

Prácticas de Zoología Estudio y diversidad de los Equinodermos

Ana García Moreno. Raimundo Outerelo. Eduardo Ruiz.
José I. Aguirre. Ana Almodóvar. Javier A. Alonso. Jesús Benito. Antonio Arillo.
Jacinto Berzosa. Valentín Buencuerpo. Francisco J. Cabrero-Sañudo.
Eduardo de Juana. D. J. Díaz Cosín. José A. Díaz. Benigno Elvira.
Gregorio Fernández Leborans. Ignacio García Más. José F. Gómez.
M^a Dolores González Mora. Mónica Gutiérrez López. Juan B. Jesús.
M^a Dolores Martínez Ibáñez. M^a Eugenia Mínguez. Víctor Monserrat.
Benito Muñoz Araújo. Concepción Ornos. Cristina Parejo Piñón. Fernando Pardos.
Javier Pérez Tris. Juan Pérez Zaballos. Francisco Pulido Delgado. Álvaro Ramírez.
Pablo Refoyo Román. Carmen Roldán. Tomás Santos. Luis S. Subías.
José Luis Tellería. D. Trigo. M^a Ángeles Vázquez.
Carlos A. Martín. Elena Arriero. Jorge Cano.

Departamento de Zoología y Antropología Física. Facultad de Ciencias Biológicas.
Universidad Complutense de Madrid. c/ José Antonio Novais, 2. 28040 Madrid.

agmoreno@bio.ucm.es, outere@bio.ucm.es, edruiz@bio.ucm.es, jaguirre@bio.ucm.es,
aalmodovar@bio.ucm.es, jaalonso@bio.ucm.es, jbenito@bio.ucm.es, aarillo@teleline.es,
jberzosa@bio.ucm.es, vbuencar@bio.ucm.es, fjcabrero@bio.ucm.es, edejuana@bio.ucm.es,
dadico@bio.ucm.es, jadiaz@bio.ucm.es, belvira@bio.ucm.es, greg@bio.ucm.es, igarmas@bio.ucm.es,
jf.gomez@bio.ucm.es, dgmora@bio.ucm.es, mogutier@bio.ucm.es, jubajeli@bio.ucm.es,
lolahorm@bio.ucm.es, meky@bio.ucm.es, artmad@bio.ucm.es, titomu@bio.ucm.es,
paddy@bio.ucm.es, cparejo@bio.ucm.es, fpardos@bio.ucm.es, jperez@bio.ucm.es,
zaballos@bio.ucm.es, f.pulido@bio.ucm.es, aramirez@bio.ucm.es, pa.refoyo@bio.ucm.es,
croidan@bio.ucm.es, tsantos@bio.ucm.es, subias@bio.ucm.es, telleria@bio.ucm.es,
trigoaza@bio.ucm.es, chingel@bio.ucm.es, ca.martin@bio.ucm.es,
elena.arriero@bio.ucm.es, jcano@isciii.es

Diseño gráfico
Ana García Moreno

Resumen: En esta práctica se estudian la diversidad de la organización y estructura de los representantes del filo Equinodermos. Se observa la anatomía externa de ejemplares de cinco de las clases actuales: Equinoideos, Asteroideos, Ofiuroideos, Holoturoideos y Crinoideos.

Palabras clave: Equinodermos. Equinoideos. Asteroideos. Ofiuroideos. Holoturoideos. Crinoideos.

CARACTERÍSTICAS GENERALES

Los Equinodermos son metazoos triblásticos, celomados (enterocélicos) y deuteróstomos. Todas las especies son marinas y los adultos presentan **simetría pentarradiada** alrededor de un eje oral-aboral, que afecta a casi todos sus sistemas de órganos. Esta simetría es una adquisición secundaria ya que las larvas tienen simetría bilateral, que en algunos casos vuelve a aparecer debido a adaptaciones especiales (Equinoideos irregulares y Holoturoideos).

Presentan un **endoesqueleto dérmico** formado por placas calcáreas y espinas de carbonato cálcico; el endoesqueleto es el que da el nombre al filo (Gr., *echinos*, espina, + *derma*, piel). Son características exclusivas de los Equinodermos la presencia de un **sistema ambulacral**, **pies ambulacrales** y **pedicelarios**.

Los Equinodermos actuales están constituidos por:

Subfilo Pelmatozoa. Equinodermos inmóviles casi siempre o muy lentos.

Clase Crinoidea. Crinoideos. Lirios de mar.

Subfilo Eleutherozoa. Equinodermos móviles.

Clase Asteroidea. Estrellas de mar.

Clase Ophiuroidea. Ofiuras.

Clase Echinoidea. Erizos de mar, regulares e irregulares.

Clase Holothuroidea. Pepinos de mar, pierden típica simetría radial.

Clase Concentricycloidea. Margaritas de mar. Un género y dos especies.

EQUINOIDEOS (ERIZOS DE MAR)

El estudio de la anatomía externa se realizará en dos Equinoideos regulares: *Paracentrotus* y *Arbacia*. Son animales bentónicos que viven en las grietas o en las charcas que deja la marea en las playas rocosas. Así mismo, se podrán reconocer ejemplares pertenecientes a los Equinoideos irregulares (adultos con simetría bilateral): *Ecchinocardium* y *Encope*; que viven enterrados en la arena.

El cuerpo de los erizos regulares tiene forma subsférica, y en él se diferencia un **hemisferio aboral**, donde se abre el **ano**, y un **hemisferio oral**, más aplanado, en cuyo centro se abre la **boca** (Fig. 1 A).

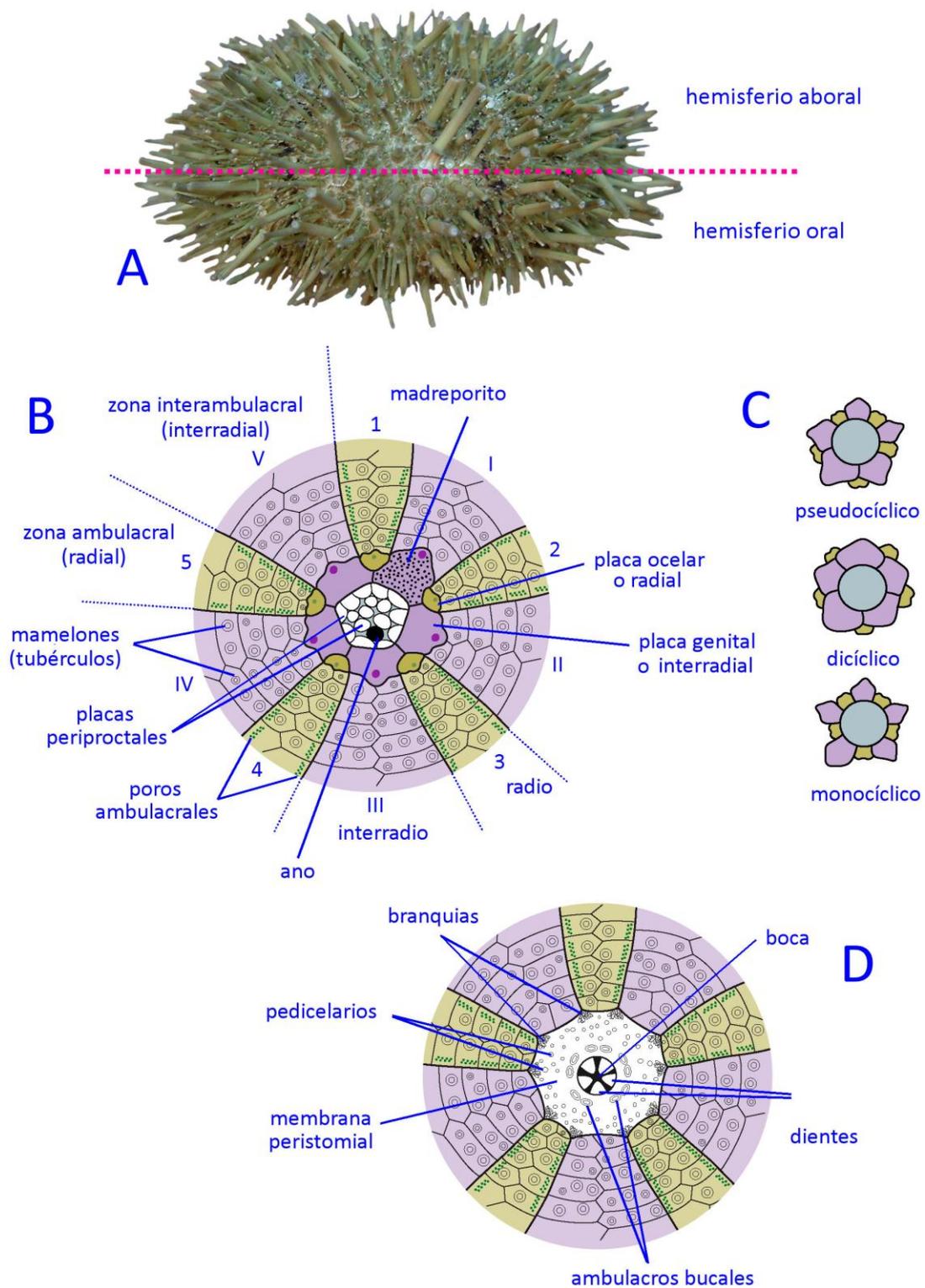


Figura 1. Estructura de un Equinoideo regular. A. Fotografía de un ejemplar en vista radial. B. Esquema del esqueleto del hemisferio aboral. C. Tipos de sistema apical. D. Esquema del esqueleto del hemisferio oral.

Equinoideos regulares

Paracentrotus: Este Equinodermo se presenta para su estudio conservado (en alcohol de 70%) en un frasco; el alumno estudiará, a la lupa, las siguientes estructuras:

- **Espinas:** recubren todo el caparazón excepto la región donde se abre la boca. Largas y móviles, cada una de ellas está unida a su articulación (**mamelón**) por fascículos musculares. Observar si todas las espinas tienen el mismo tamaño y si todas tienen su extremo distal puntiagudo (Fig. 1 A).
- **Pies ambulacrales:** pertenecen al **sistema ambulacral** y salen a través de poros situados en cinco áreas diferenciadas en el caparazón (**ambulacrales** o **radiales**). Los pies, aunque están retraídos por la fijación, pueden alargarse más allá del extremo de las espinas, y son utilizados para la locomoción. Cada pie termina en una **ventosa**.
- **Boca y peristoma:** en el centro del hemisferio oral se abre la boca, tapada por cinco **dientes** que forman parte de un complejo aparato masticador interno, denominado **linterna de Aristóteles**. Entre la boca y el borde del caparazón existe una **membrana peristomial**, que en la zona que bordea la boca está atravesada por cinco pares de pies ambulacrales modificados o ambulacros bucales, al servicio de la alimentación (Fig. 1 D).
- **Pedicelarios:** pequeños apéndices pedunculados terminados en tres **osículos** móviles o **valvas**, dispuestas a modo de pinzas. Se encuentran repartidos por toda la superficie del caparazón (entre las espinas) y en la membrana peristomial. Su función es la eliminación de posibles intrusos y ayudar a mantener limpia la epidermis. En *Paracentrotus* hay cuatro tipos de pedicelarios, según su tamaño y forma de las valvas. Intentar identificar alguno mediante los esquemas que se proporcionan en el guión (Fig. 2).

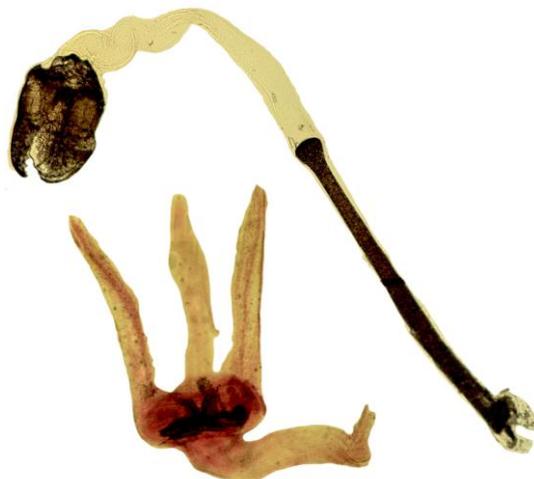


Figura 2. Pedicelarios de Equinoideos.

- **Branquias:** hay cinco pares de branquias ramificadas situadas en las zonas ambulacrales, en el borde del caparazón limitando con el peristoma (Fig. 1 D).
- **Epidermis:** Todo el caparazón y estructuras mencionadas están recubiertos por la epidermis, que a la lupa se observa como una fina lámina transparente.

Arbacia: en este erizo se hará el estudio del caparazón desprovisto de espinas.

El **caparazón** está formado por **placas** u **osículos calcáreos** dispuestos de forma simétrica y fusionada de manera que son totalmente inmóviles. Entre los polos aboral y oral, las placas, de forma más o menos pentagonal y yuxtapuestas, forman 10 hileras meridianas dobles: cinco hileras dobles de placas ambulacrales (a estos meridianos, numerados con números arábigos, se les denomina **áreas ambulacrales**, **ambulacros** o **radios**), que alternan con otras cinco hileras dobles de placas interambulacrales (a estos meridianos, numerados con números romanos, se les denomina **áreas interambulacrales** o **interradios**) (Fig. 1 B). Las placas de las áreas ambulacrales están perforadas por pares de **poros** (cada par corresponde a la salida de un pie ambulacral).

Todas las placas de los 10 meridianos presentan pequeños abultamientos o **mamelones** en los que se articulan las púas.

La parte apical del hemisferio aboral presenta una **membrana periproctal**, en la que se abre el ano. Rodeando a éste y cubriendo la membrana periproctal hay 4 **placas periproctales** (en otros géneros, como en el caso del esquema, Fig. 1 B, este número varía). El conjunto de estas estructuras constituye el **periprocto**.

Rodeando al periprocto hay un círculo de 10 placas cuyo conjunto forma el **sistema apical**. De estas placas, cinco son de mayor tamaño y en cada una de ellas hay un orificio, el **gonoporo**, por lo que a estas placas se las denomina **genitales**; también se las denomina **interradiales**, pues se localizan en los interradios. Una de ellas es de mayor tamaño que las demás y tiene múltiples poros a través de los cuales entra el agua al sistema ambulacral; se la denomina **madreporito** o **placa madreporica**.

Las otras cinco placas son de menor tamaño y cada una de ellas presenta un **ocelo**, por lo que se las denomina **placas ocelares**; por localizarse en las áreas radiales también se las conoce como **placas radiales**.

Según se dispongan los dos grupos de cinco placas, se diferencian tres tipos de sistema apical (Fig. 1 C):

- **Monocíclico**, las 10 placas se disponen en un círculo, todas ellas contactan con el periprocto.
- **Dicíclico**, las 10 placas se disponen en dos círculos, las cinco genitales contactan con el periprocto y las cinco ocelares no.

- **Pseudocíclico**, cuando el sistema apical tiene a la vez una disposición monocíclica y dicíclica. Según esto, y ayudados por los esquemas del guión, comprobar el sistema apical de *Arbacia*.

En el hemisferio oral, y en su centro, se abre la **boca** rodeada por cinco pares de placas perforadas (que corresponden a la salida de los ambulacros bucales) (Fig. 1 D). En la membrana peristomial se pueden distinguir las pequeñas plaquitas de inserción de los **pedicelarios** (incluso puede observarse algún resto de ellos).

Equinoideos irregulares

Se caracterizan por tener una clara simetría bilateral secundaria, con una forma más o menos acorazonada y algo aplanados en el sentido oral-aboral (Fig. 3). Generalmente viven enterrados en fondos arenosos. En el cuerpo el **ano**, la **boca**, o ambos, se encuentran desplazados respecto a la posición que ocupan en los erizos regulares. El ano emigra por el **interrradio III**, y lo hace acompañado por el **periprocto**; el **madreporito** se hace difuso, y pasa a ocupar una posición central en el hemisferio aboral y queda rodeado por los **gonoporos** (puede desaparecer el correspondiente a la placa del interrradio III). La boca, si migra, lo hace siguiendo el **radio 1**.

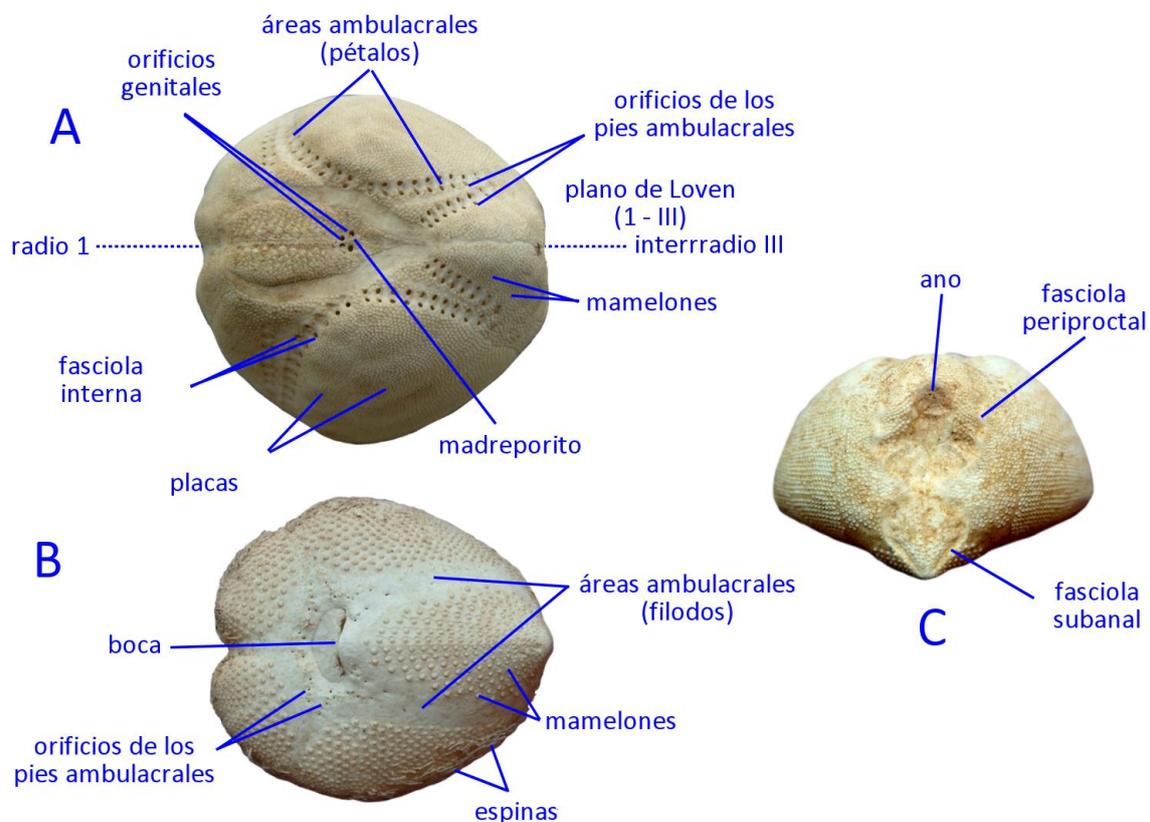


Figura 3. Fotografías del esqueleto de *Echinocardium*. A. Vista aboral. B. Vista oral. C. Vista anal.

Las **áreas ambulacrales** están muy modificadas; las de la parte aboral se denominan **ambulacros petaloideos**, por semejanza con los pétalos florales; las de la parte oral se conocen como **filodos**.

Los **pies ambulacrales** de los ambulacros petaloideos intervienen en la captura de las partículas alimenticias y en la respiración.

Algunos Equinoideos irregulares presentan **fasciolas**, que corresponden a las huellas dejadas por la inserción de espinas especiales. Según su situación se denominan de distinta manera:

- **Fasciola peripetal**, cuando rodea a los ambulacros petaloideos.
- **Fasciola interna**, cuando se localizan entre los ambulacros petaloideos.
- **Fasciola periproctal** o **anal**, cuando rodea al periprocto.
- **Subperiproctal** o **subanal**, cuando se sitúa por debajo del periprocto.

Las **lúnulas** son escotaduras localizadas en los márgenes de algunas especies con el cuerpo muy aplanado, a veces quedan englobadas por el borde ecuatorial del caparazón y aparecen como aberturas de forma de ojal.

Material a observar: *Echinocardium*, se observará el caparazón, desprovisto de espinas, y un ejemplar conservado en alcohol. Presenta el ano y la boca desplazados, con fasciolas interna, anal y subanal. Carece de lúnulas (Fig. 3).

ASTEROIDEOS (ESTRELLAS DE MAR)

Animales que normalmente viven en costas rocosas, a menudo en la franja intermareal, aunque también pueden encontrarse a grandes profundidades. El cuerpo está formado por una parte central o **disco**, de la que salen cinco **brazos** o **radios**, siendo las zonas que quedan entre ellos los **interradios**. Entre el disco y los brazos no existe un límite claro. Simetría pentarradiada con un eje oral-aboral corto.

***Astropecten*: estudio del endoesqueleto**

Es una especie adaptada a vivir enterrada en la arena. En la superficie aboral del disco, y en posición interradiada, se encuentra el **madreporito**, placa con aspecto estriado (Fig. 4 A). El **ano** se abre en el centro del disco, pero es muy difícil de observar. Tanto la superficie aboral del disco como de los brazos está recubierta por placas especiales o **paxilas**, provistas de un tallo o pedúnculo y de una parte terminal aplanada y algo ensanchada cubierta por pequeñas púas. Esta parte de la paxila es la que se observa al mirar por la lupa.

En la superficie oral, y en el centro del disco, se abre la **boca**, rodeada de cinco **dientes**. Por detrás de ellos se sitúan cinco piezas denominadas **mandíbulas** y a con-

tinuación de éstas, otras **placas** denominadas **orales**. De la boca salen cinco surcos ambulacrales, que recorren la cara oral de los brazos, en donde se encuentran los pies ambulacrales, locomotores (Fig. 4 B). En los ejemplares secos, para el estudio del endoesqueleto, es muy posible que queden restos de los pies ambulacrales (que no terminan en ventosa, sino en punta, para desplazarse entre los intersticios de la arena).

El **endoesqueleto** de los **brazos** está formado por las siguientes placas: **paxilas** en la cara aboral; 2 **placas marginales** (una superior y otra inferior) en los laterales; 2 **placas ambulacrales** (forman el **surco ambulacral**) y 2 pequeñas **placas adambulacrales** situadas entre las ambulacrales y las marginales inferiores (Fig. 4 C). Hacer el estudio también en una sección transversal del brazo.

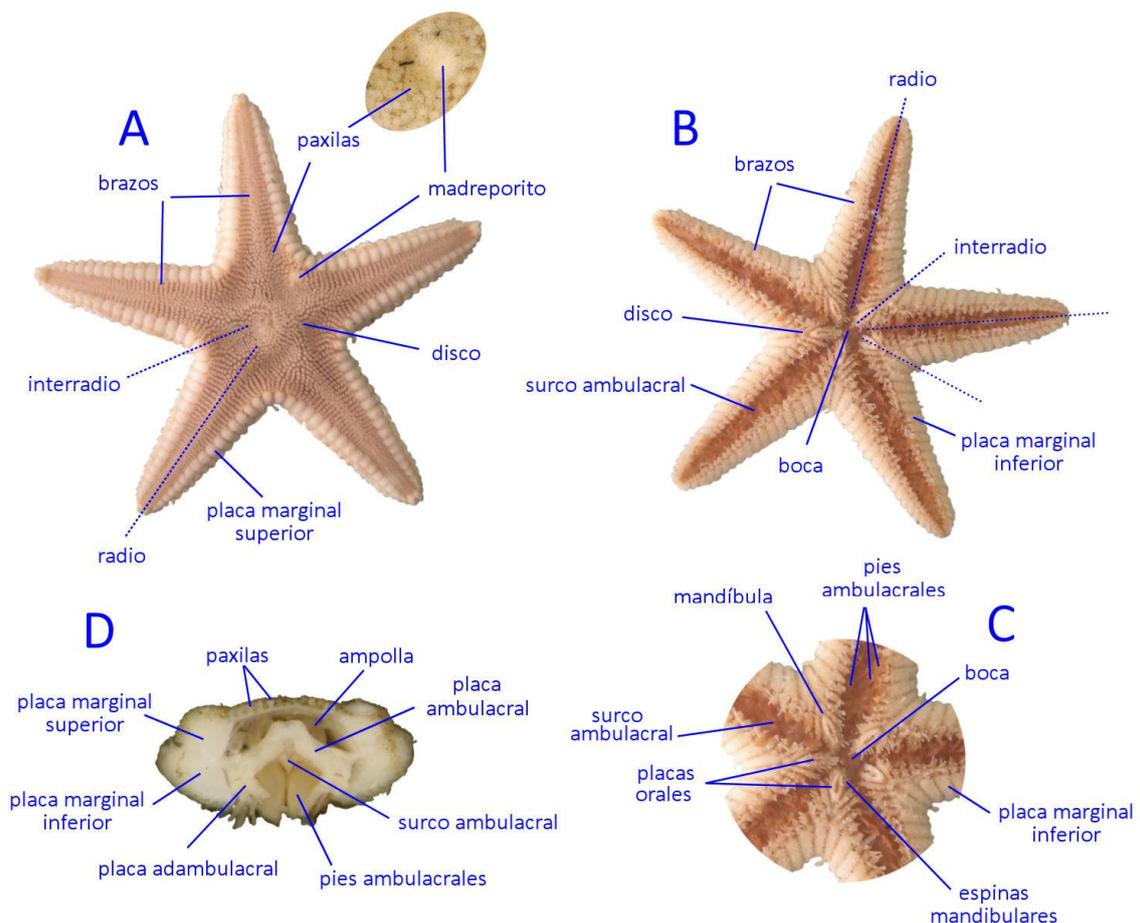


Figura 4. Fotografías de un ejemplar de *Astropecten*. A. Vista aboral. B. Vista oral. C. Detalle de la boca. D. Corte transversal de un brazo.

***Martasterias*: estudio del endoesqueleto**

Es una especie adaptada a vivir sobre un sustrato rocoso. En la superficie aboral del disco, y en posición interradianal, se encuentran el **madreporito**, espinas puntiagudas y pedicelarios (Fig. 5 A, C y D).

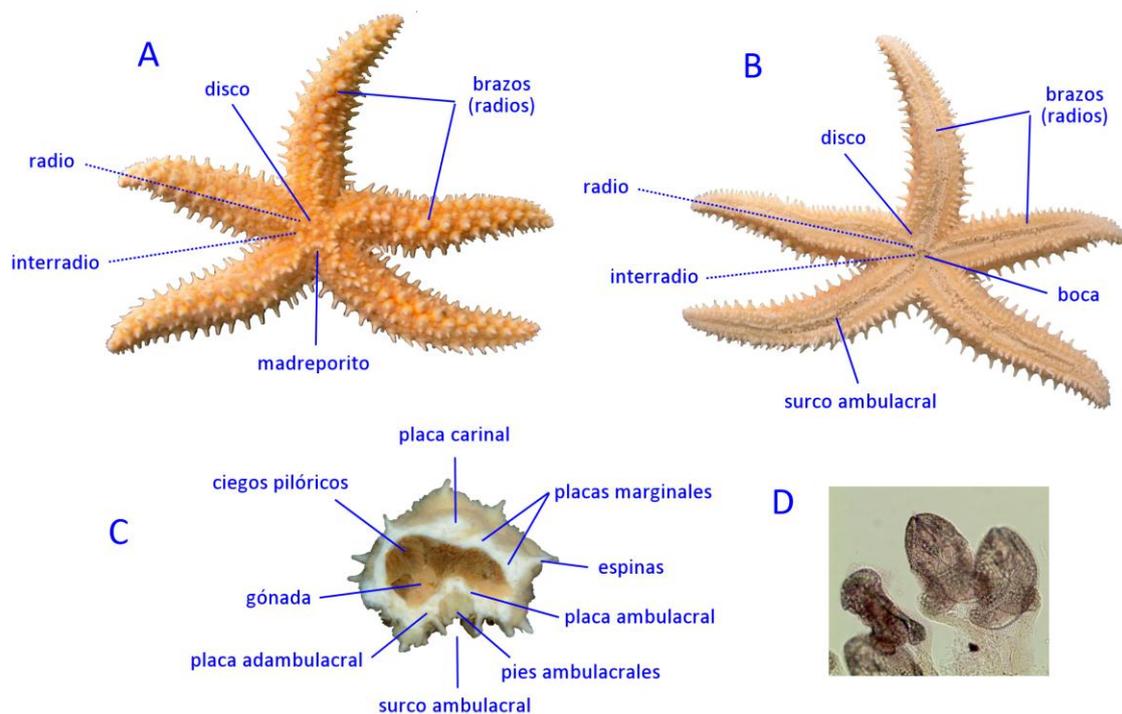


Figura 5. Fotografías de un ejemplar de *Martasterias*. A. Vista aboral. B. Vista oral. C. Corte transversal de un brazo. D. Pedicelarios.

El endoesqueleto de los brazos está formado por las siguientes placas: carinal en la cara aboral; un número variable de placas marginales en los laterales; 2 placas ambulacrales (forman el surco ambulacral) y 2 pequeñas placas adambulacrales situadas entre las ambulacrales y las marginales (Fig. 5 C). Hacer el estudio también en una sección transversal del brazo.

OFIUROIDEOS (OFIURAS)

Equinodermos cosmopolitas, ya que viven en todos los océanos y casi a cualquier profundidad. Cuerpo formado por un disco plano y cinco brazos delgados, separados en sus bases, cilíndricos y largos, con surcos ambulacrales cerrados.

Ophioderma y *Ophiotrix*: estudio del endoesqueleto

La superficie aboral del disco está formada por una serie de placas dispuestas alrededor de una placa central, aunque en este género no están diferenciadas. En los puntos de salida de los brazos o radios hay diez placas (dos por brazo, muy reducidas en este género) o escudos radiales (Fig. 6).

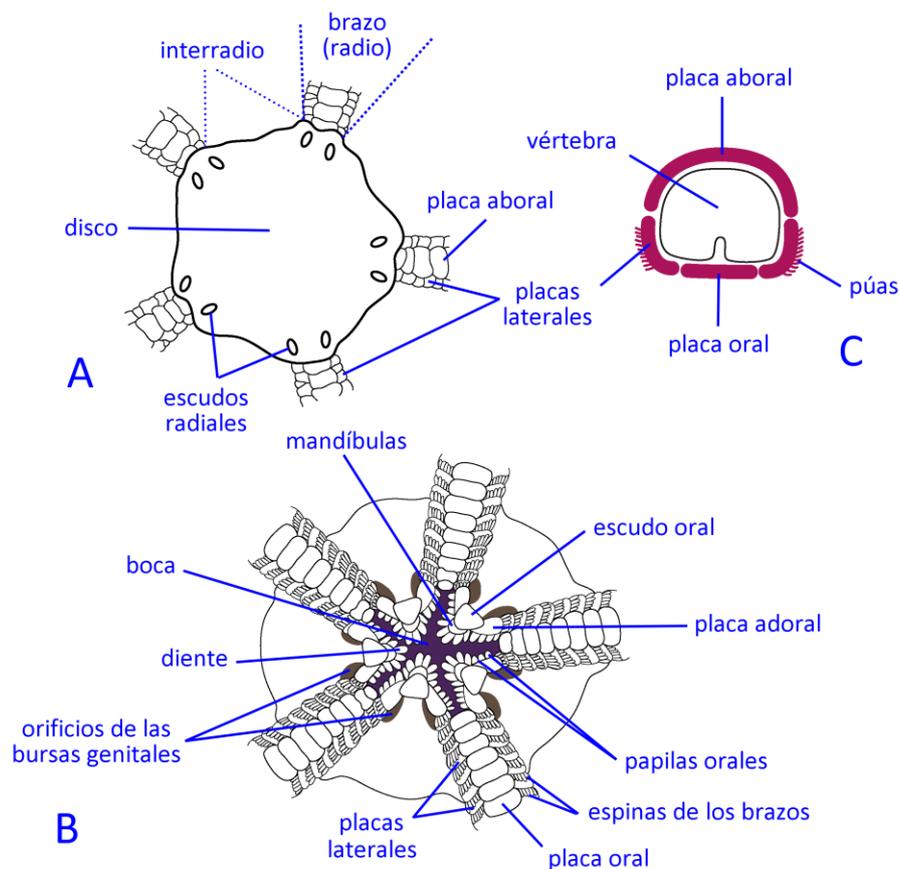


Figura 6. Anatomía externa de una ofiura. A. Vista aboral. B. Vista oral. C. Corte transversal de un brazo.

En la superficie oral, y en el centro del disco, se abre la **boca**, en la que hacen saliente cinco **mandíbulas**, piezas angulares interradales con forma de V; por su parte interna están recubiertas de pequeñas púas o **dientes**. Por detrás de las mandíbulas se encuentran otras placas denominadas **escudos orales**; una de estas placas lleva el **madreporito**, difícil de diferenciar, aunque en algunos casos dicha placa tiene una ligera depresión. Así pues, el madreporito en los ofiuroideos se ha desplazado, de la cara aboral a la oral. A cada lado de un escudo oral puede haber una **placa adoral**.

De la boca irradian cinco **brazos**; los espacios entre las partes de los brazos introducidas en el disco forma los **sacos interradales**. A cada lado de los brazos, en esta porción del disco, hay unas **hendiduras genitales** que dan salida a los gametos.

El **brazo** o **radio** de los Ofiuroideos es un cilindro formado por numerosos segmentos articulados llamados **placas braquiales**, en el centro de las cuales (internamente) se encuentra una **vértebra** rodeada de 4 placas externas: una **placa aboral**, dos **placas laterales** y una **placa oral** (ver también sección transversal del brazo). Los bordes laterales entre brazos contiguos no contactan entre si, como ocurre en los Asteroideos, dejando un espacio discal libre.

HOLOTUROIDEOS (HOLOTURIAS O COHOMBROS DE MAR)

Animales bentónicos, de movimientos lentos, que viven en fondos fangosos o arenosos en la franja intermareal, generalmente entre los restos de la vegetación marina en descomposición. El cuerpo de los Holoturoideos es alargado en el sentido de su eje oral-aboral, y han adquirido una simetría bilateral superpuesta a la pentarradiada original.

Cucumaria. El estudio de la anatomía externa se hará en un ejemplar conservado (Fig. 7).

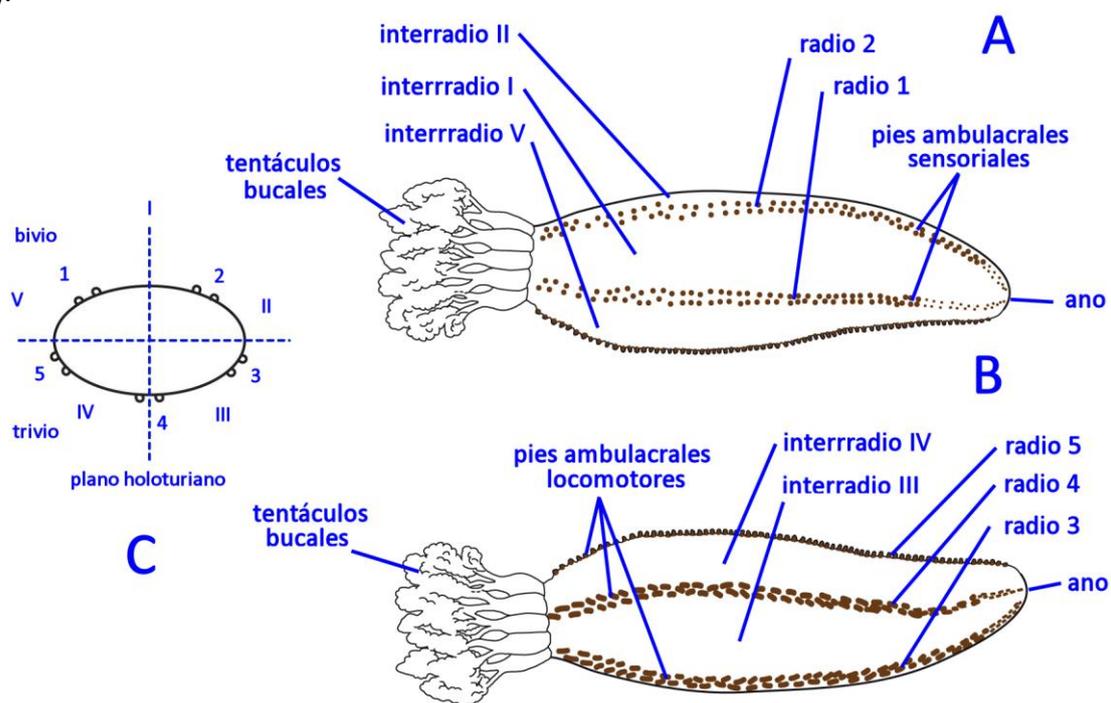


Figura 7. Esquemas de la anatomía externa de una holoturia. A. Bivio. B. Trivio.

El extremo anterior del cuerpo presenta una **membrana bucal** en cuyo centro se abre la **boca**, que está rodeada por un número variable de **tentáculos bucales** (pies ambulacrales modificados) ramificados y retráctiles, cuya función es capturar partículas de alimento. En el extremo posterior del cuerpo se abre el **ano**.

Entre la boca y el ano existen cinco hileras meridianas de **pies ambulacrales** o **ambulacros meridianos**, que en ocasiones son difíciles de distinguir. Tres de ellos (3, 4, 5) están en contacto con el sustrato y llevan pies ambulacrales locomotores; constituyen el **trivio**. Los otros dos ambulacros meridianos (1, 2) llevan pies ambulacrales sensoriales y forman el **bivio**.

El plano de simetría bilateral secundaria o **plano holoturiano**, pasa por el ambulacro central (radio 4) y por el interambulacro central (interrradio I).

CRINOIDEOS (LIRIOS DE MAR O COMÁTULAS)

La mayoría son animales submareales, aunque algunos viven en la franja litoral y otros a más de 5.000 m. de profundidad. Presentan una simetría pentarradial divergente. A diferencia de los demás Equinodermos, en los Crinoideos la cara que mira al sustrato es la aboral.

Antedon: comátula de mar. Su estudio se hará en un ejemplar conservado.

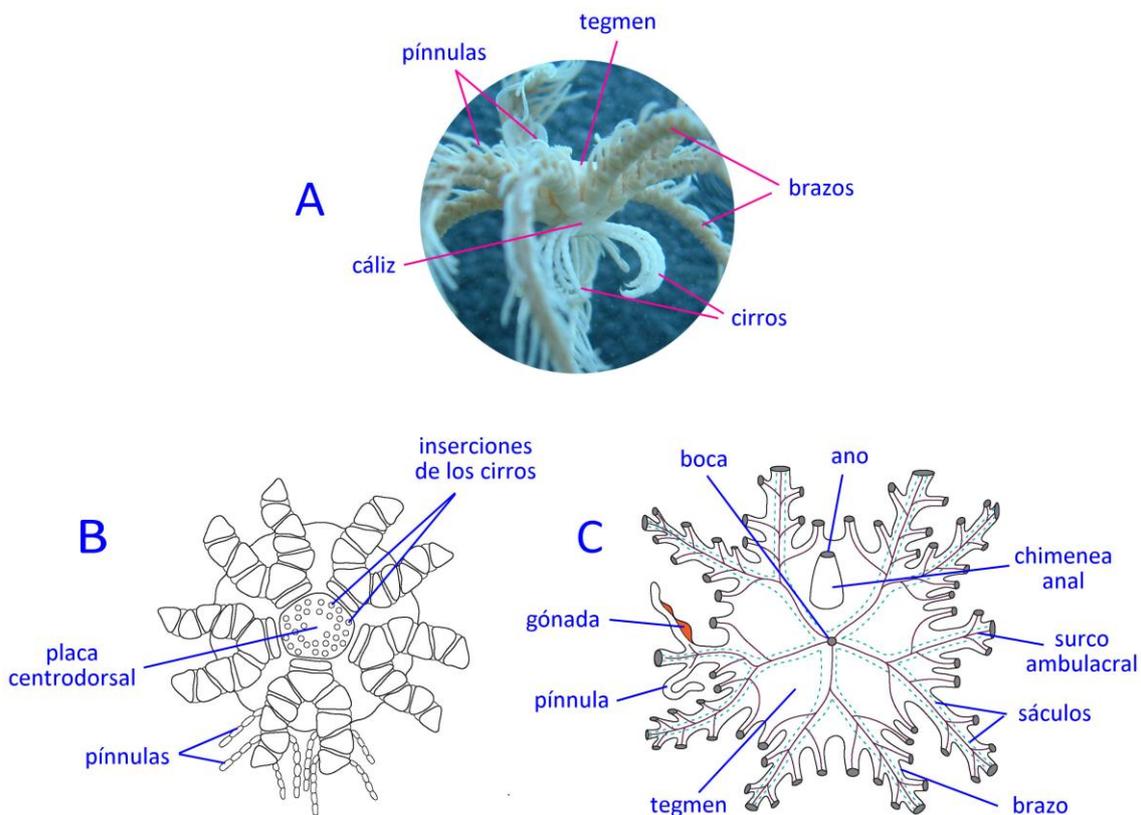


Figura 8. Estructura de un Crinoideo. A. Fotografía de un detalle del cáliz de un ejemplar, en vista radial. B. Esquema de una vista aboral del endoesqueleto. C. Vista oral del tegmen.

Su cuerpo se denomina **corona** y está formado por una zona aboral, en forma de copa, denominada **cáliz** y del que salen cinco **brazos** que nada más iniciarse se bifurcan (Fig. 8).

La superficie aboral presenta una serie de placas esqueléticas; en el centro del cáliz se diferencia una **placa centrodorsal**, en la que se insertan los **cirros**.

La superficie oral presenta una amplia membrana o **tegmen** cubriendo el cáliz. En esta membrana se abre la **boca**, en posición central, y el **ano**, interradianal, situado en una prominencia o **chimenea anal**. Repartidos por todo el tegmen hay multitud de

pequeños **poros** que en conjunto actúan como un **madreporito**. Hasta la boca llegan cinco surcos ambulacrales radiales.

BIBLIOGRAFÍA DE CONSULTA

Hickman, C.; Roberts, L.; Keen, S.; L'Anson, H. y Larson, A. 2009. *Principios integrales en Zoología*. Decimocuarta edición. Mcgraw-Hill Interamericana. Madrid.

Moreno, A. G. (Directora del Proyecto). 2007. *Zoología. Interpretación de modelos arquitectónicos*. Vicerrectorado de Desarrollo y Calidad de la Docencia de la Universidad Complutense de Madrid. CD-ROM. 2040 pp. ISBN: 978-84-7491-877-9.

Ruppert, E. y Barnes, D. 1996. *Zoología de los invertebrados*. Mcgraw-Hill Interamericana. Madrid.

RECURSOS ELECTRÓNICOS

Museos virtuales de la Facultad de Ciencias Biológicas. Disponible en: <http://www.ucm.es/centros/webs/fbio/index.php?tp=Servicios&a=servicios&d=2071.php>. Fecha de consulta: 20 de octubre de 2010.

Revista Reduca. Disponible en: www.reduca.org y www.revistareduca.es Fecha de consulta: 20 de octubre de 2010.

Serviflash. Disponible en: <http://inedu.bio.ucm.es/serviflash/index.php>. Fecha de consulta: 20 de octubre de 2010.

UCM abierta. Zoología. Disponible en: <https://www.ucm.es/campusvirtual/ucmabierta/index.php?ac=verAsigUCMAbierta&ac2=9&ac3=inicio&ac4=areaSalud>. Fecha de consulta: 20 de octubre de 2010.

Recibido: 16 junio 2011.

Aceptado: 25 enero 2012.