los poros abdominales, a los lados de la cloaca (fig. 2g).

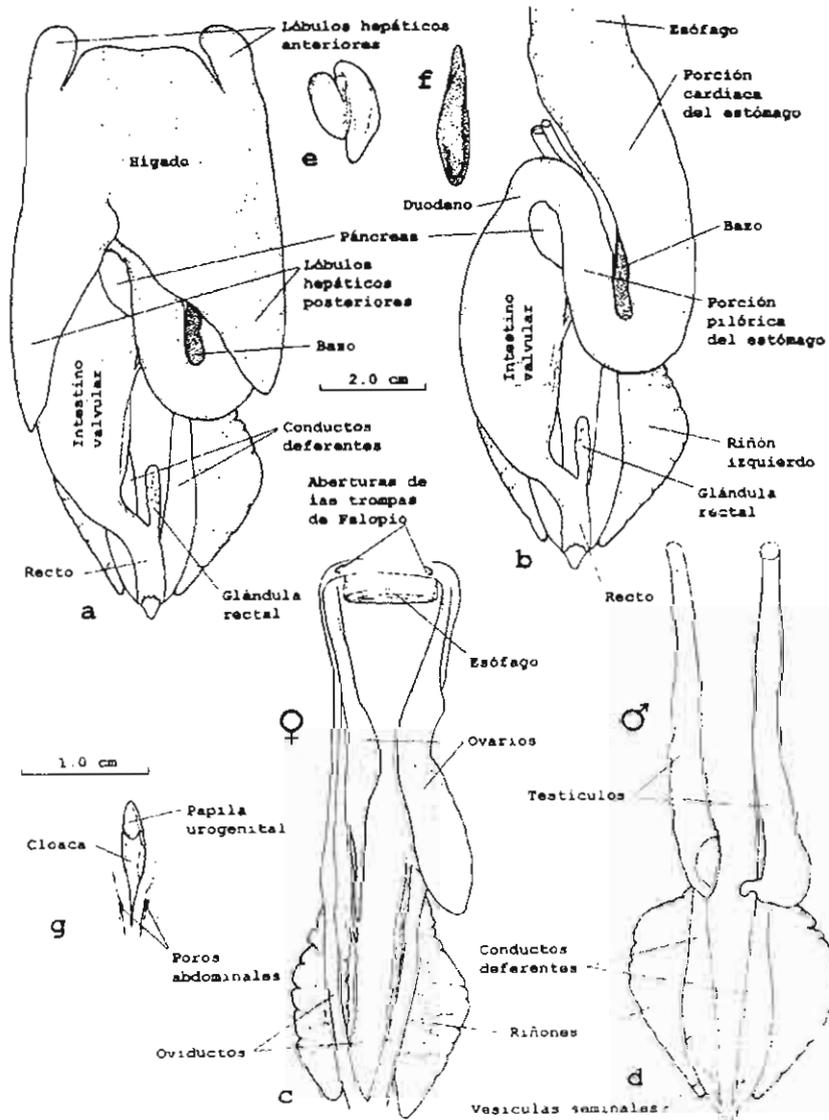


Figura 2. Vista ventral de los órganos de la cavidad visceral de *Gymnura micrura* a) Sistemas digestivo y urogenital. b) Tracto digestivo y sistema urogenital. c) Sistema urogenital de la hembra d) Sistema urogenital del macho. e) Páncreas f) Bazo. g) Cloaca

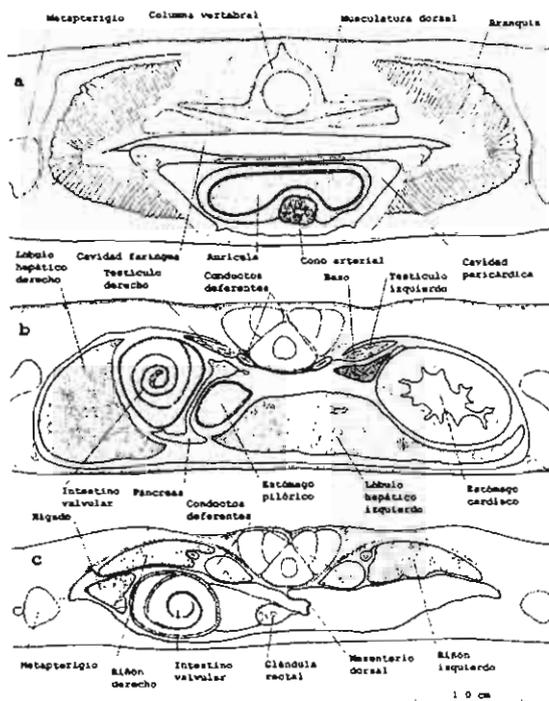


Figura 3. Secciones transversales de las cavidades celómicas de *Gymnura micrura*. a) Sección al nivel de las cavidades bucofaríngea y pericárdica. b) Sección al nivel de la porción anterior de la cavidad visceral. c) Sección al nivel de la porción posterior de la cavidad visceral.

El mayor volumen de la cavidad visceral lo ocupa el tracto digestivo con sus glándulas anexas, y en segundo término el sistema urogenital, el cual es de carácter extraperitoneal y está pareado.

El tracto digestivo es de sección ovalada en toda su extensión y solamente el recto y la glándula rectal están sostenidos por el mesenterio dorsal (fig. 3b y c). El esófago es amplio. Éste se continúa con el estómago en forma de J, el que tiene la porción cardíaca alargada y ancha, mientras que la pilórica es corta y angosta (fig. 2b). Después del esfínter pilórico se encuentra el duodeno, que es corto y curvado, mientras que el intestino

valvular es largo y contiene la válvula espiral con nueve vueltas. El recto es curvado y de superficie interna rugosa, desde cuyo inicio parte hacia delante la glándula rectal. El ano no muestra un esfínter definido, y se abre a la cloaca.

El hígado es deprimido (fig. 3b) y forma dos pequeños lóbulos anteriores, además de dos amplios lóbulos posteriores (fig. 2a); de éstos, el izquierdo es de mayor anchura. La vesícula biliar se localiza cerca de la unión de ambos lóbulos hepáticos posteriores. El páncreas forma un lóbulo ventral al duodeno y otro posterior, que se ubica entre el intestino valvular y el estómago pilórico (fig. 2a, b y e).

El bazo es alargado y se localiza en la parte interna de la vuelta del estómago (fig. 2a, b y f).

Tanto los ovarios como los testículos son deprimidos (figs. 2c y d, 3b) y están asociados con los órganos epigonales. Los ovarios están sostenidos por los mesovarios, siendo el izquierdo más grande que el derecho (fig. 2c). Cada trompa de Falopio se abre independientemente una de la otra, en la parte ventrolateral del esófago; posteriormente se abren por separado los dos oviductos en la parte anterior de la cloaca.

Los testículos, asociados con los órganos epigonales están sostenidos por los mesoquias (fig. 3b), y son de forma irregular (fig. 2d). Los conductos deferentes se continúan hacia atrás con un diámetro relativamente amplio. A partir del extremo posterior

de cada conducto deferente se desprende una vesícula seminal, de aspecto esponjoso, que se adosa ampliamente a su pared ventrolateral (fig. 2d). Ambos conductos deferentes se abren mediante dos orificios, colocados en el extremo de la papila urogenital.

Los dos riñones se encuentran extraperitonealmente en el techo de la parte posterior de la cavidad visceral, a ambos lados de la columna vertebral (fig. 3c). Son deprimidos, de forma triangular y de aspecto multilobular (fig. 2c y d). Los dos conductos urinarios accesorios alcanzan la cloaca, donde se abren en las hembras en dos pequeñas papilas urinarias, mientras que en los machos se abren mediante una sola abertura en el extremo de la papila urogenital.

### DISCUSIÓN

Se reconoce una relación entre el aplanamiento dorsoventral del cuerpo de la raya *Gymnura micrura* y el aplanamiento de la mayoría de los órganos en las cavidades pericárdica y visceral. Dicha relación se observa también en las especies representativas de las familias Narcinidae (*Narcine brasiliensis*), Rhinobatidae (*Rhinobatos lentiginosus*), Rajidae (*Raja texana*), Dasyatidae (*Dasyatis sabina*) y Urolophidae (*Urotrygon chilensis*), lo cual representaría un patrón estructural del orden Rajiformes.

El aplanamiento es más acentuado en la cavidad bucofaringea, donde la ausencia de las branquiespinas, conocidas en algunas especies de tiburones, aparentemente es un

patrón de los Rajiformes.

A diferencia de los tiburones, el corazón de *Gymnura micrura* y de las restantes especies de rayas examinadas, es relativamente asimétrico. El seno venoso es de aspecto tubular, y la aurícula y el ventrículo son aplanados.

La forma ovalada de la cavidad visceral de *Gymnura micrura* es similar a la de especies como *Rhinobatos lentiginosus* y *Dasyatis sabina*, y la hace diferente de especies como *Narcine brasiliensis* y *Urotrygon chilensis*, en las cuales es circular (Kobelkowsky, 2002), y de *Raja texana* en que es piriforme.

La organización morfológica del tracto digestivo y las glándulas anexas de *Gymnura micrura* es similar a la de los tiburones, y corresponde a un hábito carnívoro de alimentación. A diferencia de los tiburones *G. micrura* y las otras rayas no presentan el mesenterio dorsal que sostiene al estómago y al intestino valvular, restringiéndose al recto y la glándula rectal.

La longitud relativa del intestino valvular de *Gymnura micrura* es mayor que la de *Urotrygon chilensis*, sin embargo, la del recto es menor. La especie en estudio tiene nueve vueltas de la válvula espiral, mientras que *U. chilensis* presenta diez. El número de estas vueltas podría ser útil taxonómicamente en un estudio comparativo amplio de los Rajiformes.

La organización del sistema

urogenital de *Gymnura micrura* corresponde en términos generales al patrón morfológico de los Elasmobranchii, y aunque manifiesta una condición pareada, aparentemente sólo el ovario izquierdo es funcional, lo que corresponde con lo descrito por Daiber y Booth (1960) en esta especie, y por Villavicencio-Garayzar (1995) en *G. marmorata*. A diferencia de las gónadas de los tiburones, las de *G. micrura* tienen forma de cinta, correspondiendo con la condición aplanada de los testículos de *Raja erinacea* que describe Pratt (1988). Los oviductos de *G. micrura* se observan del mismo grosor, y probablemente sean funcionales los dos. Esto contrasta con especies como *Dasyatis sabina* y *D. brevis*, en las que sólo el oviducto izquierdo es funcional (Villavicencio-Garayzar, 1995).

De acuerdo con Hickman y Trump (1969) los riñones de los condrictios son alargados, sin embargo, en *Gymnura micrura* (Kobelkowsky, en prensa) y en las restantes especies de rajiformes examinadas, estos órganos son triangulares y aplanados. Lacy y Reale (1999) le asignan a *Raja erinacea* la forma semilunar.

El estudio de la esplanología de la raya *Gymnura micrura* permite la localización de los órganos dentro de las cavidades celómicas, y estudiar en un futuro los cambios relativos por la maduración de las gónadas en ambos sexos, y por el desarrollo de embriones dentro de los oviductos en las hembras. Mientras que en algunas especies de rayas solamente un oviducto es funcional, en *G. micrura* lo son ambos conductos (Daiber y

Booth, 1960).

#### LITERATURA CITADA

Castro-Aguirre, J. L. y H. Espinosa Pérez. 1996. Listados faunísticos de México. VII Catálogo sistemático de las rayas y especies afines de México (Chondrichthyes: Elasmobranchii: Rajiformes: Batoideomorpha). Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México. México. 75 pp.

Cervigón, F., R. Cipriani, W. Fischer, L. Garibaldi, M. Hendrickx, A. J. Lemus, R. Márquez, J. M. Poutiers, G. Robaina y B. Rodríguez. 1992. Guía de campo de las especies comerciales marinas y de aguas salobres de la costa septentrional de Sur América. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma. 513 pp. + 40 láminas.

Daiber, F. C. y R. A. Booth. 1960. Notes on the biology of the butterfly rays, *Gymnura altavela* and *Gymnura micrura*. Copeia, 1960(2):137-139.

Hickman, C. P. Jr. y B. F. Trump. 1969. The kidney. Pp. 91-239, in: Fish Physiology. Vol. I. Excretion, ionic regulation, and metabolism (W. S. Hoar y D. J. Randall, eds.). Academic Press. New York.

Kobelkowsky, D. 2002. Digestive system and dental sexual dimorphism in the ray *Urotrygon chilensis*. Resúmenes del II International Symposium on Livebearing Fishes. Querétaro, Qro. México, marzo de 2002.

Kobelkowsky, A. en prensa. El sistema excretor de la raya mariposa

*Gymnura micrura* (Pisces: Rajiformes). Anales del Instituto de Biología. Serie Zoología. Universidad Nacional Autónoma de México.

Lacy, E. R. y E. Reale. 1999. Urinary system. Pp. 353-397, *in*: Sharks, skates, and rays: the biology of elasmobranch fishes (W. C. Hamlett, ed.). The Johns Hopkins University Press. Baltimore. 515 pp.

McEachran, J. D. y B. Seret. 1990. Gymnuridae. Pp. 64-66, *in*: Checklist of the fishes of the eastern tropical Atlantic, Vol. 1 (J. C., Quero, J. C. Hureau, C. Karrer, A. Post y L. Saldanha, eds.). JNICT, Lisboa; SEI, Paris; y UNESCO, Paris.

Pratt, Jr. H. L. 1988. Elasmobranch gonad structure: a description and survey. *Copeia*, 1988(3):719-729.

Romer, A. S. 1962. The vertebrate body. W. B. Saunders Company. Philadelphia. 475 pp.

Villavicencio-Garayzar, C. J. 1993. Notas sobre *Gymnura marmorata* (Pisces: Dasyatidae) en Bahía Almejas, B. C. S., México. *Revista de Investigaciones Científicas, Serie Ciencias Marinas UABCS*, 4(1):91-94.

Villavicencio-Garayzar, C. J. 1995. Distribución temporal y condición reproductiva de las rayas (Pisces: Batoidae), capturadas comercialmente en Bahía Almejas, B. C. S., México. *Revista de Investigaciones Científicas, Serie Ciencias Marinas UABCS*, 6(1-2):1-12.

Fecha de recepción: 22 de octubre de 2003.

Fecha de aceptación: 12 de enero de 2004.

## RELACIONES ANATÓMICAS DE LA VEJIGA NATATORIA DEL RONCO *BAIRDIELLA CHRYSOURA* (PISCES: SCIAENIDAE)

Abraham Kobelkowsky

Laboratorio de Peces, Departamento de Biología, Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa. (E-mail: [akd@xanum.uam.mx](mailto:akd@xanum.uam.mx)).

### RESUMEN

Mientras que la vejiga natatoria de la mayoría de los peces teleósteos es simple, la del «ronco» (*Bairdiella chrysoura*) está formada por dos cámaras, de las cuales la anterior se divide en dos lóbulos. Los lóbulos anteriores se colocan cerca de la articulación de los huesos opercular e hiomandibular, haciendo contacto con varios músculos cefálicos y con los lóbulos renales anteriores. La cámara posterior hace contacto con el riñón, el hígado, el tracto digestivo y las gónadas. El anclaje de la vejiga natatoria es complejo, e implica los dos procesos posteriores del neurocráneo y la modificación de tres vértebras precaudales. En los machos se desarrollan músculos sonoríferos asociados con la vejiga natatoria.

Palabras clave: Vejiga natatoria, *Bairdiella*, ronco, músculos sonoríferos.

### INTRODUCCIÓN

La vejiga natatoria o vejiga gaseosa es un órgano hidrostático, derivado del pulmón de los Holostei (Romer, 1971) y que, según Blaxter y Tytler (1978), tiene entre otras funciones la de producción de sonido.

Mientras que en los teleósteos inferiores la vejiga natatoria permanece conec-

tada al tracto digestivo, en el orden Perciformes, está desconectada del mismo. Dentro de este orden se encuentra la familia Sciaenidae, que es una de las más importantes en el mar.

En los sistemas lagunares costeros del Golfo de México, se han registrado 14 géneros de Sciaenidae con 25 especies (Reséndez-Medina y Kobelkowsky, 1991), de las cuales las más comunes son *Bairdiella chrysoura* y *Bairdiella ronchus*.

*Bairdiella chrysoura* (Lacepède, 1803) se distribuye desde Connecticut, E.U.A., hasta el sur de Florida y por las costas del Golfo de México hasta Laguna de Términos, Campeche.

Debido a que en los Sciaenidae es común la formación de apéndices o lóbulos en la vejiga natatoria, y a que con frecuencia presentan músculos sonoríferos asociados a ésta, el objetivo del presente trabajo es la descripción de las relaciones anatómicas de la vejiga natatoria con otras estructuras en *Bairdiella chrysoura*.

### MATERIALES Y MÉTODOS

Se colectaron 20 ejemplares machos y hembras de *Bairdiella chrysoura*, mediante una red de arrastre en la laguna de Tampamachoco, Veracruz, los cuales se fijaron en formaldehído al 10% y se conservaron en alcohol etílico al 70%.

El análisis anatómico se realizó mediante disecciones bajo un microscopio estereoscópico Olympus SZ-PT.

La exposición de la cavidad visceral se hizo primeramente descamando la piel de la región precaudal. Se realizó un corte medio ventral del piso de la cavidad visceral; se retiraron los mús-

culos axiales de la región hasta exponer las costillas y las vértebras precaudales; se removieron las costillas ventrales y dorsales.

La exposición de la cavidad branquial se hizo retirando los huesos del opérculo y de la cintura escapular.

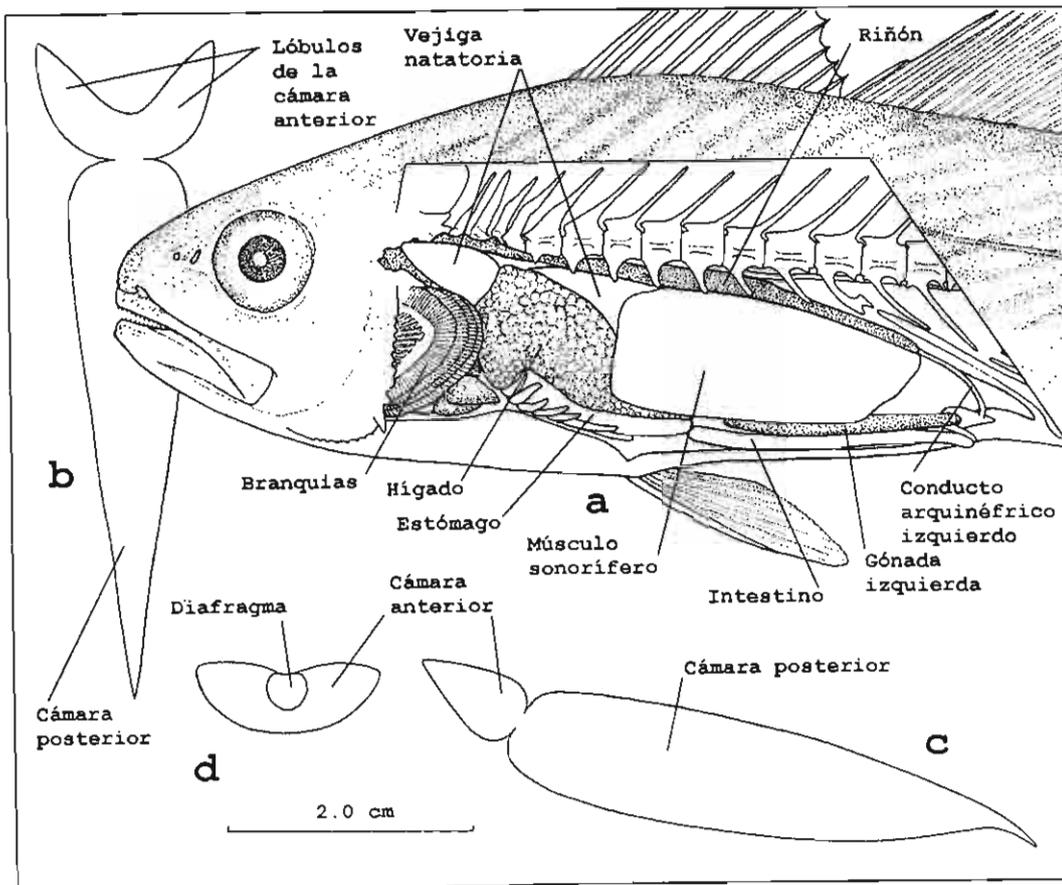


Figura 1. Morfología y localización de la vejiga natatoria del "ronco" (*Bairdiella chrysoura*): a) Organografía de la cavidad visceral. b) Vista ventral de la vejiga natatoria. c) Vista lateral izquierda de la vejiga natatoria.

Las ilustraciones se elaboraron mediante un microscopio estereoscópico Leica con cámara lúcida.

Se utilizó la terminología de Chao (1978) para la vejiga natatoria, y la de Winterbottom (1974) para los músculos cefálicos.

**RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

En el presente estudio se observa que la vejiga natatoria, tanto en las hembras como en los machos de *Bairdiella chrysoura*, presenta dos cámaras (figura 1): una anterior, dividida en dos lóbulos, y otra posterior, grande y en forma de zanahoria; ambas cámaras están

separadas por un diafragma que muestra una abertura central (figura 1d).

Chao (1978) clasifica a los géneros de esciéndidos del Atlántico Occidental en un grupo con la vejiga natatoria formada por una sola cámara, y otro con dos cámaras. En el primer grupo están los géneros: *Micropogonias*, *Nebris*, *Aplodinotus*, *Pogonias*, *Sciaenops*, *Larimus*, *Pareques*, *Equetus*, *Sciaena*, *Ctenosciaena*, *Umbrina*, *Leiostomus*, *Menticirrhus*, *Lonchurus*, *Paralonchurus*, *Macrodon*, *Cynoscion*, *Isopisthus* y *Plagioscion*. Y en el segundo grupo: *Stellifer*, *Ophioscion*, *Bairdiella* y *Odontoscion*.

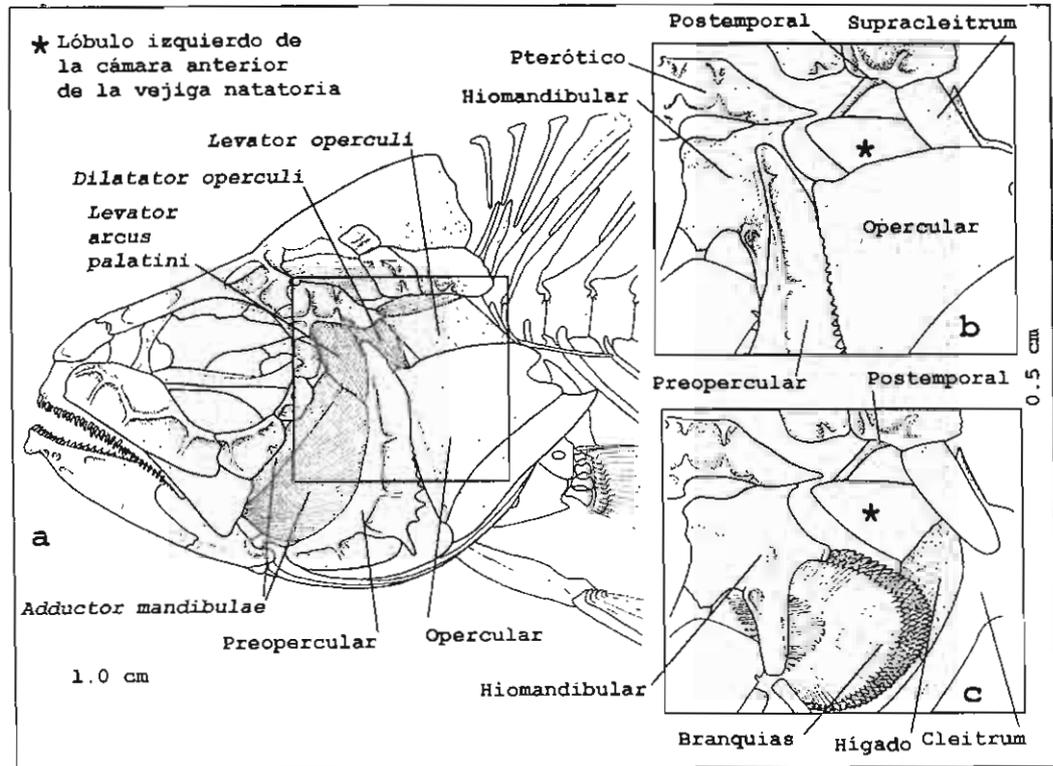


Figura 2. Localización de la cámara anterior de la vejiga natatoria de *Bairdiella chrysoura*: a) Esqueleto cefálico y músculos de la región de la mejilla, b) Recuadro de a) sin los músculos, c) Recuadro de b) sin los huesos preopercular y opercular.

Mientras que en la mayoría de los teleósteos u osteictios superiores, la vejiga natatoria tiene como límite anterior el tabique transverso, en *Bairdiella chrysoura* este límite es rebasado por la cámara anterior (figuras 1a, 2b, 2c). Asimismo, es conocido que en los Clupeiformes o sardinas y anchoas, dicho límite es rebasado mediante dos conductos precelómicos que hacen contacto con el neurocráneo (Whitehead y Blaxter, 1989).

Los lóbulos laterales de la cámara anterior son accesibles bajo la piel del área entre los huesos posttemporal, opercular y supracleitrum, al retirar los músculos *levator operculi* (figura 2a). Las cámaras anteriores terminan cerca de la articulación opérculo-hiomandibular (figura 2b), así, prácticamente, los lóbulos laterales de la cámara anterior están en contacto con las cámaras branquiales correspondientes (figura 2c).

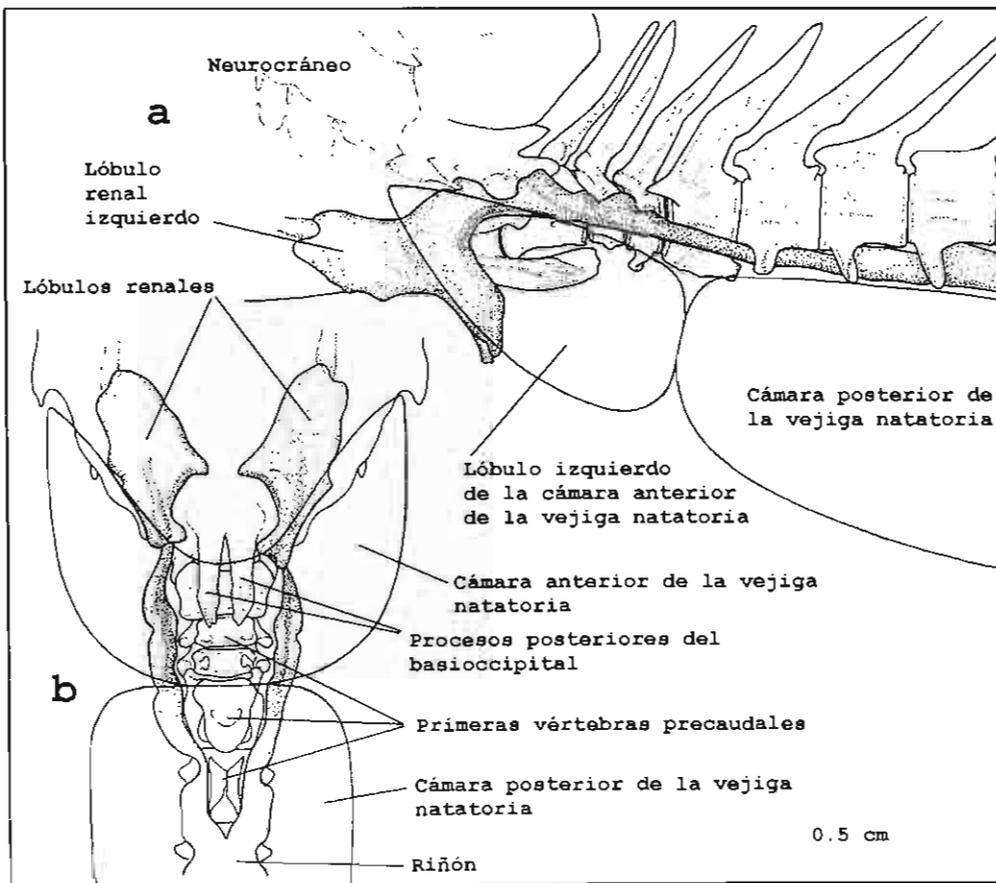


Figura 3. Relación de la vejiga natatoria de *Bairdiella chrysoura* con el esqueleto axial y el riñón. a) Vista lateral izquierda. b) Vista ventral.

Cada lóbulo hace contacto dorsalmente con el músculo *levator pectoralis*, anteroventralmente con el músculo *protractor pectoralis*, el *adductor operculi* y el *levator posterior*. Asimismo, hace contacto medialmente con el músculo *retractor dorsalis* y con el lóbulo renal anterior (figuras 3a, 3b), al cual imprime una forma cóncava.

La vejiga natatoria de la especie en estudio, así como de la mayoría de los teleósteos, hace contacto ventralmente con el hígado y el tracto digestivo, y ventrolateralmente con las gónadas. En *Bairdiella chrysoura*, la parte externa de la constricción entre las cámaras de la vejiga natatoria está ocupada por parte del hígado (figura 1a), y el extremo posterior de la misma termina en punta, rebasando hacia atrás el nivel del ano hasta hacer contacto con el primer pterigióforo anal. Cerca de este extremo, la vejiga es rodeada por los dos conductos arquinéfricos, que descienden hasta la vejiga urinaria (figura 1a).

La presencia de los músculos sonoríferos en los machos (figura 1a y 4b), se reconoce como la principal característica que determina el dimorfismo sexual secundario en *Bairdiella chrysoura*. Dichos músculos son de tipo extrínseco, se originan en la musculatura hipoaxial, cerca de la línea media ventral, y se insertan en una aponeurosis mediodorsal en forma de banda gruesa, sobre la cámara posterior de la vejiga natatoria. Su presencia en el género *Bairdiella* no había sido registrada hasta la fecha.

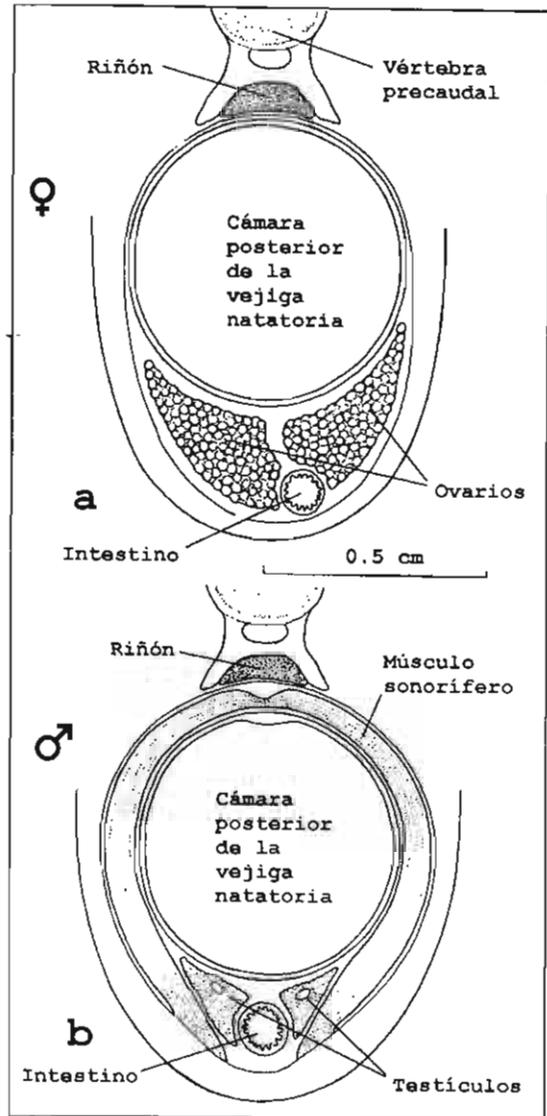


Figura 4. Dimorfismo sexual de *Bairdiella chrysoura*. a) Corte transversal de la región abdominal de la hembra. b) Corte transversal de la región abdominal del macho.

Los músculos sonoríferos son frecuentes entre los esciénidos, encontrándose en *Micropogonias*, *Pogonias*, *Umbrina*, *Menticirrhus*, *Palonchurus*, *Lonchurus* y *Cynoscion*. De acuerdo con Winterbottom (1974), dichos músculos parecen haberse desarrollado varias veces en la evolución de los teleósteos, y son usualmente derivados de la musculatura axial.

Según Nikolsky (1963) existen especies que producen sonidos biológicos, los cuales pueden ser más frecuentes en épocas de reproducción y aparentemente sirven para atraer al sexo contrario, como en Sciaenidae y los Situriformes o bagres. El sonido en esciénidos también puede tener algún significado en la formación de cardúmenes para alimentarse (Fish, 1954).

En los engráulidos *Anchoa* y *Engraulis*, la producción de sonido por la vejiga natatoria puede ocurrir, según Whitehead y Blaxter (1989), mediante la constricción entre las cámaras, al pasar gas de una cámara a la otra.

El posible mecanismo de emisión de sonido en los machos de *Bairdiella*, sería la contracción de los músculos sonoríferos que, al reducir el volumen de la cámara posterior, pasarían el gas por el diafragma produciendo el sonido; éste sería conducido por los lóbulos de la cámara anterior, hasta ser liberado al exterior vía cámara branquial. En algunos teleósteos se reconocen diferencias sexuales en las características del sonido producido, como en la anguila (*Rissola marginata*) (Courtenay, 1971) y en el bacalao (*Gadus aeglefinus*), en el que los músculos sonoríferos del macho son más gran-

des que en las hembras (Templeman y Hodder, 1958) y están mejor desarrollados en la época reproductiva.

Mientras que en la mayoría de los teleósteos, la vejiga natatoria tiene un anclaje sencillo, desde las primeras vértebras precaudales, en los esciénidos está firmemente unida a la superficie ventral de las vértebras 3 a 6 (Chao, 1978). Sin embargo, en *Bairdiella chrysoura* presenta un anclaje complejo (figura 3): se fija a dos procesos posteriores del hueso basioccipital orientados hacia atrás, a los bordes laterales de las vértebras 2 y 3, y a los bordes del anillo ventral de la vértebra 4. Desde este anillo se forma un pequeño tubo fibroso, que se continúa con la cámara anterior al nivel de la constricción.

Chao (1978) agrupa los géneros de Sciaenidae del Atlántico, con base en similitudes anatómicas: posición de la boca, patrón de poros y barbillas, morfología de los otolitos y de la vejiga natatoria. De esta manera agrupa a *Stellifer*, *Ophioscion*, *Bairdiella* y *Odontoscion* en el llamado patrón "Stellifer".

En el presente trabajo se confirma la similitud entre los géneros *Stellifer* y *Bairdiella*, con base en la morfología de la vejiga natatoria, la presencia de músculos sonoríferos en el macho y las modificaciones anatómicas del neurocráneo y las primeras vértebras para el anclaje de la vejiga natatoria.

## CONCLUSIONES

La vejiga natatoria del "ronco" (*Bairdiella chrysoura*) se encuentra dentro de un patrón estructural consistente en dos cámaras: una anterior, dividida en dos lóbulos laterales, y otra posterior, grande y terminada en punta.

Los lóbulos laterales de la vejiga están separados entre sí por los músculos *retractores dorsales* y por los lóbulos renales; rebasan hacia adelante el nivel del tabique transversal y están en contacto con las cámaras branquiales.

La cámara anterior hace contacto con los lóbulos renales y con músculos cefálicos, cerca de la articulación operculo-hiomanibular.

La cámara posterior hace contacto con el riñón mesonéfrico, el hígado, el tracto digestivo y las gónadas.

El anclaje de la vejiga natatoria es único entre los Sciaenidae, y se lleva a cabo mediante un par de procesos especiales del neurocráneo y modificaciones ventrales de las vértebras 2, 3 y 4.

Los machos de *Bairdiella chrysoura* desarrollan músculos sonoríferos, asociados a la cámara posterior de la vejiga natatoria, de los cuales carecen las hembras.

## BIBLIOGRAFÍA

- Blaxter, J. H. S. y P. Tytler (1978). "Physiology and function of the swimbladder". *Advances in Comparative Physiology and Biochemistry*, 7, pp. 311-367.
- Courtenay, W. R. (1971). "Sexual dimorphism of the sound producing mechanism of the striped cusk-eel, *Rissola marginata* (Pisces: Ophidiidae)". *Copeia*, (2), pp. 259-268, 8 figs.
- Chao, L. N. (1978). "A basis for classifying western Atlantic Sciaenidae (Teleostei: Perciformes)". *NOAA Tech. Rep., NMFS Tech. Circ.* 415, pp. 1-64.
- Fish, M. (1954). "The character and significance of sound production among fishes of the western North Atlantic". *Bull. Bingham Oceanogr. Coll.* 14, núm. 3.
- Moyle, P. B. y J. J. Cech Jr. (1996). *Fishes. An introduction to ichthyology*. Prentice Hall, Londres, 590 p.
- Nikolsky, G. V. (1963). *The ecology of fishes*. Academic Press, Londres y Nueva York, 352 p.
- Reséndez-Medina, A. y A. Kobelkowsky D. (1991). "Ictiofauna de los sistemas lagunares costeros del Golfo de México, México". *Universidad y Ciencia*, 8(15), pp. 91-110.
- Templeman, W. y V. Hodder (1958). "Variation with fish length, sex, stage of sexual maturity and season in the appearance and volume of the drumming muscles of the swimbladder in the haddock *Melanogrammus aeglefinus* (L.)". *J. Fish. Res. Bd. Can.* 15, núm. 3.

- Whitehead, P. J. P. y J. H. S. Blaxter (1989). "Swimbladder form in clupeoid fishes". *Zoological Journal of the Linnean Society*, 97, pp. 299-372.
- Winterbottom, R. (1974). "A descriptive synonymy of the striated muscles of the Teleostei". *Proceeding of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia*, 125 (12), pp. 225-317.

## SISTEMA DIGESTIVO DEL LENGUADO *Symphurus* (PISCES: CYNOGLOSSIDAE)

Abraham Kobelkowsky D.<sup>1</sup>

### RESUMEN

El sistema digestivo de los lenguados del género *Symphurus* Rafinesque, muestra una notable asimetría en el arco mandibular y su dentición. Tanto la cavidad bucofaringea como la cavidad visceral son aplanadas lateralmente. Los arcos branquiales 1 a 4 presentan un pliegue cutáneo y no se forman branquiespinas. Las placas faríngeas tienen una orientación oblicua y llevan dientes rectos y agudos. El hígado está colocado en el lado izquierdo de la cavidad visceral. El estómago externamente no está bien diferenciado del intestino y se halla suspendido por una fascia dorsal. No se presentan ciegos pilóricos y el intestino forma varias asas. El ano se abre en el lado ciego del cuerpo. La longitud del tracto digestivo corresponde al 63% de la longitud patrón. Las características anatómicas del tracto digestivo corresponden con una dieta principalmente de detritus. Los Cynoglossidae y los Achiridae muestran similitud en la organización de la dentición y del tracto digestivo; sin embargo, difieren en que los Achiridae muestran la dentición mandibular invertida y extienden dos asas intestinales fuera de la cavidad visceral.

### ABSTRACT

The digestive system of the tonguefish genus *Symphurus* Rafinesque, shows a markedly asymmetry in the mandibular arch and its dentition. Both the oropharyngeal and visceral cavities are flattened laterally. Branchial arches 1 to 4

---

<sup>1</sup> Laboratorio de Peces Departamento de Biología, Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Iztapalapa Av. Michoacán y La Purísima, Colonia Vicentina, Iztapalapa México, D.F. C.P. 09310

have a cutaneous fold, and there is not gill rakers. Pharyngeal plates are diagonally oriented and bear sharp and right teeth. The liver is located on the left side of the visceral cavity. The stomach is not well differentiated externally from the intestine, and is suspended by a dorsal fascia. There is no pyloric caeca. The intestine has some loops. The anus opens into the blind side of the body. The intestinal length is about 63% of the standard length. Some anatomical features of the digestive system correlate to a mainly detritophagous habit. Cynoglossidae and Achiridae are similar in dentition and digestive tract, but Achiridae are reversal in the mandibular dentition and have two intestinal loops out of the main visceral cavity.

## INTRODUCCIÓN

Los peces de la familia Cynoglossidae son lenguados de mares tropicales y subtropicales, que tienen ambos ojos en el lado izquierdo, el borde del preopercular está oculto bajo la piel, carecen de aletas pectorales. las aletas dorsal y anal son confluentes con la caudal, y muestran la boca asimétrica y los ojos pequeños (Nelson, 1994). De acuerdo con Chapleau (1993) esta familia está filogenéticamente relacionada con Soleidae y Achiridae.

Los únicos trabajos de anatomía de los Cynoglossidae corresponden a Chapleau (1988) sobre su osteología, Webb (1993) sobre los órganos olfatorios y Chabanaud (1947) sobre el riñón.

Como fundamento para estudiar su biología, el objetivo del presente trabajo es la descripción anatómica del sistema digestivo de *Symphurus Rafinesque 1810*.

## MATERIAL Y MÉTODOS

Se colectaron ejemplares de *Symphurus civitatus* Ginsburg, *Symphurus plagiusa* (Linnaeus) y *Symphurus urospilus* Ginsburg, en la laguna de Pueblo Viejo, el sistema estuarino de Tuxpan-Tampamachoco, Veracruz y en varias localidades del Golfo de México, utilizando redes de arrastre camarонерas. La determinación taxonómica se hizo mediante las claves de Topp y Hoff (1972) y Hoese y Moore (1977).

Con el objeto de describir la morfología del arco mandibular, la serie hiopalatina y los arcos branquiales se prepararon 20 esqueletos de las tres especies. Para la observación del resto del sistema digestivo, se expuso la cavidad visceral

mediante disección por ambos lados del cuerpo en 40 ejemplares de las tres especies.

Considerando que los lenguados de las familias Achiridae y Soleidae están filogenéticamente relacionadas con los Cynoglossidae, se hizo la comparación del sistema digestivo con las especies de aquiridos: *Achirus lineatus*, *Trinectes maculatus* y *Gymnachirus texae*.

Las ilustraciones se realizaron con base en *Symphurus civitatus*, la cual es la especie más abundante en las muestras obtenidas.

En la terminología del esqueleto visceral se utilizó principalmente el criterio de Chapleau (1988). Con relación a la asimetría de la familia Cynoglossidae se utilizaron los siguientes sinónimos: lado izquierdo = lado oculado, lado derecho = lado ciego.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La boca de los lenguados del género *Symphurus* Rafinesque es relativamente chica y muestra una gran asimetría (figura 1a, b, c) debida a la mayor curvatura de las mandíbulas superior e inferior en el lado ciego. El dentario del lado derecho (ciego) lleva numerosos dientes (figura 1e, f) y es más amplio que el del lado izquierdo (oculado), que carece de ellos (figura 1d, f). El premaxilar del lado ciego es más grande y curvo y lleva numerosos dientes, mientras que el del lado oculado es más recto y sólo lleva algunas piezas dentales. La presencia de dientes en el premaxilar del lado oculado y la abundante dentición en el premaxilar y el dentario del lado ciego en *Symphurus civitatus*, *Symphurus plagusia* y *Symphurus urospilus* permite diferenciar estas especies de *Symphurus plagusia*, *Cynoglossus cynoglossus* y *Parapaglusia bilineata* descritas por Chapleau (1988).

La sínfisis premaxilar es irregular y muestra un pequeño cóndilo en cada hueso (figura 1f); la sínfisis mandibular consiste en un cóndilo alargado en cada dentario. La asimetría en la forma de las mandíbulas y de su dentición es inversa en los lenguados de la familia Achiridae (Kobelkowsky, 1994).

Posterior a la abertura bucal se observa la válvula oral bien desarrollada. La cavidad bucofaringea es estrecha y alargada, siendo su longitud aproximadamente la misma de la cavidad visceral (figura 3a). La reducción de la anchura de la cavidad bucofaringea está relacionada con el aplanamiento del cuerpo. Todos los

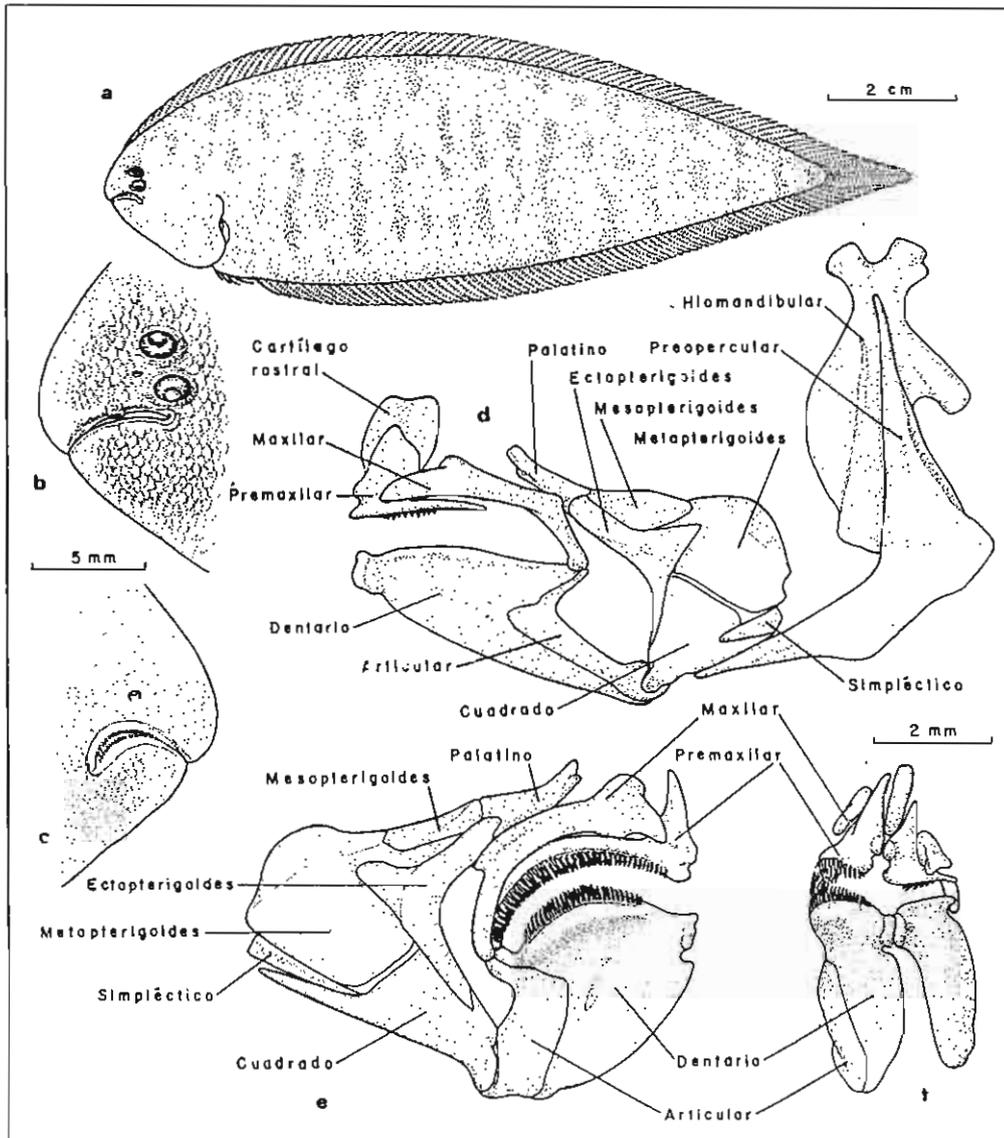


Figura 1. Organización mandibular de *Symphurus*. a) Vista lateral de *Symphurus civitatus*. b) Abertura bucal vista por el lado oculado. c) Abertura bucal vista por el lado ciego. d) Arcos mandibular e hiopalatino en vista lateral izquierda (lado oculado). e) Arcos mandibular y palatino en vista lateral derecha (lado ciego). f) Mandíbulas en vista anterior.

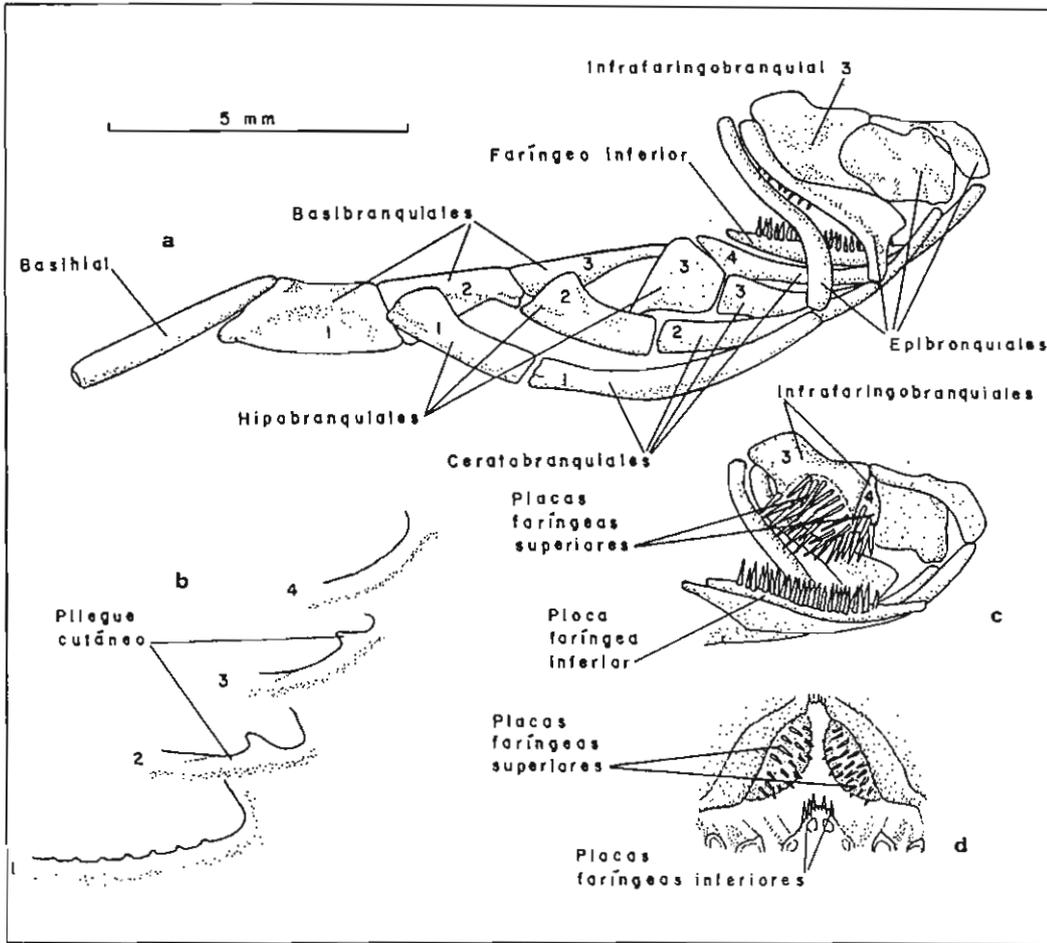
huesos de la serie hiopalatina son asimétricos. Los palatinos son angostos (figura 1d, e) y no se articulan con el neurocráneo. Los ectopterigoideos son curvos y tienen un proceso posterior plano. Los mesopterigoideos son reducidos (figura 1d, e) y no alcanzan la base del neurocráneo. Los metapterigoideos son laminares y no hacen contacto con el hiomandibular (figura 1d). El cuadrado del lado ciego tiene muy desarrollado el cóndilo que recibe al articular (figura 1e). El preopercular juega un papel importante en la suspensión mandibular, debido a la falta de contacto del hiomandibular con el metapterigoideos (figura 1d), como se observa en los Bothidae y en los Perciformes (Kobelkowsky, datos no publicados).

Los arcos branquiales se encuentran muy cercanos entre sí, de tal manera que en conjunto forman una larga cresta en el piso de la cavidad bucofaringea (figura 2d). Los arcos branquiales no forman verdaderas branquiespinas y en su lugar se desarrolla un pliegue cutáneo (figura 2b), que en el primer arco tiene varias puntas pequeñas en la rama inferior, mientras que en el segundo y tercer arcos forma una sola punta grande. En el cuarto arco el pliegue es uniforme. La ausencia de branquiespinas está relacionada con el carácter detritófago de *Symphurus*.

El aparato branquial (figura 2a) presenta los basibranquiales 1 a 4, los hipobranquiales 1 a 3, los ceratobranquiales 1 a 5, los epibranquiales 1 a 4, y los infrafarinobranquiales 3 y 4.

No se reconocen en las especies estudiadas de *Symphurus* los huesos infrafarinobranquial 1 y 2, siendo la suspensión del aparato branquial mediante el epibranquial número 1 y el infrafarinobranquial número 3. En los lenguados de las familias Bothidae (Castillo-Rivera y col., 1999) y Achiridae, así como también en el orden Perciformes, dicha suspensión es mediante el infrafarinobranquial 1. El hueso ceratobranquial número 5 o hueso faríngeo inferior lleva dos hileras de dientes grandes, rectos y agudos, mientras que las placas faríngeas superiores están formadas por los infrafarinobranquiales 3 y 4, que soportan dientes grandes, rectos y más robustos (figura 2c, d); el conjunto de placas superiores es circular. La orientación de las placas faríngeas superiores es en un plano oblicuo como en los demás pleuronectiformes.

El hueso basibranquial número 1 es notablemente amplio en el plano sagital (figura 2a). Anteriormente a este hueso se encuentra el basihial, el cual es alargado y no lleva dientes.



**Figura 2.** Aparato branquial de *Symphurus*. a) Esqueleto branquial en vista lateral izquierda. b) Pliegue cutáneo de los arcos branquiales 1 a 4. c) Vista interna de las placas faríngeas del lado derecho. d) Vista anterior de la cavidad bucofaríngea a nivel de las placas faríngeas.

La descripción del esqueleto branquial de *S. civitatus*, *S. plagiosa* y *S. urosphilus* corresponde en general a la que hace Chapleau (1988) de *Cynoglossus cynoglossus*, *Symphurus plagiosa* y *Parapaghusia bilineata*, las cuales representan a los tres géneros que constituyen la familia Cynoglossidae.

Relacionado con el aplanamiento del cuerpo, la cavidad visceral es lateralmente aplanada; está delimitada en el dorso por las vértebras precaudales, anteriormente por las cinturas escapular y pélvica, y hacia atrás por el primer pterigióforo anal y por la espina hemal de la primera vértebra caudal. Las porciones dorsal y posterior de la cavidad visceral están ocupadas por el sistema urogenital (figura 3a).

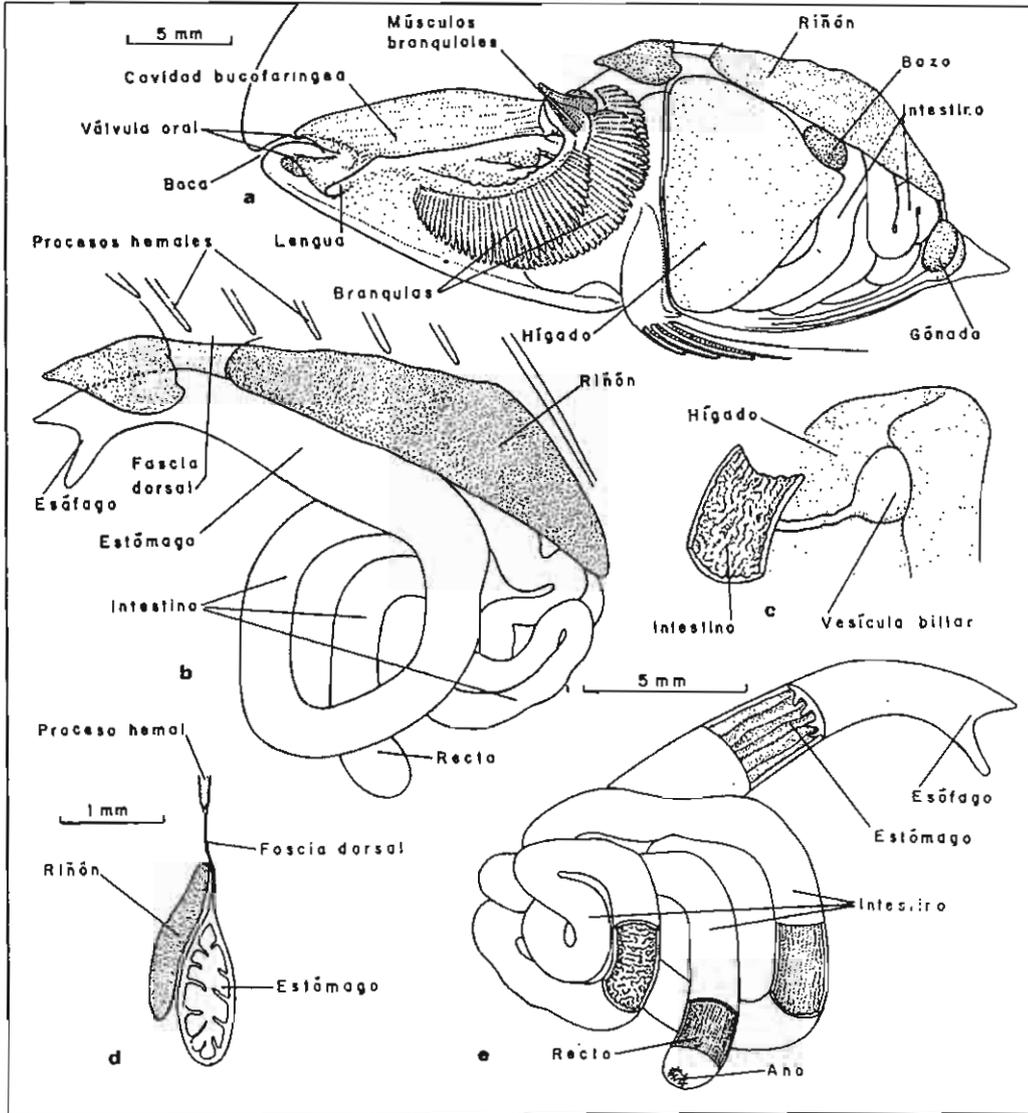
La posición del hígado en la cavidad visceral de *Symphurus* corresponde a la de la mayoría de los Teleostei, ocupando la mayor parte del costado izquierdo y la parte anterior de la cavidad visceral (figura 3a); la vesícula biliar se localiza en el lado derecho del hígado, como sucede en los Achiridae (Kobelkowsky, 1994) y en el bóvido *Citharichthys spilopterus* (Castillo-Rivera y col. 1999), al cual imprime una c). Del hígado pasan al seno venoso del corazón dos venas hepáticas.

El esófago es corto y se encuentra rodeado por los lóbulos renales y por el seno venoso del corazón. El estómago es simple y externamente no se diferencia del intestino, se encuentra oculto por el hígado y las asas intestinales. Como una característica exclusiva de *Symphurus*, se reconoce la suspensión del estómago mediante una fascia desde los procesos hemales de las vértebras precaudales 4 a 6 (figura 3b, d), dicha fascia ocupa una notable escotadura del lado izquierdo del riñón. Internamente el estómago muestra pliegues y surcos longitudinales bien marcados, que permiten diferenciarlo del intestino. Como ocurre en los Achiridae, no se forman ciegos pilóricos, los cuales son característicos de las familias Bothidae y Pleuronectidae. A continuación del estómago el intestino desciende y forma una amplia asa que se continúa por varias asas pequeñas (figura 3b, e), las cuales no abandonan los límites de la cavidad visceral como en los Soleidae y los Achiridae (Norman, 1934). Internamente el intestino muestra surcos y pliegues finos, con frecuencia de aspecto irregular. El recto se encuentra en el lado derecho y se abre mediante el ano en el lado ciego del cuerpo (figura 3e). La posición del ano es como en muchos lenguados, cerca del inicio de la aleta anal.

La longitud del tracto digestivo (estómago + intestino) representa en *Symphurus civitatus* el 63% de la longitud patrón.

El análisis preliminar de la dieta de *Symphurus civitatus* permite reconocer un hábito principalmente detritófago. Varios autores, como Nikolsky (1963) y Wootton (1990), intentan establecer una relación entre la longitud del tracto digestivo y la dieta en los teleósteos.

De acuerdo con Gerking (1994) existen dos tipos de tracto digestivo entre los peces detritívoros: el de estómago simple e intestino largo, y el de estómago con



**Figura 3.** Tracto digestivo de *Symphurus*. a) Vista lateral izquierda (lado oculado) de las cavidades bucofaringea y visceral. b) Tracto digestivo y riñón en vista lateral izquierda (lado oculado). c) Vesícula biliar vista por el lado derecho. d) Corte transversal del estómago y el riñón a nivel de la fascia dorsal. e) Tracto digestivo en vista lateral derecha (lado ciego), mostrando la superficie interna del estómago y del intestino.

dos porciones e intestino corto. Sin embargo, es difícil ubicar el tracto digestivo de los cinoglossidos en alguna de estas categorías. Como señala el mismo autor, no existen estrategias alimentarias comunes entre los detritívoros.

### CONCLUSIONES

La morfología de las mandíbulas y la distribución de la dentición mandibular en los Cynoglossidae muestra una marcada asimetría, siendo los huesos del lado derecho o lado ciego los más grandes y la dentición en dicho lado la más abundante; en la familia Achiridae, filogenéticamente cercana, la asimetría de las mandíbulas y su dentición es inversa.

La ausencia de branquiespinas está relacionada con el hábito detritófago de las especies de *Symphurus*.

La orientación oblicua de las placas faríngeas superiores corresponde a lo observado en otras familias de Pleuronectiformes.

Las proporciones tanto de la cavidad bucofaringea como de la cavidad visceral corresponden al extremo aplanamiento del cuerpo.

La ubicación del hígado, principalmente en el lado izquierdo de la cavidad visceral, corresponde al patrón de los Teleostei, y la ubicación de la vesícula biliar en el lado derecho es la misma que en las familias Achiridae, Bothidae y Pleuronectidae.

La suspensión del estómago mediante una fascia dorsal es un carácter exclusivo de los Cynoglossidae.

Los Cynoglossidae difieren marcadamente de los Achiridae y Soleidae en cuanto a que no se forman asas intestinales fuera de la cavidad visceral.

La ubicación del ano en el lado ciego del cuerpo corresponde al patrón de los Pleuronectiformes.

### LITERATURA CITADA

- Castillo-Rivera, M., A. Kobelkowsky and A. M. Chávez, 1999. Feeding biology of the flatfish *Citharichthys spilopterus* (Pisces: Bothidae) in a tropical estuary of Mexico. *Journal of Applied Ichthyology*. (En prensa.)

- Chabanaud, P., 1947. Le rein des Cynoglossidés. *C.R. Séances Acad. Sci.*, 225:1021-1023.
- Chapleau, F., 1988. Comparative osteology and intergenetic relationships of the tongue soles (Pisces: Pleuronectiformes: Cynoglossidae). *Canadian Journal of Zoology*, 66:1214-1232.
- Chapleau, F., 1993. Pleuronectiform relationships: a cladistic reassessment. *Bulletin of Marine Science*, 52(1):516-540.
- Gerking, S. D., 1994. *Feeding ecology of fish*. Academic Press. San Diego. 416 pp.
- Hoese, H. D. and R. H. Moore, 1977. *Fishes of the Gulf of Mexico. Texas, Louisiana, and Adjacent Waters*. Texas A & M University Press. 327 pp.
- Kobelkowsky, D. A., 1994. La asimetría de los lenguados de la familia Soleidae del Golfo de México. *Oceanología*, 1(3):109-121.
- Nelson, J. S., 1994. *Fishes of the world*. John Wiley & Sons. Nueva York. 600 pp.
- Nikolsky, G. V., 1963. *The ecology of fishes*. Academic Press: Londres. 352 pp.
- Norman, J. R., 1934. *A systematic monograph of the flatfishes (Heterosomata). Vol.1. Psettodidae, Bothidae, Pleuronectidae*. Londres, British Museum of Natural History, 459 pp.
- Topp, R. W. y F. H. Hoff, Jr., 1972. Flatfishes (Pleuronectiformes). *Mem. Hourglass Cruise*, 4(2):1-135.
- Webb, J. F., 1993. The accessory sacs of flatfishes: systematic significance and functional implications. *Bulletin of Marine Science*, 52(1):541-553.
- Wootton, R. J., 1990. *Ecology of teleost fishes*. Chapman and Hall. Londres. 404 pp.