Libros de Cátedra

Los moluscos bivalvos. Aportes para su enseñanza: teoría-métodos

Gustavo Darrigran (coordinador)

FACULTAD DE
HUMANIDADES Y CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN

sociales

Edulp
Editorial de la Universidad de La Plata

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PLATA

LOS MOLUSCOS BIVALVOS

APORTES PARA SU ENSEÑANZA: TEORÍA-MÉTODOS

Gustavo Darrigran

(coordinador)

2013

Los moluscos bivalvos : aportes para su enseñanza : teoría-métodos /

Gustavo A. Darrigran ... [et.al.] ; coordinado por Gustavo A. Darrigran. - 1a ed. -

La Plata : Universidad Nacional de La Plata, 2013.

E-Book: ISBN 978-950-34-1034-9

1. Biología. 2. Moluscos. I. Darrigran, Gustavo A. II. Darrigran, Gustavo A., coord.

CDD 594

Fecha de catalogación: 25/10/2013

Diseño de tapa: Dirección de Comunicación Visual de la UNLP

Universidad Nacional de La Plata – Editorial de la Universidad de La Plata

47 N.º 380 / La Plata B1900AJP / Buenos Aires, Argentina
+54 221 427 3992 / 427 4898
editorial@editorial.unlp.edu.ar
www.editorial.unlp.edu.ar

Edulp integra la Red de Editoriales Universitarias Nacionales (REUN)

Primera edición, 2013
ISBN 978-950-34-1034-9
© 2013 - Edulp

AGRADECIMIENTO

Los autores agradecen a la Dra. Cristina Damborenea, por los aportes realizados y fundamentalmente a la ayuda técnica brindada por el Personal de Apoyo, Lic. M. Lagreca (CIC). Este trabajo contó con el apoyo de: PIP 1017 (CONICET) y FAHCE (UNLP)-11/H497; FCNyM (UNLP)-11/N670, los dos últimos correspondientes al Programa Incentivos Docentes para la Investigación.

ÍNDICE

Capítulo 1. Breve introducción a los moluscos
Introducción..... **6**
Los moluscos y sus características filogenéticas, morfológicas y funciones..... **9**
Plan corporal de los moluscos..... **16**
Los moluscos como recurso..... **21**

Capítulo 2. La anatomía de los moluscos bivalvos. Un instrumento para el abordaje de la estructura y funcionamiento en Biología
Introducción..... **27**
Conchilla..... **29**
Forma de la Concha..... **30**
Estructura de la Concha..... **31**
Estructura y Forma de la Concha..... **33**
Musculatura..... **35**
Hábitat..... **37**
Excavadores de Sustrato Blando..... **37**
Perforadores..... **39**
Habitantes Superficiales Fijados al Sustrato Duro..... **40**
Habitantes Libres de Superficie..... **41**

Capítulo 3. La relación entre la forma de vida de los moluscos bivalvos y la morfología de sus conchillas. Aportas para el trabajo en el aula con inclusión de nuevas tecnologías de la información y comunicación (NTIC)
Introducción..... **43**
Propuesta 1. La morfología de las valvas y su relación con la forma de vida de los moluscos bivalvos..... **44**
Ejemplos propuestos..... **46**
Propuesta 2. Elaboración y uso de claves dicotómicas..... **50**
Construcción de la clave dicotómica..... **53**
Utilización de la clave dicotómica..... **61**
Construcción de diagramas utilizando el software Cmap Tools..... **62**
Consideraciones finales..... **65**

Capítulo 4. Los bivalvos y el hombre
Introducción..... **66**
Bivalvos al plata..... **68**
Para muestra basta un botón..... **78**
Una joya de leyenda..... **80**
No todo lo que brilla es nácar..... **81**

Bibliografía..... **84**

Los autores..... **89**

CAPÍTULO 1

BREVE INTRODUCCIÓN A LOS MOLUSCOS

Gustavo Darrigran

En este primer capítulo, se pretende introducir al lector en el segundo grupo en importancia del Reino Animal, los Moluscos, tanto por su diversidad como por la cantidad de estudios realizados sobre los mismos. Se realizará una aproximación teórica de sus características anatómico-funcionales, formas de vida e importancia como recurso natural.

Introducción

En este libro se considera a la biodiversidad como la variedad y variabilidad de los seres vivos y de los sistemas ecológicos que ellos integran (Crisci, 2001). Por lo tanto, son tres los componentes de la diversidad biológica organizados en tres niveles: el de las especies (variedad), que son conjuntos de organismos afines capaces de reproducirse entre sí; el de los genes (variabilidad), que constituyen las bases moleculares de la herencia y el de los ecosistemas (sistemas ecológicos), que son complejos funcionales formados por los organismos y el medio físico en el que habitan (Crisci, 2001). Sobre esta base y considerando a la biósfera en su conjunto, cabe la pregunta ¿cuántas especies conviven actualmente en nuestro planeta? La curiosidad y las múltiples aplicaciones de este conocimiento llevan al hombre a investigar acerca de la diversidad biológica o biodiversidad. Hasta el momento se han registrado aproximadamente un millón y medio de especies vivientes (Bassarsky, 2007). Para dimensionar la magnitud del número de especies descriptas, se podría suponer que si hubiera un solo hombre que trabajara una jornada de 8 horas y que estudie una especie diferente por hora, después de 515 años no habría terminado de ver a todas las especies ya descriptas. No obstante, este millón y medio de especies conocidas, distaría mucho de 13 millones, que es un

número estimado de especies que poblarían la Tierra (Crisci, 2006). Cabe destacar que los artrópodos es el grupo animal con mayor número de especies descriptas (donde aproximadamente el 50% de las especies son insectos) y que el segundo grupo que le continua en importancia son los moluscos (Fig. 1). El hombre, enfrentado ante semejante biodiversidad que lo rodea, pretende dominarla, sacar provecho de ella, para lo cual necesita conocerla. Para intentar conocer a la naturaleza, el hombre desde sus comienzos, en forma instintiva o consciente, clasifica al mundo que lo rodea para evitar confusión (que especie es buena o mala; cual es su presa y cual su depredador; a que temer o querer; etc.). Esta forma de adquirir conocimiento, la clasificación o agrupamiento de objetos en clases sobre la base de atributos que poseen en común y sus relaciones (Lanteri et al., 2004), es importante no solo para su subsistencia, sino también en el comportamiento social del hombre, ya que hasta el lenguaje mismo no sería posible, sin una clasificación implícita a través de un concepto colectivo (Lanteri et al., 2004).

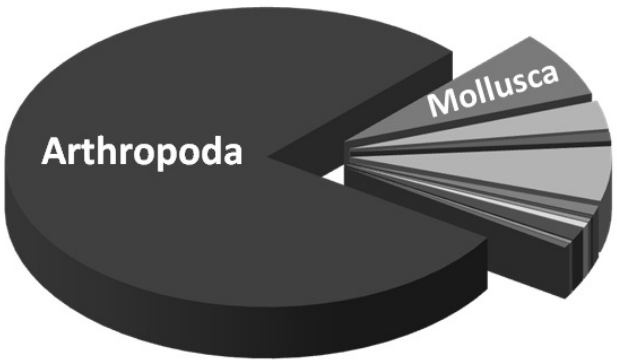


Figura 1. *Representación gráfica de la proporción del número de especies vivientes descriptas en el planeta, de los reinos animal y protozoos.*

Desde los inicios de la ciencia como tal, existen distintas filosofías clasificatorias en biología. Según Nielsen (2012), la comprensión moderna de la diversidad biológica se realiza sobre la base de la teoría de la evolución de Darwin, la cual creó una revolución en la biología al hacer pensar acerca de los orígenes de las especies, cuando afirmó que dicho origen es el resultado de "descendencia con modificación' (Schnack, 2013), lo cual era un paradigma impensable antes de 1859, año que se difunde dicha teoría. Como una consecuencia de esta idea, se afirmó que el "sistema natural" (es decir, la clasificación biológica) de los organismos deben ser estrictamente genealógico (como un “pedigrí"), una relación ancestro-descendiente,

y que la proximidad de origen común es dada por el grado de similitud entre los organismos. Sobre esta base, tanto para la sistemática filogenética (basada en la relaciones de ancestralidad en común) como para la taxonomía evolutiva (basada además en la patrística o cantidad de cambio evolutivo acumulado en relación con su antecesor), todos los análisis filogenéticos ahora deben estar basados en "el pensamiento del árbol". Para la sistemática filogenética, el árbol se denomina cladograma y refleja el parentesco entre los taxones (taxón = grupo de organismos emparentados, de cualquier rango o categoría); mientras que para la taxonomía evolutiva, el árbol se denomina filograma (es un cladograma en el que la longitud de las ramas es proporcional a la cantidad de cambio evolutivo acumulado en cada una de esas ramas), es decir, en la actualidad, las argumentaciones para formar las agrupaciones biológicas o, lo que se denomina comúnmente, clasificación de los taxones y se realizan sobre la base de caracteres de ancestros comunes y las modificaciones en los descendientes (Nielsen, 2012).

Para interpretar los sencillos arboles que se presentaran en este capítulo, son necesarias desarrollar en forma sintética algunas consideraciones técnicas de la sistemática filogenética, basado en Lanteri y Cigliano (2004):

La sistemática filogenética refleja la filogenia de los organismos, es decir, señala el patrón de relaciones genealógicas de los taxones, el cual debe ser monofiletico. Se denomina monofiletico al grupo de taxones que incluye a una especie ancestral y a todos sus descendientes (también llamado grupo natural) (Fig. 2. A).

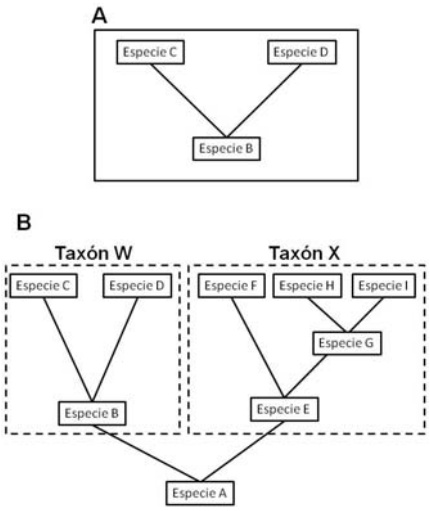


Figura 2. A. *Grupo monofiletico, donde B es el taxón antecesor de C y D.* **B**. *Se evidencia un grupo o taxón W que es parafilético al grupo X, debido a que el taxón ancestral A no involucra al grupo W.*

Por su parte, un grupo hermano, es cuando comparten un antecesor común. En la figura 2, los taxones C y D conforman un grupo hermano. Cuando un conjunto de taxones incluye al taxón ancestral pero no a todos los taxones descendientes, este grupo se denomina parafilético (Fig. 2. B).

Dentro de la biodiversidad, se considerará en este capítulo a los Mollusca. Este es uno de los grupos de animales más grande, con aproximadamente 200.000 especies vivientes descritas y un muy extenso registro fósil. Son animales de cuerpo blando, en general con una concha interna o externa. Sus conchas suelen ser muy bellas en forma y colores. El rango de tamaños de los moluscos pueden ser desde tan pequeños semejantes a un grano de arena (denominados micromoluscos) a tan grandes como de varios metros, como el bivalvo *Tridacna* sp. de hasta1,5 m de longitud máxima o el calamar gigante *Architeuthis* sp. que llega hasta los 20 m con los tentáculos expandidos, lo que lo convierte en el invertebrado de mayor tamaño conocido (Margulis y Schwartz, 1985).

Los Moluscos y sus características filogenéticas, morfológicas y funcionales

Los moluscos vivientes, desde el punto de vista morfológico, son definidos como un grupo monofilético con ocho agrupaciones o clases (Fig. 3). Por su forma de vida son, en su mayoría, de vida libre y marinos; los grupos o clases Gastropoda (“caracoles” y “babosas”) y Bivalvia (“almejas”, “mejillones”) son los únicos que se han extendido a las aguas dulces, y sólo los Gasterópodos han entrado en el hábitat terrestres. Los Gasterópodos son moluscos con la concha univalva, generalmente enrollada en espiral y en la cual pueden retraer el cuerpo. Los Bivalvos son moluscos comprimidos lateralmente, concha formada por dos valvas unidas dorsalmente por dientes y ligamento. Sin rádula en el digestivo anterior. Cabeza reducida. El pie generalmente en forma de “hacha”, comprimido lateralmente. El grupo Monoplacophora es de hábitat marino, presenta concha aplanada y vive en aguas profundas de la costa oeste de América del Norte. Los grupos Neomeniomorpha y Chaetodermomorpha (comúnmente agrupados e identificados

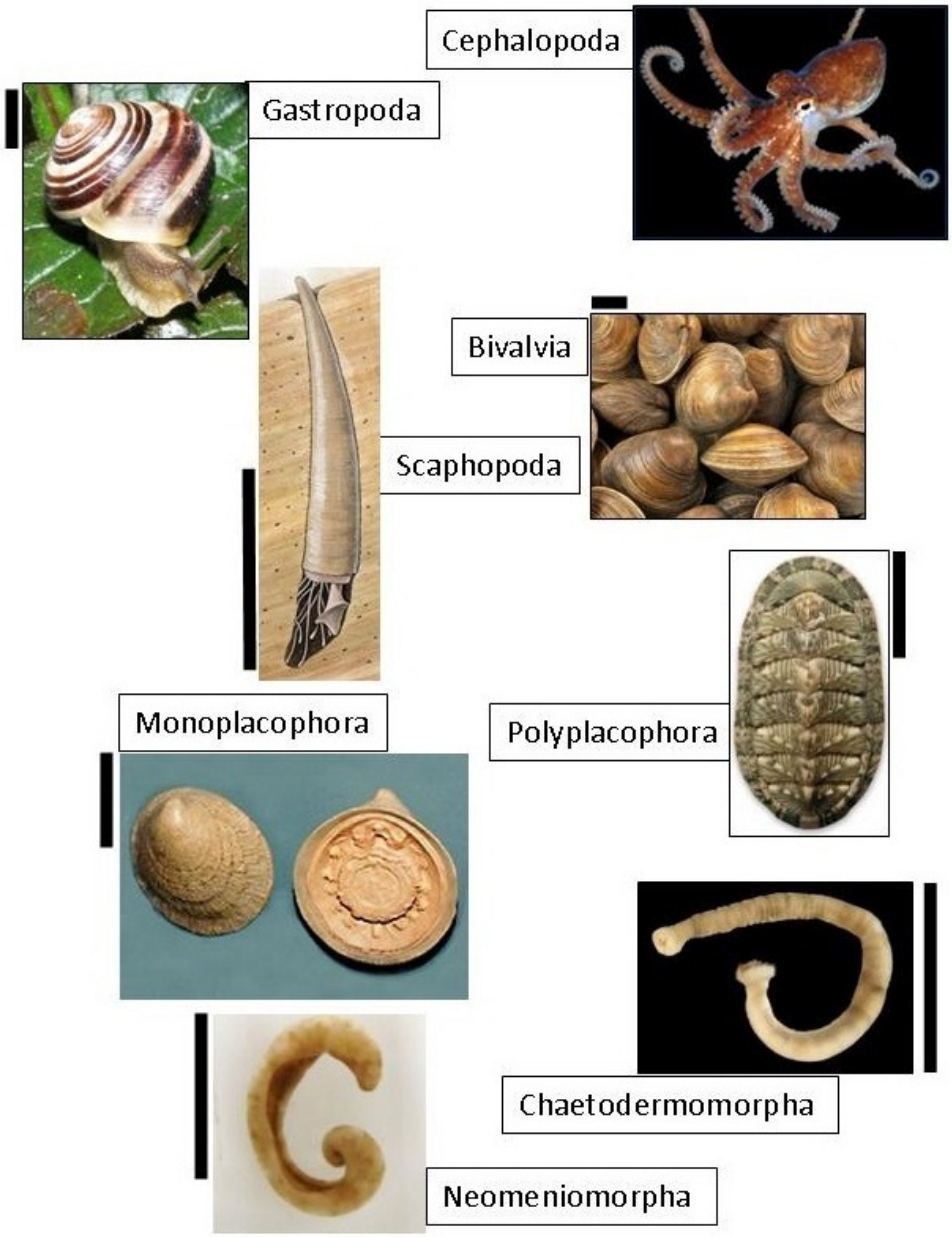


Figura 3. *Imágenes de los ocho grupos de moluscos (según Nielsen, 2012). Barra de escala: 1cm*

como Aplacophora) son organismos marinos de pocos centímetros, vermiformes de aguas profundas. Por su parte los Polyplacophora son organismos epifaunales (viven sobre el sustrato duro, adheridos a modo de ventosa por medio de su gran pie muscular), cubiertos por una conchilla formada por ocho placas. Los Scaphopoda son organismos con una concha en formas de colmillo de elefantes abiertos por ambos lados, de pocos centímetros de longitud, semi-infaunales (viven enterrados

en el barro o arena, con el extremo de menor anchura –el extremo posterior- fuera del sedimento). Los Cefalópodos presentan concha con cámaras reducida, los que la presentan internamente (calamares, sepias, etc.) o con cámaras desarrolladas, los que presentan concha externa (*Nautilus* sp.). Sistema circulatorio cerrado. Cabeza y cerebro bien desarrollados. Se desplazan por movimientos musculares y propulsión a chorro. Pie modificado en brazos y tentáculos.

Según Nielsen (2012), existe una amplia variación en la morfología de adultos (Fig. 3) y larvas de los moluscos (Fig. 4).

Pero una serie de caracteres pueden ser reconocidos en casi todos ellos, y pueden interpretarse como del filo ancestral. Por lo tanto, el ancestro de los moluscos probablemente tenía tres caracteres:

1) El manto: un área grande del epitelio dorsal con una cutícula engrosada que secreta desde espículas hasta conchas calcáreas. El manto se expande sobre toda la superficie y al plegarse en el borde, origina una cavidad, llamada cavidad del manto. El manto es fácilmente reconocible en representantes de todas las clases de moluscos vivos.
2) El pie: una superficie muscular plana, de expansión post-oral y ventral, utilizado en general para locomoción. El pie es fácilmente identificado en la mayoría de las clases, pero en los grupos más básicos de moluscos puede reducirse a una quilla estrecha (Neomeniomorpha=Solenogastres) o desaparecer por completo (Chaetodermomorpha = Caudofoveates).
3) La rádula: una banda cuticular con dientes formados en un bolsillo del epitelio ventral del esófago y utilizada para la alimentación. La rádula se encuentra en todos los grupos, excepto los bivalvos.

Si bien desde el punto de vista morfológico, parece claro estar en presencia de un grupo monofiletico al hablar de moluscos, desde el punto de vista molecular, la definición de de los moluscos como grupo monofiletico no es tan clara y hasta el presente es un problema por resolver entre los malacologos.

Según Smith et al. (2011), los moluscos tienen una gran disparidad de los planes morfológicos del cuerpo, y sus etapas evolutivas, continúan poco resueltas. Estos autores plantean que, sobre la base de hipótesis bien fundamentadas como las de

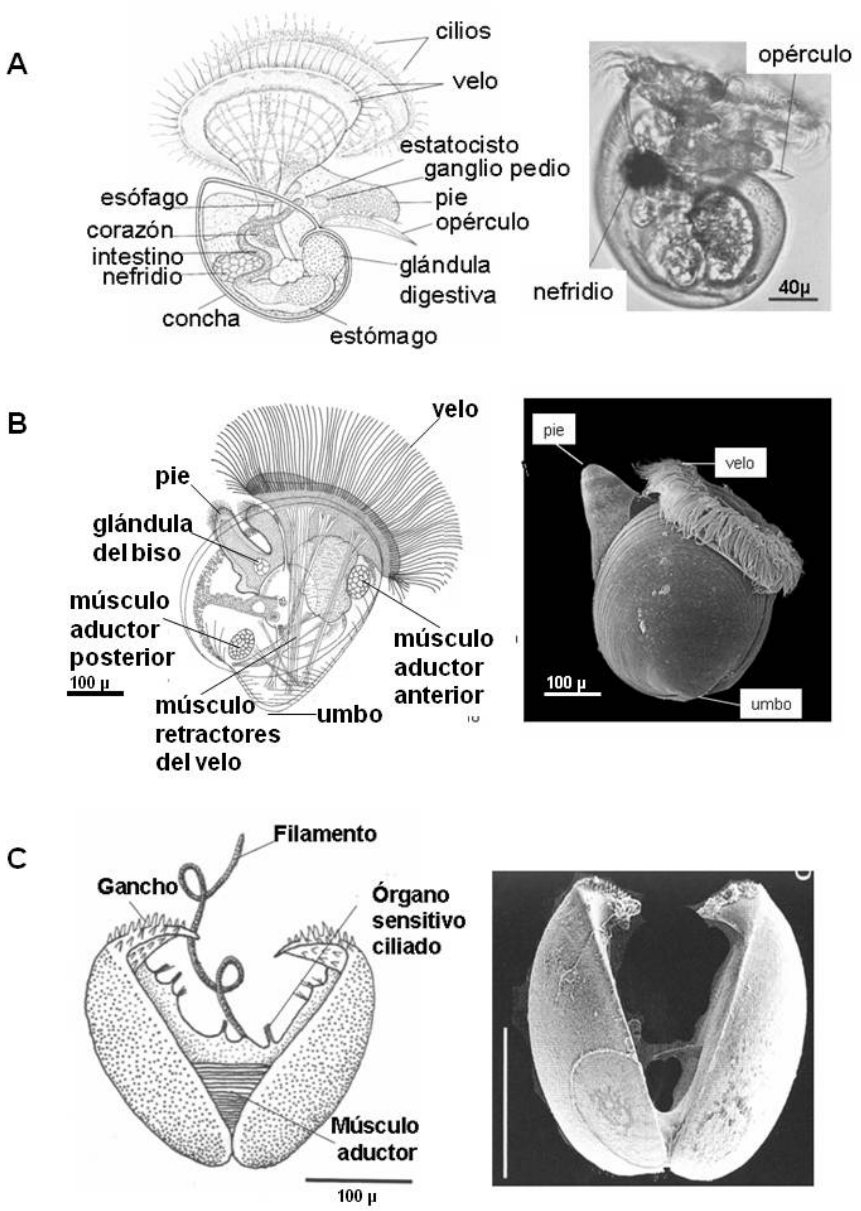


Figura 4. *Tipos de larvas de moluscos post-trocofora (larvas con valvas).* **A***. Larva veliger de gasterópodo, modificada de Buckland-Nicks, et al. (2006) y Margulis & Schawartz (1985).* **B***. Larva veliger de bivalvo; modificado de Zardus & Martel (2006).* **C.** *Gloquideo, de bivalvos dulciacuícolas Unionoida; larva parasita de peces. Modificada de Zardus & Martel (2006).*

Scheltema (1996 *fide* Smith el al. 2011) (Fig. 5.a); Salvini Plawen and Steiner (1996 *fide* Smith el al. 2011) (Fig. 5.b) y Waller (1998 *fide* Smith el al. 2011) (Fig. 5.c), son al menos tres las controversias (Fig. 6). Estas incluyen si los Aplacoforos son monofiletico o parafiletico (Fig. 6.1); varias hipótesis propuestas para las interrelaciones de los grupos de los Conchiferos (Fig. 6.2) y, por último, la ubicación de los Poliplacoforos junto con los Aplacoforos (formando el clado Aculifera) o como el grupo hermano de los moluscos con concha (forma el clado Testaria) (Fig.6. 3).

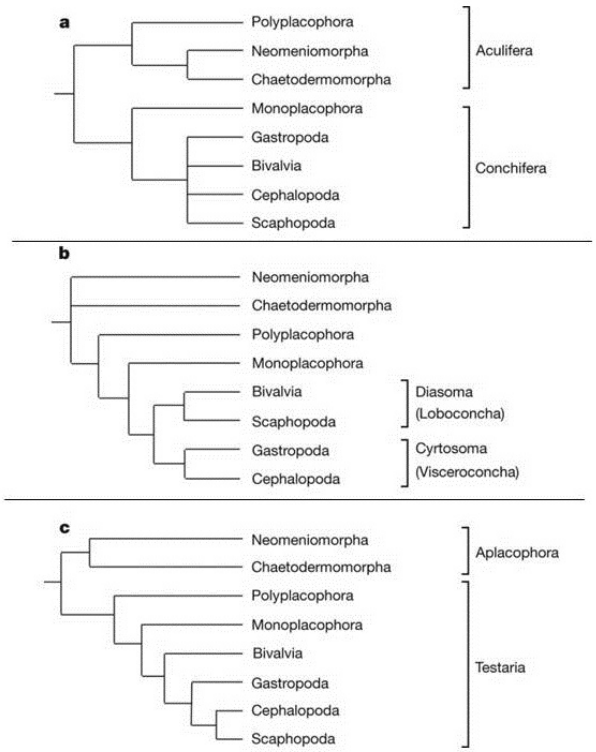


Figura 5. *Cladogramas que reflejan la hipótesis de clasificación de Scheltema, Salvini Plawen and Steiner y Waller, según Smith, et al. (2011).*

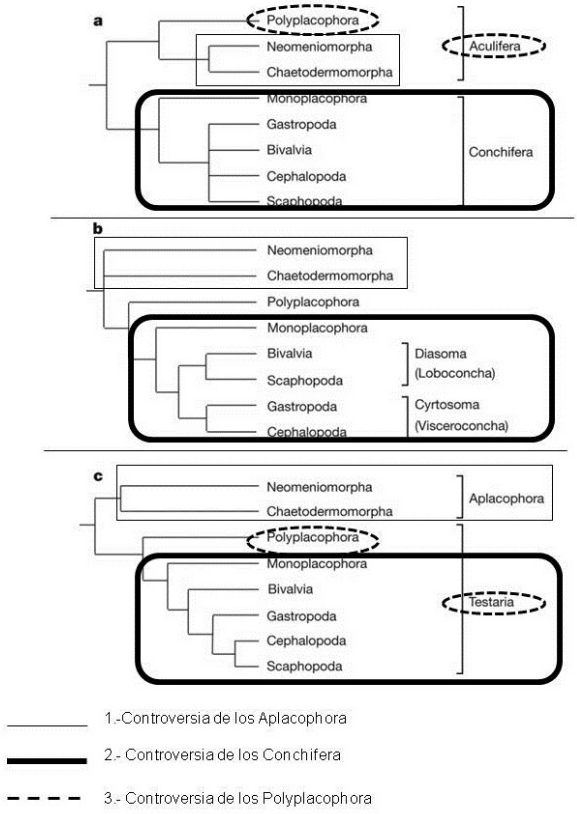


Figura 6. *Cladogramas de la macrosistemática de moluscos, donde se señalan las tres relaciones filogenéticas que entran en discusión, según Smith, et al. (2011).*

Los resultados de Smith et al (2011) se presentados en el filograma de la Figura 7.

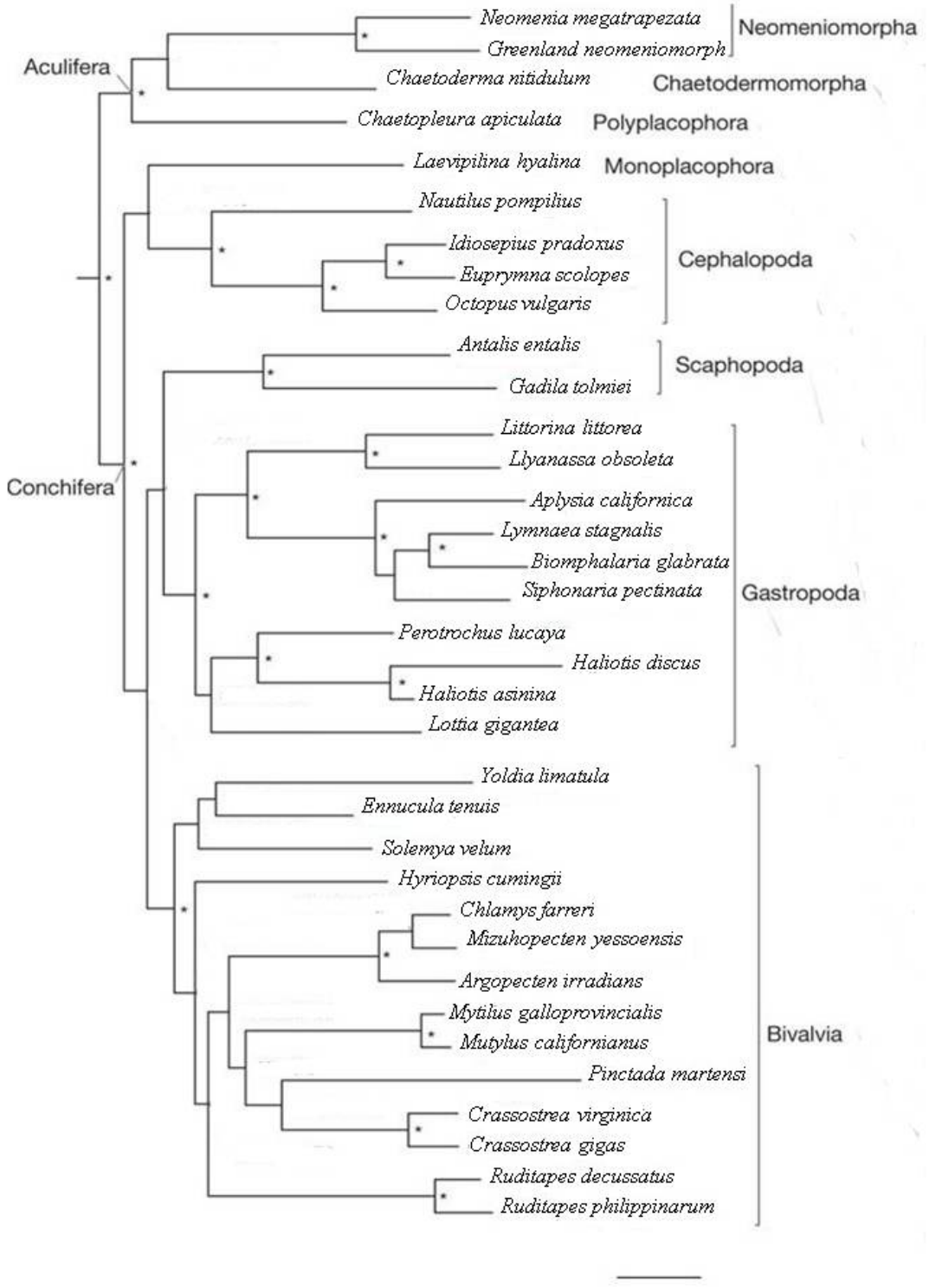


Figura 7. *Modificado de Smith, et al. (2011). En este filograma se muestra la relación del grupo hermano de moluscos aculifera con los conchífera. Los asteriscos indican 100/100/100/100 de apoyo. Barra de escala: 0,08 cambios esperados por sitio.*

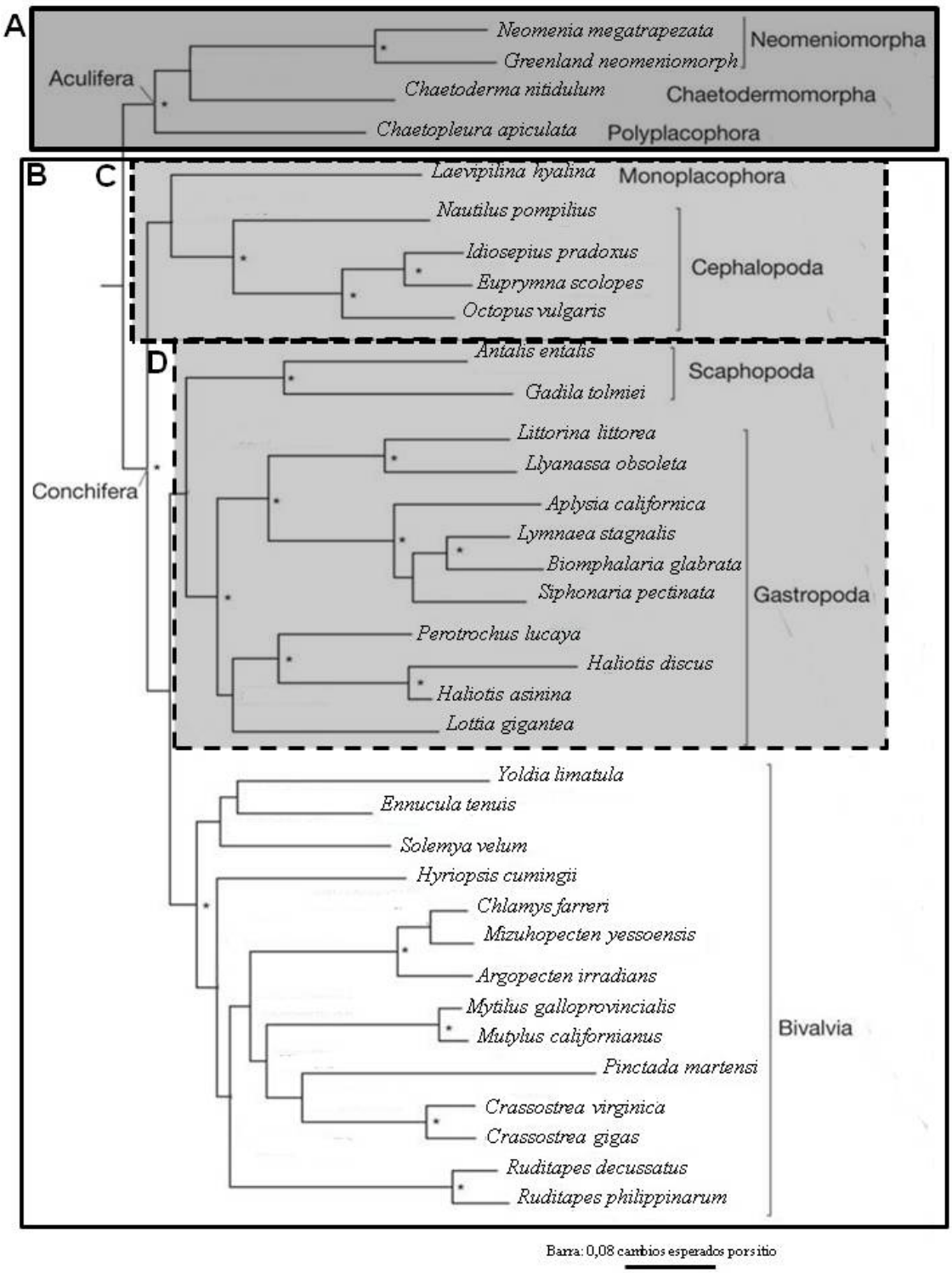


Figura 8. *Filograma detallando los clados obtenidos.* **A***. Clado Aculifera.* **B** *Conchifera.* **C***. Monoplacoforos es el grupo hermano de los Cefalopodos.* **D***. Escafopodos es el grupo hermano de los gasterópodos.*

Esta hipótesis apoya al clado Aculifera con los tres grupos de moluscos con espículas sin verdaderas conchas (Fig. 8. A) y la monofilia de los Conchifera (Fig. 8.B). Los Monoplacoforos son el grupo hermano de los Cefalópodas (Fig. 8.C).

Además existe un fuerte apoyo para el clado que comprende los Escafopodos, Gasteropodos y Bivalvos, colocando Escafopodos y Gasteropodos como grupos hermanos (Fig. 8. D). Estos autores predicen además que este árbol constituiría un marco para estudios de evolución de moluscos, desarrollo y anatomía.

Plan corporal de los moluscos

Como se menciono oportunamente, tres características son típicas de los moluscos: 1) el manto; 2) la banda cuticular de los dientes o rádula; 3) un pie ventral. No obstante, para Pechenik (2010), los moluscos son un grupo enorme de especies que se encuentran distribuidas entre organismos muy disimilares, por lo que al buscar el plan corporal de moluscos se presenta como, quizás, el más maleable en el reino animal (“notablemente las almejas, caracoles y pulpos son todos moluscos!”). A pesar de lo mencionado antes, Brusca y Brusca (2005), sostienen que, si bien difieren enormemente en la apariencia superficial, cada uno de los grupos son notablemente similares en su plan estructural/funcional fundamental, dado por las siguientes características:

1. Simetría bilateral (o asimetría secundaria), no segmentados, celomados protostomados.
2. Celoma reducido, limitado a pequeños espacios alrededor de los nefridios, corazón, y parte del intestino.
3. Cavidad del cuerpo principal es un hemocel (sistema circulatorio abierto)
4. Vísceras concentrada en el dorso como una "masa visceral"
5. Cuerpo cubierto por una gruesa lámina epidérmica, el manto, que forma una cavidad (la cavidad del manto o paleal). En la cavidad del manto se alojan las branquias, que tienen una estructura muy característica en forma de peine denominadas ctenidios; se encuentran los osfradios (órganos quimio- receptores encargados de detectar la calidad del agua); desembocan los nefridios (a través de los nefridioporos), las gónadas (a través de los gonoporos) y el ano. En los gasterópodos terrestres, la superficie interna de la cavidad paleal está muy irrigada y el intercambio gaseoso se produce a través del epitelio, de manera que actúa como un pulmón.

6. Manto con glándulas que secretan espículas epidérmicas, placas o valvas.

7. Corazón se encuentra en la cámara pericárdica y compuesto de ventrículo y aurícula separadas.

8. Con pie muscular grande, bien definido, a menudo aplanado.

9. Región bucal provista de una rádula.

10. Intestino completo, con marcada especialización regional.

11. Con grandes y complejos metanefridios ("riñones").

12. Embriogenia normalmente protostoma.

13. Con larva trocofora que, al aparecer una concha embrionaria, se transforma en una larva veliger.

Realmente no hay un molusco “típico", aunque puede esquematizarse un molusco generalizado, hipotético (Fig. 9).

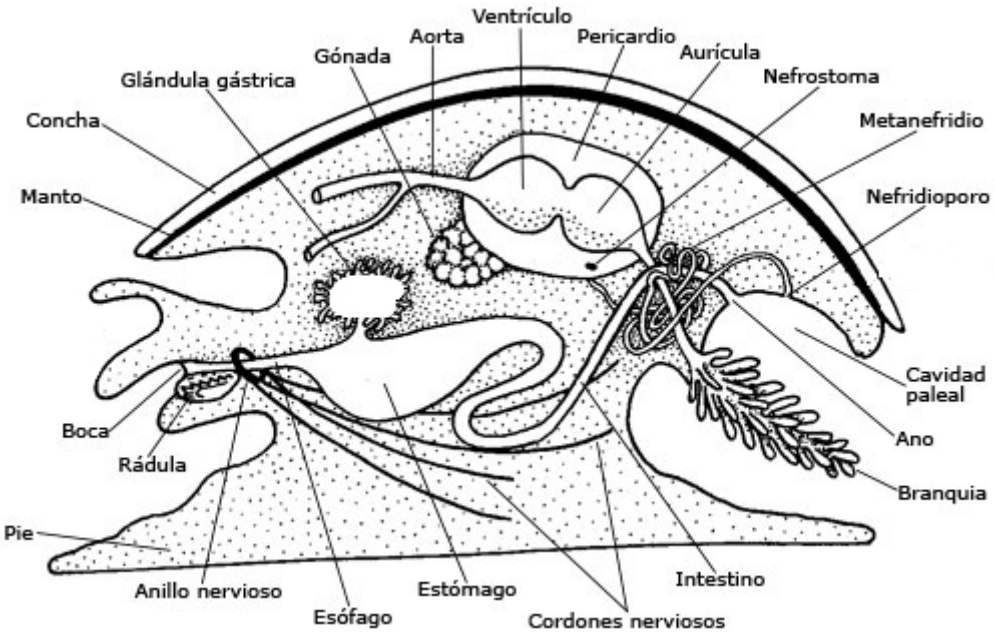


Figura 9. *Molusco ancestral hipotético.*

La mayoría de los moluscos tienen conchas que consisten principalmente de carbonato de calcio en una matriz proteica. La concha se forma gracias a células del manto que secretan carbonato cálcico que cristaliza en el exterior en forma de aragonita o de calcita; el manto también secreta una substancia quitinosa de composición compleja, la conquiolina, que se deposita sobre el estrato calcáreo formando un estrato orgánico denominado perióstraco, donde su función en esencia es evitar la disolución de la concha en ambientes ácidos. En síntesis, si bien la microestructura en la concha puede diferir entre los diferentes miembros del grupo

moluscos, la concha de la mayoría de los moluscos (incluyendo todos los gasterópodos y bivalvos) están formadas por (Fig. 10):

1) El periostraco;
2) una delgada capa calcárea interna (la capa nacarada);
3) una gruesa capa calcárea media (la capa prismática).

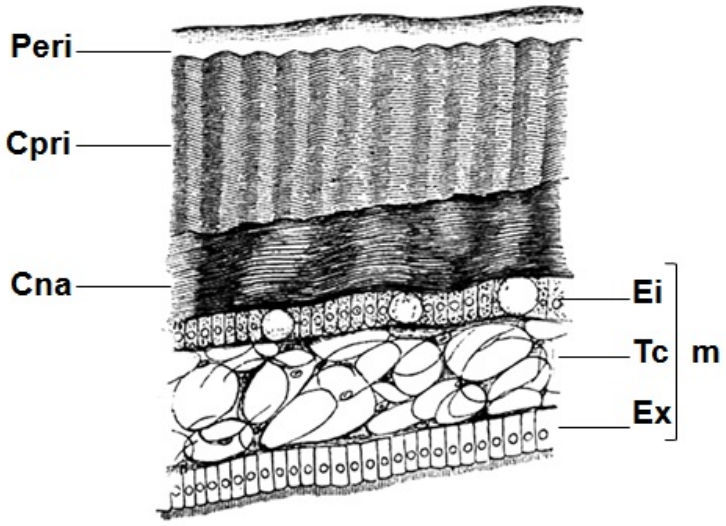


Figura 10. *Corte del manto y concha de un molusco bivalvo. Peri: perióstraco. Cpri: capa prismática. Cna: capa nacarada. Ex, Ei: epitelio exterior e interior del manto respectivamente. Tc: tejido conjuntivo (dermis) del manto. m: manto.*

Si un grano de arena, un parásito, o una partícula extraña se introduce entre el manto y la superficie interna de la concha, puede formarse una perla durante un período de años. Formación de perlas naturales es un acontecimiento raro. Los seres humanos aumentan la frecuencia de la producción de perlas con la implantación quirúrgica de piezas de concha (por lo general proveniente de los bivalvos de agua dulce) o de esferas de plástico entre la concha y el manto de ostras maduras, y a continuación, mantienen las ostras vivas durante 5 a 7 años.

Aunque el manto es una característica importante de moluscos, su función varía considerablemente en diferentes grupos de moluscos. De manera similar, el pie de los moluscos también es altamente modificado para una variedad de funciones en diferentes grupos (suela deslizante –e.g. Gasteropodos-; penetranción –e.g. bivalvos-; natación y captura –e.g. Cefalopodos-; etc.).

Con la excepción de lo que sucede en los cefalópodos, las branquias de moluscos han descubierto el principio del sistema contracorriente (Meglitsch, 1986). Este sistema aumenta considerablemente la eficiencia del intercambio de gases entre la

sangre que fluye dentro de los filamentos branquiales desde arriba y el agua que fluye sobre y entre ellos, desde abajo. En este sistema, sangre y el agua fluyen en direcciones opuestas (Fig. 11 a 13).

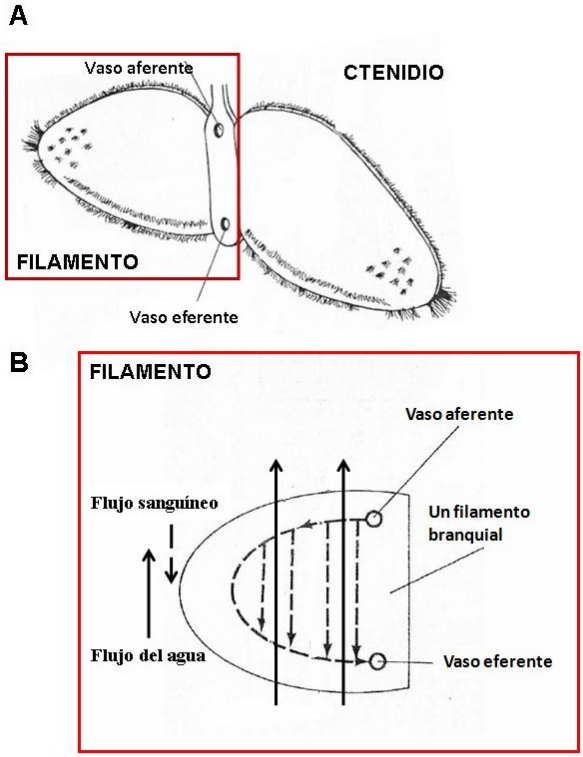


Figura 11. *Esquema del intercambio contracorriente en las branquias de moluscos. A. Esquema de uno de los dos filamentos del ctenidio. B. La dirección de el flujo de agua a través de la superficie de cada ctenidio es opuesto a la dirección del flujo sanguíneo a través de los capilares de los filamentos. La sangre oxigenada sale de las branquias a través del vaso eferente, llevando la sangre al corazón y desde allí a los tejidos. (Modificada de Nielsen, 2012).*

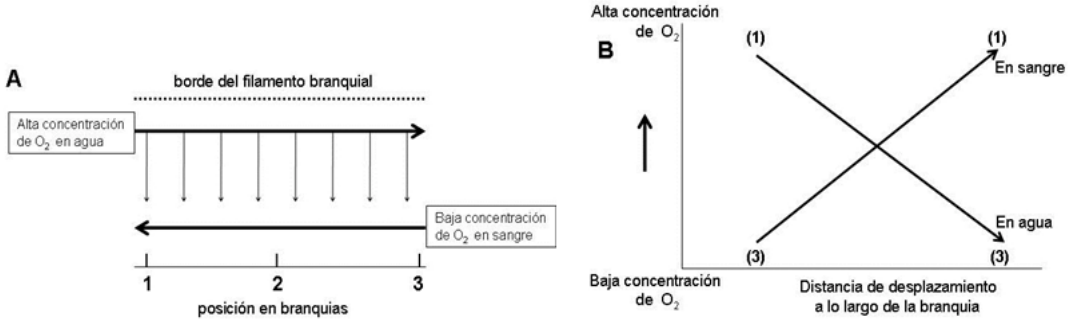


Figura 12. *En esta se ilustra el principio del cabio de oxigeno en un sistema de contracorriente.* **A***. El largo de las flechas negras verticales significa magnitud del gradiente de concentración de oxígeno entre el agua y sangre.* **B.** *En la situación contracorriente, el equilibrio nunca es alcanzado, por lo tanto el oxígeno se difunde a lo largo de toda la superficie de lámina de las branquias a la misma intensidad; siempre en el agua existe una mayor concentración de oxígeno, mientras que es menor en la sangre, por lo tanto la difusión de oxígeno del agua a la sangre nunca se detiene y es a la misma intensidad. (Modificada de Nielsen, 2012).*

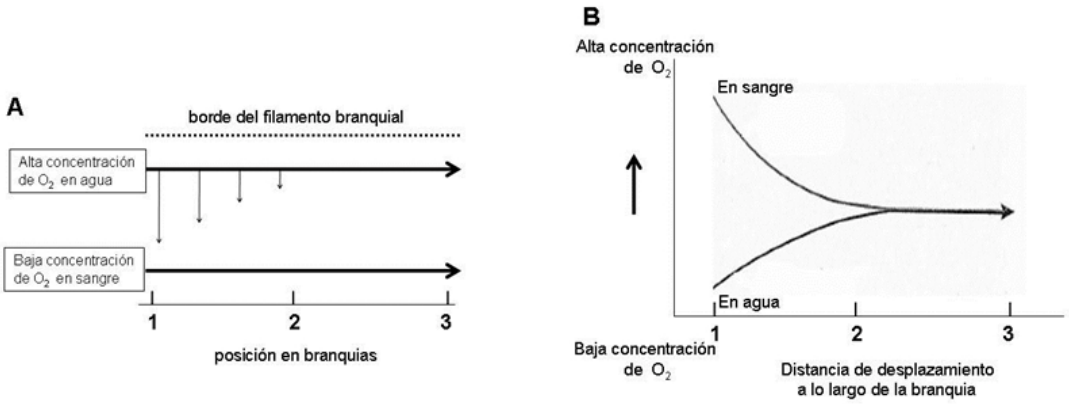


Figura 13. *Se observa la difusión de oxígeno en una situación no-contracorriente.* **A**. *Es una situación alternativa, hipotética, en el que agua y la sangre se mueven en la misma dirección, por lo tanto la magnitud del gradiente de concentración de oxígeno entre el agua y la sangre disminuye continuamente a lo largo de la superficie de la lámina branquias, así la tasa de intercambio de gases entre agua y la sangre disminuye en forma gradual.* **B.** *El gradiente de concentración de oxígeno disminuye rápidamente, de manera que más allá del punto 2 de las branquias es muy poca la difusión de el oxígeno se lleva a cabo. (Modificada de Nielsen, 2012).*

Por último, el celoma de los moluscos es muy pequeño, siendo restringido en gran medida a la zona que rodea el corazón y las gónadas. Datos moleculares apoyan la alternativa de que los moluscos han descendido de un antepasado celomado y que el celoma experimentó una reducción sustancial en el tamaño en el curso de su evolución. Sea como fuere, en los moluscos el celoma es pequeño, y no tiene función locomotora. Asimismo, los senos del sistema sanguíneo, que es abierto en todos los moluscos salvo los cefalópodos, forman un hemocele ("cavidad de sangre") bien desarrollado. Esto sirve como un esqueleto hidrostático para la locomoción de algunos moluscos (Nielsen, 2012), donde se desarrolla un tejido laxo y esponjoso, lleno de lagunas. Cuando este tejido está invadido por la sangre, se dilata y endurece, empujando hacia el exterior el área que sostiene (e.g. expanción del pie de los bivalvos, o de los tentáculos de los caracoles). Este tejido es semejante al tejido eréctil de los vertebrados (Meglitsch, 1978).

Los moluscos como recurso

Recurso alimentario

Centenares de especies de moluscos son un recurso alimentario muy importante para el hombre (calamares, pulpos, almejas, mejillones, etc.). Según Margulis y Schwartz (1985), el primer acuacultor conocido es el romano Sergius Orata, que cultivó ostras en el siglo I a. de C. Desde entonces a hoy, el cultivo y extracción de moluscos ha continuado y perfeccionado en forma constante. Enla actualidad se busca que la explotación de este recurso sea sustentable. Según ProChile (2011), institución del Ministerio de Relaciones Exteriores de Chile, la Argentina es un país con extensas costas sobre el océano Atlántico Sur que le permite tener una gran cantidad de productos provenientes del mar; sin embargo, estos no son de un alto consumo local, pues el 95% de sus extracciones son exportados. La Argentina presenta una marcada dependencia del mercado internacional para la comercialización de sus productos pesqueros. Asimismo, la Argentina cuenta con una significativa estructura de extracción y procesamiento industrial. En ese contexto, la actividad pesquera ha experimentado cambios estructurales de gran importancia en los últimos años (ProChile, 2011) como consecuencia de las modificaciones en:

1) La participación de las capturas de las distintas especies explotadas.
2) La composición de las flotas en operación.

La consecuencia de los dos puntos anteriores, a nivel cualitativo se visualiza la incorporación de nuevas modalidades tecnológicas de captura y procesamiento que permitieron la explotación de nuevas especies y cambios en la composición de las mismas.

Las principales zonas de consumo de mariscos y productos del mar en Argentina (ProChile, 2011) se encuentran en la provincia de Buenos Aires, y Mar del Plata es hoy el principal proveedor para los frigoríficos de productos marinos de la zona de Buenos Aires. Otra de las zonas importantes de consumo se encuentra en la región de la Patagonia que se caracteriza por tener una gastronomía próspera en productos del mar. Si bien en Argentina la mayor temporada de consumo de estos productos se da en Semana Santa, existe un consumo promedio durante todo el año que se ve en general deslucido por la escasez y continuidad de oferta de los productos del

mar. El consumo promedio de los argentinos per cápita es del orden de los 8,4 kilos por año, comparado con los 24 kilos que consume Perú, y los 7 a 10 kilos anuales que se consumen en Chile, frente a un consumo mundial según la FAO de 17 kilos por año por habitante.

Según ProChile (2011) las principales exportaciones de moluscos son: Calamar (*Illex* sp.) y Vieiras (*Zygochlamys* sp.) cuyos principales destinos están dirigidos a España, EE.UU, Brasil, Alemania, Países Bajos, Israel, China, Italia, República de Corea, Francia, Polonia, Uruguay y Colombia.

Sobre la base de lo planteado, en Argentina se pretende incentivar el consumo interno del producto y promover la incorporación de inversores. Ante este marco, para tener una explotación del recurso sustentable, hay dos puntos que considerar:

1) Legislación y 2) Conocimientos biológicos.

1) Legislación.

Filippo (2008) recopila el marco legal regulatorio de la explotación de estos recursos, tanto a nivel marino como continental. En lo que se refiere a la explotación de los moluscos, existen resoluciones dictadas por el Consejo Federal Pesquero (*Res. 6/2008; Res.5/2003*), referidas, entre otras, a compromisos asumidos específicamente para dos especies, el calamar o *Illex argentinus* (Castellanos, 1960) y la vieira patagónica o *Zygochlamys patagónica* (King & Broderip, 1832) y mediante la *Res. 5/2004* **y** *Res. 4/2008*, sobre la administración de la pesquería de estas especies.

En la Provincia de Buenos Aires existe una recopilación de la legislación del tema ambiental (Rua & Cano, 2012). En ella solo se evidencia una resolución en relación con la fauna de moluscos, la *Res. 5/00*, sobre la protección de la Almeja Navaja (*Tagelus gibbus*), prohibiendo todo tipo de extracción dentro de la Provincia. Por su parte, Filippo (2008) señala la existencia de una *Disposición (1238/96)* que prohíbe toda extracción comercial o turística de la almeja amarilla (*Amarilladesma mactroides*) de toda la costa bonaerense.

Para la Provincia del Chubut, Filippo (2008), evidencia la existencia de la *Ley nº 1229*, donde se estable un régimen para el ejercicio de la pesca de moluscos y crustáceos (e.g. permisos, modalidades de pesca, duración). Por su parte para la Provincia de Rio Negro, señala que en la *Ley 1960* y su *Decreto Reglamentario 822/1995*, en el Capitulo V, se establece una reserva de paso a los efectos de recolección de moluscos y crustáceos, de 50 metros de ancho. Por su parte, a través

de *Resoluciones de la Secretaria de Producción Nº 25/2005*, Río Negro establece medidas de manejo para la pesca artesanal del pulpito tehuelchus u *Octopus tehuelchus* d'Orbigny, 1834; la *Nº 253/2001*, veda en el Golfo San Matías de la almeja panopea o geoduck austral o *Panopea abbreviata* (Valenciennes, 1839) y por último de la *Nº 489/2000*, en la cual permite la pesca de bivalvos con rastras, recolección manual y de buceo, según recomendaciones técnicas del Instituto de Biología Marina y Pesquera "Alte. Storni".

En relación con el ordenamiento pesquero de los cuerpos de agua dulce de cada provincia del país, todas hacen especial referencia a la fauna ictícola, solo tres de ellas, Misiones (*Ley 1040 y Decreto Reglamentario 3271/1979*); Salta (*Ley 5513*) y Santa Cruz (*Ley 1464*) definen lo que consideran pesca e involucran a los moluscos específicamente dentro de la fauna considerada por la misma (Filippo, 2008).

2) Conocimientos biológicos.

En este sentido, el INIDEP (Instituto Nacional de Investigación y Desarrollo Pesquero) es la institución encargada de obtener los conocimientos biológicos y pesqueros necesarios para lograr una explotación sostenida de los recursos marítimos en el tiempo. Por ejemplo, es la encargada del análisis y evaluación de la pesquería de la vieira patagónica (*Zygochlamys patagónica*), para lo cual lleva en marcha un Programa de generar información actualizada y oportuna que permita a las autoridades conocer la evolución de la pesquería y aplicar medidas de manejo que minimicen causas de sobre-explotación. Los resultados permitieron que en 1996, mediante un programa cooperativo Estado-Empresa, se inicie formalmente la pesquería nacional de la vieira patagónica (para más datos consultar http://www.inidep.gob.ar/ investigacion/investigacion-general/direccion-de-pesquerias-pelagicas-y-ambiente-marino-acciones/ pesquerias-de-moluscos-bentonicos/)

Recurso ornamental, estético, otros

Los moluscos fueron y, en algunos casos, son utilizados con distintos fines además del alimentario, como por ejemplo sus conchas son recursos óptimos para la construcción de botones y camafeos con su nácar, herramientas, trompetas, objetos sagrados, joyas –perlas- o decorativos. La concha interna del cefalópodo *Sepia* sp.

fue utilizada para que los pájaros en cautiverio afilaran sus picos. También de la *Sepia* sp. y algunos gasterópodos marinos, se obtienen pinturas muy utilizadas en la antigüedad. Además, las conchas de los moluscos fueron usadas como monedas por varios pueblos originarios de América.

Al considerar a América del Sur, la región patagónica, representa el extremo continental más austral del mundo, y es la última masa continental colonizada por el hombre, hace aproximadamente 12.000 años antes del presente (Zubimendi, 2010). A lo largo de la prehistoria de esta región se suceden poblaciones cazadoras recolectoras, que explotaron los recursos disponibles: en tierras adentro los guanacos, los cuales eran complementados en la costa atlántica con lobos marinos y moluscos (Zubimendi, 2010). Asimismo, Leonardt (2013) menciona que la información arqueológica disponible para el norte de Patagonia permite sostener que durante los últimos 2.000 años habría existido un alto grado de interacción entre los grupos que habitaron la región. La circulación de diferentes tipos de objetos e información a través de grandes distancias y distintos ambientes es su manifestación más evidente. Entre los materiales que dan cuenta de dicha circulación se cuentan, entre otros, las valvas de moluscos marinos (Fig. 14).

Figura 14. *Cuentas malacológicas rectangulares enteras que componen una muestra arqueológica de la provincia de La Pampa, con una morfología similar a aquellas reconocidas en ámbitos fueguinos como pertenecientes a la especie marina Fisurella sp. (modificada de Leonardt, 2013).*

Por su parte, en muchos sitios arqueológicos de esta región en particular, es una constante la presencia de bivalvos de agua dulce, particularmente *Diplodon* sp. En la mayoría de las publicaciones sólo se registra su presencia como parte del inventario faunístico, existiendo unos pocos trabajos que se focalizan en el análisis de este tipo de evidencia en cuanto a su valor como recurso alimentario. Sólo recientemente, para el sitio “Angostura” encaran el uso de las valvas de este molusco de agua dulce para la confección de cuentas y artefactos de adorno en general. En el caso del

bosque y ecotono bosque–estepa del norte de Patagonia, también se registra la presencia de *Diplodon* sp. pero no como recurso alimentario, sino la mención de valvas decoradas o con restos de pigmento. En síntesis, se puede decir que aunque la presencia de restos de valvas de moluscos fluviales es recurrente en los sitios arqueológicos de momentos tardíos de Patagonia, todavía no es claro el papel que juegan en términos de subsistencia y tecnológicos (Leonardt, 2013). No obstante, Zubimendi (2007) asegura que para lograr un mejor conocimiento de la dinámica de uso y explotación de los recursos en la Patagonia argentina es necesario ampliar el conocimiento sobre el rol y la importancia que los moluscos, marinos y continentales, han tenido para las poblaciones prehistóricas.

Asimismo Zubimendi (2008), considera que el consumo de moluscos en las dietas de poblaciones de cazadores-recolectores patagónicos, en términos arqueológicos, presenta una serie de características particulares y biológicas que constituyen aspectos fundamentales y prácticos para su explotación por parte de estas poblaciones, ya que hacen de los moluscos un recurso accesible para todos los segmentos de la población humana (especialmente mujeres, niños y ancianos), a diferencia de otros recursos animales como los guanacos. En síntesis, los moluscos son:

1) Un recurso altamente concentrado, lo que implica un mínimo de esfuerzo en su búsqueda.
2) De fácil recolección.
3) Su disposición no varía en forma significativa a lo largo del tiempo.
4) Tienden a recuperarse de la explotación con relativa rapidez.

Asimismo, los objetos utilizados como adornos y colgantes son los artefactos ornamentales más comunes en el registro arqueológico americano, como así también un tipo de artefacto con una fuerte carga simbólica dentro de las sociedades cazadoras recolectoras. Estos objetos habrían sido utilizados especialmente como adorno corporal, pero también como sistema de comunicación, bienes de intercambio, diferenciación intragrupo, y adscripción cultural (Trubbit 2003, Bonomo 2007). La presencia de cuentas de collar es relativamente común, tanto en sitios de habitación como en entierros (Zubimendi 2010). Para la confección de estos objetos, los moluscos que eran comúnmente utilizados son las cuentas de *Aulacomya atra* (Molina, 1782) y los colgantes de *Ameghinomya antiqua* (King & Broderip, 1832) que

pueden hasta presentar una incisión para engarce, manifestando un gasto de energía para su manufactura.

Por su parte el análisis de los sitios arqueológicos de la región pampeana, permite una síntesis de los principales taxones de moluscos con probables usos para el hombre en el pasado. En general, los datos biológicos y arqueológicos reunidos refuerzan la hipótesis de que la mayoría de los taxones que viven lejos de la zona intermareal no estaban vinculados al consumo, aunque para los cazadores-recolectores pampeanos, sin embargo, el consumo esporádico no se puede descartar (Bonomo & Aguirre, 2009). Otros usos de la malacofauna, incluyen ornamentación, recipientes, herramientas, o el significado simbólico que le asignaron a los moluscos marinos, relacionado, principalmente con tamaño de la concha, forma y color y no por el valor nutricional.

CAPÍTULO 2

LA ANATOMÍA DE LOS MOLUSCOS BIVALVOS. UN INSTRUMENTO PARA EL ABORDAJE DE LA ESTRUCTURA Y FUNCIÓN EN BIOLOGÍA

Gustavo Darrigran; Alfredo Vilches; Teresa Legarralde y Miriam Maroñas

Este capítulo describe la anatomía y forma de vida de uno de los grupos de Moluscos: los bivalvos. Sobre la base del conocimiento de la morfología, particularmente de la conchilla y la musculatura, se determina la forma de vida y las adaptaciones al hábitat de ejemplares representativos de este grupo.

Introducción

Desde su origen la especie humana ha dependido, depende y dependerá, para su desarrollo y evolución cultural (Bonomo, 2007), de los servicios que la biosfera le brinda. La diversidad cultural en el planeta está en forma estrecha relacionada con la diversidad biológica, ya que las culturas están en manos de su entorno natural y de los bienes y servicios que reciben del mismo (Sarukhán, 2009). Como sabemos, el hombre siempre quiso tener injerencia sobre la naturaleza, en un principio lo busco a través de la magia y, posteriormente, al notar su incapacidad de dominio sobre esta lo procuró indirectamente a través de dioses, o en forma directa de la ciencia (Malinowski, 1994). Es así como el hombre a través del producto de esta última actividad, el conocimiento, emplea una herramienta dinámica y útil para "*organizar"* la diversidad que lo rodea y de la cual depende como especie. De esta forma el hombre intenta controlarla o al menos hacer sustentable su aprovechamiento. Lo antes mencionado, sustenta el hecho que el generar cualquier estrategia de enseñanza tendiente a comprender la diversidad biológica representa un desafío por parte de los docentes (Darrigran, et al. 2008). Asimismo, existe el pre-concepto que, ante la variedad de formas, relaciones filogenéticas, adaptaciones con el medio entre otros, el estudio de la diversidad en biología está limitado a la *memorización* de

nombres y esquemas clasificatorios cerrados y estáticos; memorizar, no razonar. Este pre-concepto conlleva a conceptualizar en forma errónea a la biología de los llamados “invertebrados” en general, y a la de los moluscos en particular, como algo ajeno a la vida cotidiana y consecuentemente su aprendizaje no resulta significativo; ya que sólo interesa a personas dedicadas a la investigación científica en instituciones aisladas de la sociedad y que generan conocimiento teórico. Por el contrario, la biología comparada de los invertebrados es una herramienta dinámica e indispensable para entender a la diversidad que nos rodea y, como se mencionó oportunamente, de la cual dependemos.

Comprender la diversidad biológica y sus potencialidades, actúan para mejorar la calidad de vida y una actitud crítica en relación con la crisis que la biodiversidad hoy atraviesa.

Sobre la base de que más del 95% del reino animal son invertebrados, y que a los observadores de los seres vivos les es fácil hallar y reconocer a las almejas, los mejillones y las ostras y que estos pertenecen al segundo grupo animal más conocido, resulta óptimo encarar el estudio y enseñanza de los bivalvos, con el fin de lograr un aprendizaje significativo.

Los bivalvos son moluscos exclusivamente acuáticos, principalmente marinos pero también se los encuentra en el agua dulce. Tienen una organización sencilla; su *masa visceral* está comprimida lateralmente y debajo de ésta cuelga una masa muscular llamada *pie* (Figura 1 A). Toda la parte blanda de estos animales está protegida por una *concha* o *conchilla* de carbonato de calcio, formada por dos valvas, fuerte y estratégicamente unidas dorsalmente por la *charnela*. La charnela se encuentra formada por *dientes* que engarzan en *alveolos* y por un filamento proteico denominado *ligamento*. Por debajo de la conchilla se encuentra el tejido que la secreta, denominado *manto* (Figura 1.B).

En este capítulo, el lector encontrara la guía necesaria que le permitirá contrastar la hipótesis que enuncia: la morfología de los bivalvos indica su forma de vida. Por lo tanto, el objetivo de este capítulo es describir la concha y las impresiones que en ella se encuentran, relacionándolos con la forma de vida de este grupo animal.

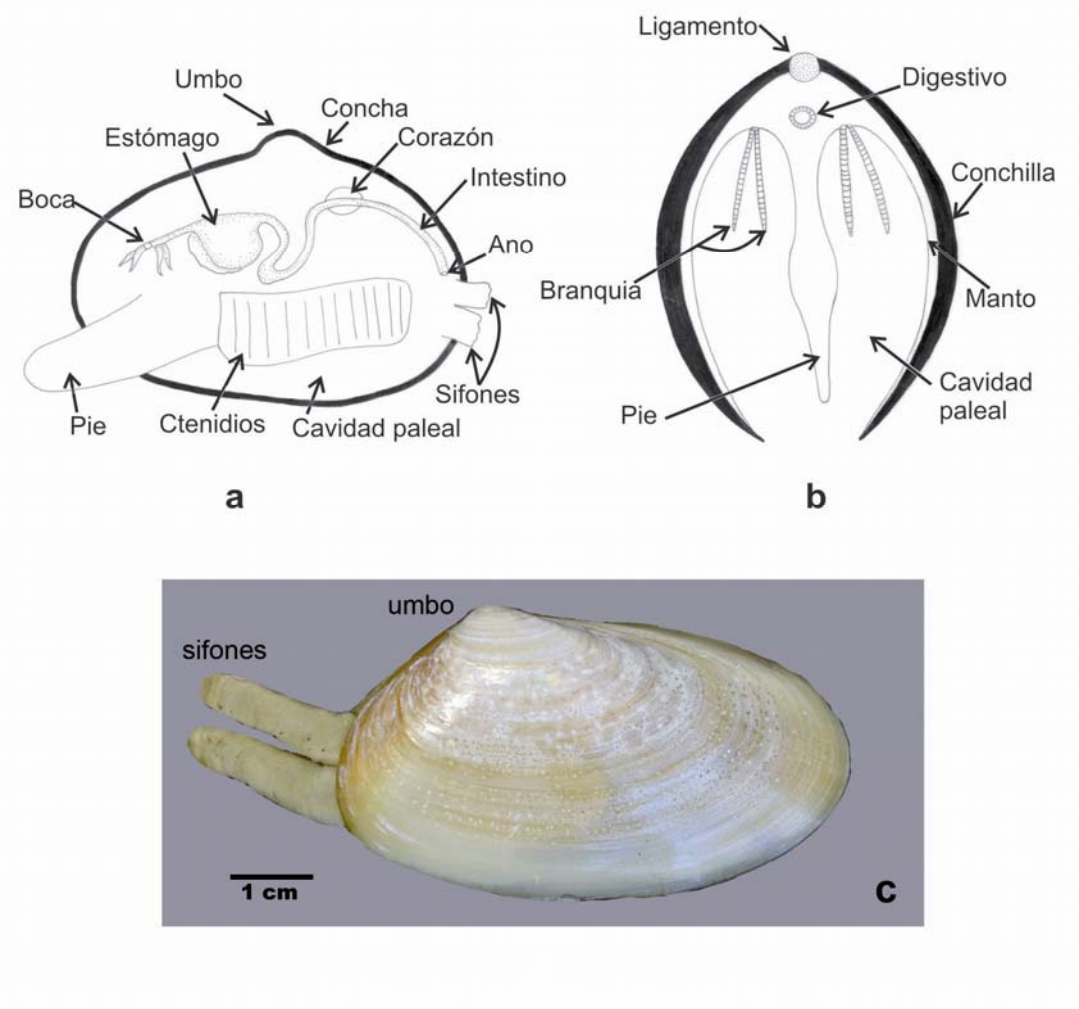


Figura 1. *Esquema de un bivalvo.* ***A****: Diagrama de un corte longitudinal;* ***B****: diagrama de un corte transversal;* ***C****: vista de concha y sifones de una "almeja amarilla"* o Amarilladesma mactroides (*Reeve, 1854) (imagen tomada por Alfredo Vilches).*

Conchilla

Para comprender las formas de vida de los bivalvos es importante la observación de las distintas formas y estructuras de la conchilla. Para ello las dos valvas que la conforman deben orientarse adecuadamente. Se llama orientación de la conchilla a la forma de colocar la valva en una posición convencional para ser estudiada (Della Lucia, *et al.* 2002). Por convención, se dice que una conchilla de bivalvo está en posición (Figura 2 A.) cuando el *umbo* (Figura 2 A. h), que es la protuberancia que representa la parte más antigua de la concha y también la más espesa (Pinto de Oliveira y Nocelle de Almeida, 2000), esté orientado hacia arriba y la cara interna de la valva enfrente al observador. En esta posición, el umbo es dorsal y la parte

opuesta y más fina de la valva (más nueva) señala la posición ventral de la conchilla. Así se pondrá la valva cada vez que en este texto se hable sobre ella.

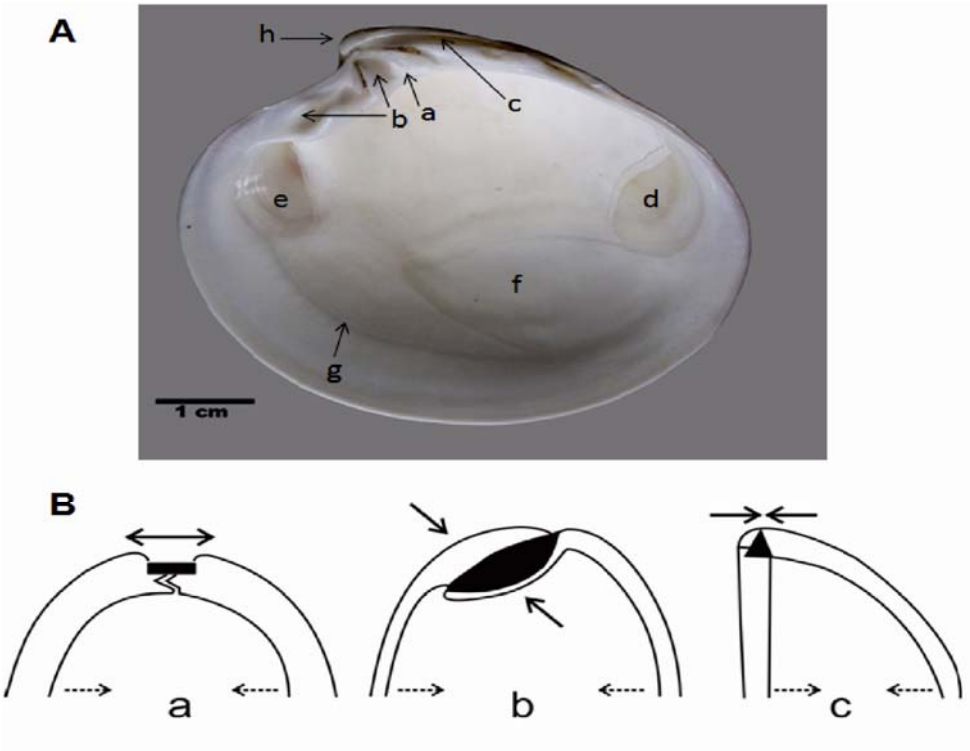


Figura 2. **A** *Valva derecha de* Amiantis purpurata *(Lamarck, 1818) (imagen tomada por Alfredo Vilches). Orientación y componentes de una valva. a: diente; b: alvéolo; c: ubicación o área del ligamento; d: músculo aductor anterior; e: músculo aductor posterior; f: seno paleal; g: línea paleal; h: umbo.* **B.** *Apertura y cierre de la valva. Acción antagonista entre la contracción del músculo aductor (flechas punteadas) y el ligamento (flechas gruesas señalando la tensión o presión del ligamento). a: ligamento externo; b y c: interno (condróforo y resilífero, respectivamente).*

Forma de la Concha

La forma de la conchilla de una especie de bivalvo puede ser muy variable. Esta variabilidad está dada por la gran plasticidad que presentan las mismas en relación con los distintos tipos ambientes en que una misma especie puede vivir. Las distintas energías del agua en interacción con los distintos tipos de sustratos y el suministro de alimento interactuán de forma tal que condicionan el modo de vida de la especie y la forma de la conchilla que tendrá en un determinado ambiente (Figura 3). Es muy importante tener presente esta plasticidad de los bivalvos, ya que históricamente se han determinado como especies distintas individuos que en realidad sólo eran “morfos” distintos.

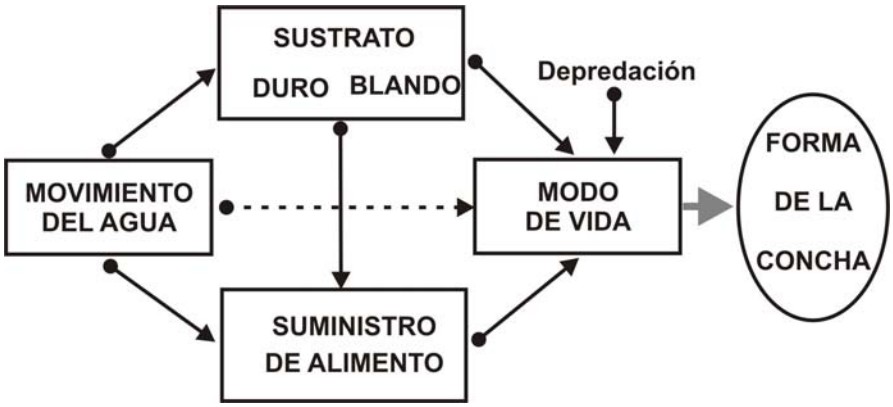


Figura 3. *Interrelaciones entre el ambiente, forma de vida y la forma de la concha de los bivalvos. Líneas continuas indican efecto mayor (modificado de Stanley, 1970).*

Ante esta situación, es conveniente tener una guía semejante a la propuesta por los malacólogos especialistas Mansur y Pereira (2006) (Tabla 1) ,, que tienda a evitar el aumento de subjetividad y de la formación de nuevos términos para definir las mismas formas, cuando se realizan las descripciones de las conchillas de las distintas especies de bivalvos

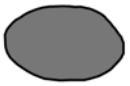
Estructura de la Concha

Como se mencionó, las valvas de la conchilla están unidas dorsalmente por una charnela que a su vez está formada por dos componentes: los dientes calcáreos y el ligamento proteico. Los primeros (Figura 2 A. a) están presentes en ambas valvas y se insertan en alveolos específicos de la valva opuesta (Figura 2 A. b). Este engarce no permite el movimiento de las valvas en el sentido lateral. Los dientes pueden ser semejantes y en ese caso se habla de una charnela taxodonta o pueden ser desiguales y entonces la charnela se denomina heterodonta. Por su parte el ligamento proteico (Figura 2 A. c) funciona en forma antagónica con los músculos aductores (Figura 3 A. d, e).

Mientras que los músculos aductores cierran las valvas cuando están contraídos, ejercen presión o tensión sobre los ligamentos. Cuando los músculos aductores se

relajan, los ligamentos cesan de ser tensionados (Figura 3 B. a) o presionados (Figura 3 B. c, d) y tornan a su estado natural, abriendo de esta forma a la conchilla.

Tabla 1. *Nomenclatura de las formas de las conchas de bivalvos, sobre la base de sus contornos (modificado de Mansur & Pereira, 2006)*

Nomenclatura	Definición	Forma	Ejemplo
Discoide	Semejante a una circunferencia		
Oval	Semejante a un huevo con dos ejes de simetría		
Ovoide	Semejante a un huevo con un eje de simetría		
Elíptico	Semejante a una elipse		
Lanceolado	Semejante a una punta de lanza		
Rectangular	Semejante a una elipse irregular con bordes paralelos semejante a un rectángulo		
Romboide	Semejante a una elipse con bordes paralelos como un polígono con cuatro lados iguales y paralelos		
Reniforme	Semejante a una elipse irregular con una convacividad ventral		
Triangular	Semejante a un triángulo		
Equilateral	Semejante a un triángulo equilátero		
Rectanguloide	Semejante a un triángulo rectangulo		
Trapezoide	Semejante a un trapecio		

Estructura y Forma de la Concha

Salvo excepciones en la morfología de la conchilla, el plano de simetría pasa entre las dos valvas dividiéndolas en derecha e izquierda (Meglitsch, 1978). Colocando la valva en posición, la valva izquierda es aquella en la que el lado anterior (por donde sale el pie) queda hacia la derecha y el posterior (por donde sale el sifón o aberturas del manto) queda a la izquierda del observador.. Las valvas derecha e izquierda pueden ser semejantes (equivalvas) como en las almejas, o desiguales (inequivalvas) como en las ostras (Figura 4 A 1 y2).

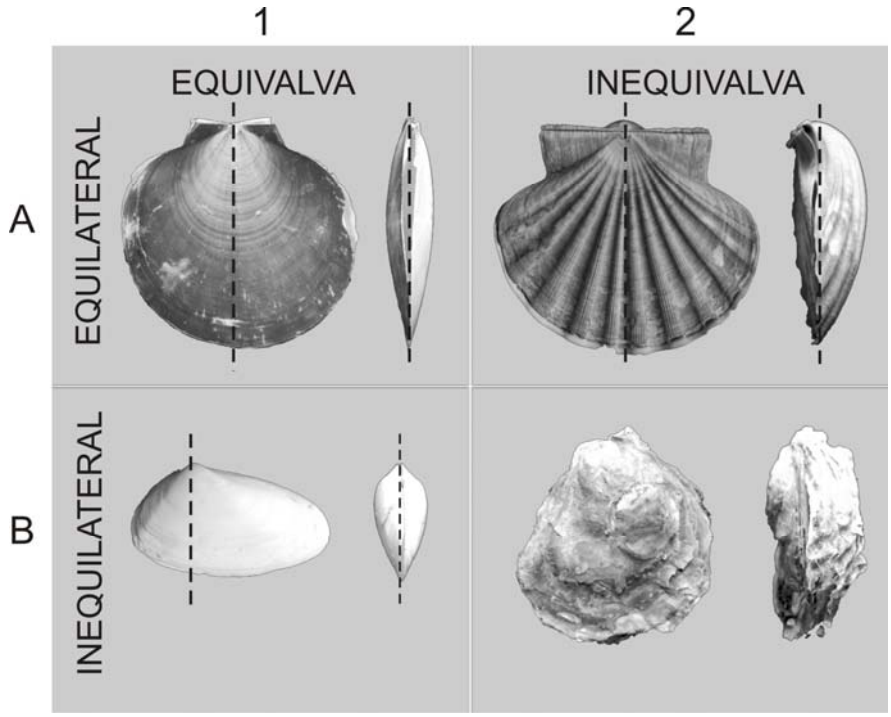


Figura 4. *Forma general de la conchilla (1 o 2) y de las valvas (A o B) según la simetría. Modificado de Camacho et al.* (*2008*)*. De izquierda a derecha y de arriba hacia abajo: Amusium* sp,; *Pecten* sp,; *Amarilladesma mactroides*; *Ostrea* sp Imágenes tomadas por Cristina Damborenea

Asimismo, en cada valva pueden ser iguales o diferentes las dos porciones situadas a cada lado del umbo. En el primer caso se dice que la valva es equilateral, como en *Pecten* sp. o *Cardium* sp. En el segundo caso la valva es inequilateral como en la almeja amarilla. (Figura 4). El cierre entre las valvas puede ser uniforme o no por tener pie y sifones (estos últimos, cuando existen, son proyecciones de la pared del cuerpo con forma de tubos que relacionan el medio interno con el externo), llegando en el extremo de desarrollo, a formar en las conchillas cuando se cierran, una abertura anterior (hiancia pedal) o posterior (hiancia sifonal) o ambas como por ejemplo en *Panope* sp. (Figura 5).

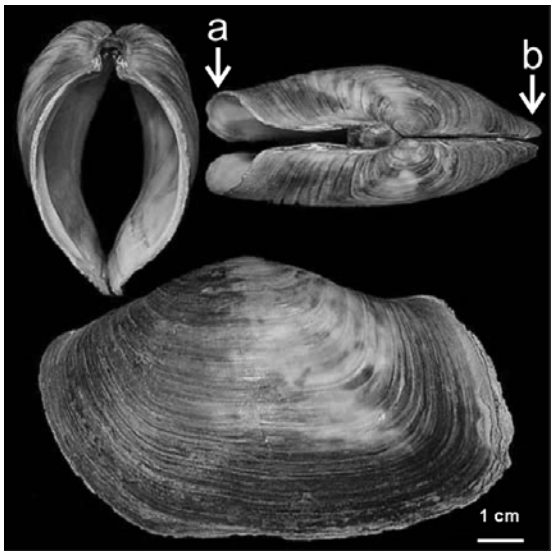


Figura 5. *a: Hiancia sifonal; b: hiancia pedal, en* Panope *sp*. *Imagen tomada por Gustavo Darrigran*

Esta sencilla organización de los bivalvos es lo suficientemente plástica para permitirles que puedan tener una amplia distribución en hábitats marinos - litorales o profundos- o dulciacuícolas temporales y permanentes. La mayoría viven enterrados en sustrato blando, otros perforan sustrato duro o viven adheridos a él. Si el sustrato utilizado son las paredes de los tubos y filtros de tomas de agua para uso humano (incrustaciones o "fouling") producen grandes perjuicios económicos (Darrigran y Damborenea, 2006).

Por lo mencionado, es válido considerar que la conchilla de los moluscos y la de los bivalvos en particular, son herramientas para incentivar a los alumnos hacia la atractiva búsqueda de la relación entre la forma y función de las estructuras que componen a un organismo.

Si se considera una valva de la conchilla de un bivalvo (Figura 3 A), con un marco de conocimiento previo, el observador está en condiciones de establecer el tipo de vida que lleva el ejemplar poseedor de la valva y las características del ambiente en que habita. En este caso, la forma, las estructuras y las marcas de las inserciones musculares en las valvas permitirán esclarecer las interacciones ambiente-forma de vida de la especie.

Musculatura

El manto, que como se dijo, es la capa de tejido que secreta la conchilla, se fija a ella por un músculo continuo ubicado a lo largo de todo su borde, el *músculo orbicular del manto*. Este deja una impresión en la conchilla llamada *línea paleal* (Figura 3 A. g). Del músculo orbicular surgen los que retraen a los sifones y que interrumpen la impresión de la línea paleal dejando una marca denominada *seno paleal* (Figura 3 A. f).

En los moluscos aparece por primera vez en el reino animal un tejido conjuntivo laxo y esponjoso homólogo al *tejido eréctil* de los vertebrados (Meglitsch, 1978). Los tentáculos de un caracol o el pie de un bivalvo, por ejemplo, pueden ser retraídos gracias a la contracción de músculos retractores de tentáculos y pie, respectivamente. En una almeja, los poderosos músculos retractores del pie dejan marcas distintivas en la conchilla (Figura 6 A. a y b). Por su parte, la extensión de esas estructuras es todo un desafío adaptativo. Para los invertebrados con espacios celómicos amplios (e.g. anélidos poliquetos) es sencillo solucionar este reto ya que el líquido celómico invadiría los espacios y canales celómicos y, por presión, extendería la estructura.

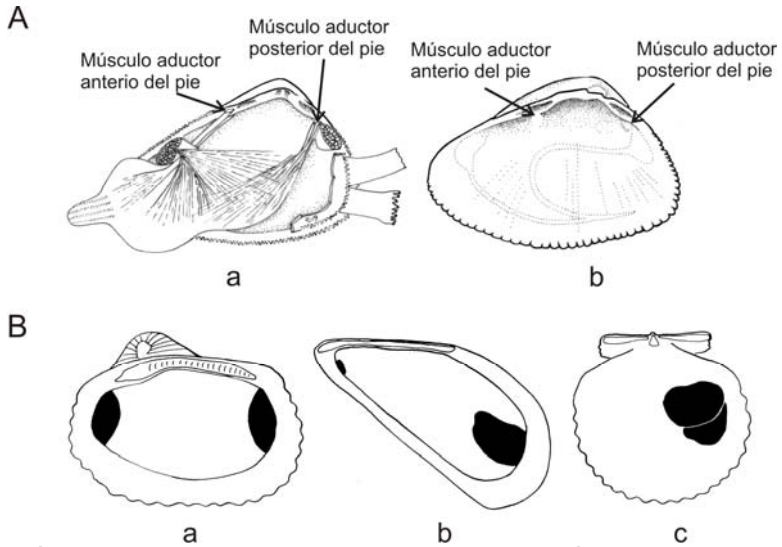


Figura 6. A. *a: Músculos retractores del pie. b: marca de los músculos retractores.* **B.** *Impresión de los músculos aductores. a: dimiario isomiario, b: dimiario anisomiario, c monomiario (constituido por un paquete de musculo estriado y otro de musculo liso).*

Pero los moluscos poseen espacios celómicos muy reducidos y no puede recurrir a este sistema. Entonces, ¿cómo extienden esas estructuras? Gracias a la

propagación del tejido conjuntivo esponjoso, que al ser invadido por la sangre se dilata y endurece empujando hacia el exterior la estructura desde donde se encuentra (*e.g.* pie, sifones). Los movimientos se consiguen por una combinación de acción muscular y presión hidráulica (Brusca y Brusca, 2005).

Como ya se mencionó, los bivalvos tienen una estructura muscular debajo de la masa visceral, llamada pie (Figura 1). Esta masa muscular de forma peculiar es la causa por la cual en muchos libros, este grupo de molusco reciba la denominación de "pelecípodos" (pie en forma de "hacha"). Éste está dirigido hacia adelante mientras que la presencia de sifones indica la parte posterior del organismo. Para el movimiento activo los tejidos del pie se llenan de sangre provocando una presión de turgencia importante para la locomoción. Además, el pie es utilizado tanto para excavación y anclaje como para fijación al sustrato duro. Por lo tanto, el saber qué tipo de morfología o tamaño del pie, en general nos brindaría una herramienta válida para estimar la forma de vida de los bivalvos. Un pie de forma plana lateralmente, que cuando está extendido tiene un tamaño igual o mayor al 50% del cuerpo del ejemplar, indica que estos bivalvos lo utilizan para enterrarse. En cambio, un pie reducido, de forma roma y con glándulas para secretar filamentos proteicos o "biso", indica que estos bivalvos lo utilizan para desplazarse sobre el sustrato y adherirse a él.

La mayoría de los bivalvos viven en hábitats bentónicos blandos donde excavan y se entierran a diferentes profundidades (Brusca y Brusca, 2005). Estos bivalvos "infaunales" poseen los músculos aductores anteriores y posteriores bien desarrollados, de tamaño semejante (*dimiarios, isomiarios*) (Figura 6 B. a). En los que viven adheridos al sustrato, llamados "epifaunales" (*e.g.* mejillones) el pie y el extremo anterior están reducidos, lo cual conduce a una reducción del musculo aductor anterior (*dimiarios, anisomiario*) (Figura 6 B. b). En los que viven libres sobre el sustrato o "nadadores" (*e.g.* vieiras) incluso pueden perder el musculo aductor anterior (*monomiario*) (Figura 6 B. c).

En general, algunos moluscos presentan poca o nula movilidad (*e.g.* ostras, mejillones) y otros están entre los mejores nadadores del mundo (*e.g.* calamares). Por ello las exigencias con respecto al tejido muscular son diferentes entre estos dos extremos y en la gama de alternativas entre ellos. Estos requerimientos son resueltos por las características de las fibras musculares ya que algunos músculos se contraen y se relajan muy rápidamente (en general, *músculos estriados*),

mientras que otros se contraen muy lentamente pero pueden mantener esa contracción por largos períodos (*músculos lisos*). Por ejemplo, muchas veces es muy importante para la vida del bivalvo cerrar la conchilla rápidamente por un peligro inminente, pero no es menos relevante que puedan tenerla fuertemente cerrada por un tiempo relativamente largo. Este es el caso de especies del género *Pecten* (Figura 6 B. c), en donde el único musculo presente (monomiario) reúne en su constitución a los dos tipos de tejido muscular. “Nadan” generando propulsión a chorro, abriendo y cerrando sus valvas (fibras musculares estriadas); y pueden cerrar fuertemente sus valvas por cierto tiempo (fibras musculares lisas).

Hábitat

De acuerdo con lo planteado por Stanley (1970) se considera como hábitat de un bivalvo al formado por tres aspectos interrelacionados: forma de vida, forma de locomoción o asentamiento y forma de alimentación. Sobre esta base se relacionan las características de la conchilla y el tipo de hábitat asociado con las mismas. Por lo tanto, de acuerdo con su forma de vida, una división común de los bivalvos es: *excavadores de sustrato blando; perforadores; habitantes superficiales fijados al sustrato duro; habitantes libres de superficie.*

Excavadores de Sustrato Blando

Estos bivalvos pueden vivir inmediatamente por debajo de la superficie y se los clasifica como *infaunal superficial* (Figura 7 A. s) o a varios centímetros de profundidad (*infaunal profundo*) (Figura 7 A. p) (Stanley, 1970). El mecanismo de introducción o excavación se basa en contracciones alternadas de la musculatura del pie. Para iniciar el proceso la conchilla se fija abierta al sustrato, ayudada por las ornamentaciones de la misma (espinas o rugosidades), a la vez que el pie se estira y penetra en el sustrato (Figura 7 B. a, b). El extremo del pie se dilata a modo de anclaje y se contrae la masa muscular (Figura 7 B. c, d), pero es la conchilla la que se acerca al pie permitiendo así su enterramiento (Figura 7 B. e).

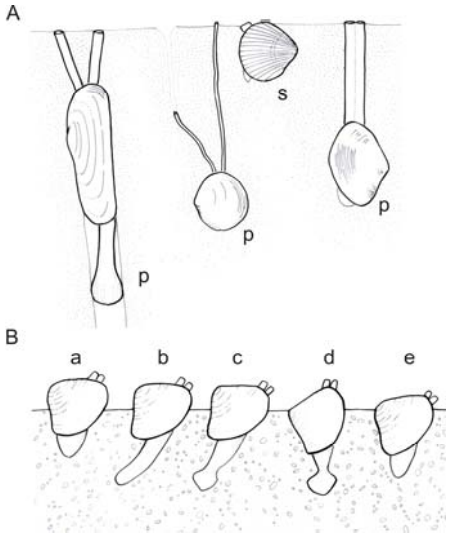


Figura 7. A. *Forma de vida Infaunal. s: superficial; p: profundo*. **B**. *Proceso de excavación en el sustrato blando. a-e etapas de enterramiento.*

Sin embargo, un problema asociado a la vida infaunal es que la corriente inhalante de agua que baña a las branquias llegaría muy cargada de sedimento o desaparecería. Las branquias de los moluscos, en general, se encuentran dentro de una cavidad llamada *cavidad paleal* (o *cavidad del manto*) que en los bivalvos está muy desarrollada (Figura 1). Las branquias de los bivalvos además de ser utilizadas en el proceso de respiración, tienen otras funciones tales como captura de alimento y en algunas especies de agua dulce, incubadora de sus larvas. Por lo antes dicho, la relación de la cavidad paleal con el medio es vital, y el lograr un continuo intercambio selectivo de agua es fundamental. Esta relación cavidad paleal/medio, se logra con la paulatina fusión del manto, quedando sin fusionarse zonas por donde circulan las corrientes inhalantes y exhalantes de agua, y el pie. Esta solución fue suficiente para los bivalvos de vida infaunal superficial pero no lo fue para los de vida infaunal profundo (Figura 7 A). En este caso las aberturas del manto, relacionadas con las corrientes de agua, se alargaron formando dos tubos o *sifones* que llegan a la superficie y que comunican la cavidad paleal directamente con el agua. El largo de los sifones varía con la profundidad a la que viven y tienen diferentes grados de complejidad (Figura 7 A). Su presencia le permite al animal permanecer enterrado en el sustrato e interrelacionarse con el agua libre, en forma simultánea.

La retracción de los sifones la hace el músculo retractor del sifón, cuya impresión en la concha corresponde a una marca de media luna conocida como *seno paleal* (Figura 3 A. f). Cuanto más grande es el seno paleal, mayor es el desarrollo de los

sifones y por lo tanto mayor probabilidad de que la valva sea de un bivalvo infaunal profundo. Otro carácter de la conchilla coincidente con esta forma de vida, dependiendo de la profundidad a que el ejemplar llega a enterrarse, puede ser la presencia de hiancia sifonal y pedal que permiten, aún con las valvas cerradas, una abertura para el paso de los sifones y pie, respectivamente (Figura 5).

Perforadores

Se agrupan aquí a las especies que han adquirido la capacidad de excavar en sustratos no blandos (corales, madera e incluso piedras calizas porosas). Siempre la excavación comienza rápidamente después del establecimiento de la larva. Existen dos tipos de perforadores: los mecánicos y los químicos. En los primeros _ la abrasión es producida por movimientos de las valvas. Estas poseen los bordes serrados o dentados, y con sus movimientos producen un refugio en el que viven desde su asentamiento (momento en que la larva entra en contacto con el sustrato). Es muy variado el tipo de sustrato duro donde se encuentran estos organismos. Entre ellos se destacan:

a) *Madera*. Las especies de *Teredos* sp, (Figura 8 A. a) son uno de los principales agentes biológicos involucrados en la destrucción de la madera en ambientes marinos y estuarinos. La madera afectada no muestra daños externos aparentes. Ésta es consumida internamente casi por completo, formando cientos de canales que producen una estructura porosa y frágil ante la presión mecánica. En este sentido el problema de este grupo ha sido siempre de significancia económica ya que involucra la destrucción de estructuras de madera en mares y estuarios *en todos los tiempos* (Rojas y Severeyn, 2000).

b) *Tosca*. Son niveles continuos de acumulaciones de carbonato de calcio en depósitos formados por limos arenosos o arenas limosas con una proporción variable de agregados arcillosos que se formaron sobre o cerca de la superficie del suelo (AABA, 2004-2008).

Sobre esta “roca blanda” los bivalvos (*e.g. Barnea* sp. Figura 8 A. b)_realizan perforaciones mecánicas, utilizando las irregularidades de la región anterior de la conchilla para raspar y desgastar al sustrato (Brusca y Brusca, 2005).

Sobre las "toba", actúan los perforadores químicos, es la técnica utilizada, por ejemplo, por el "*dátil de mar*" de las costas de la Patagonia argentina (*Lithophaga patagonica*) (Pastor *et al*. 2000). Éste es un bivalvo filtrador de la familia de los mejillones (Mytilidae), que vive en la parte más profunda de largos tubos, de los cuales se puede ver sus aberturas de menos de un centímetro de diámetro en la roca calcárea ("toba") que él mismo perfora mediante la segregación de un ácido. Tiene forma cilíndrica alargada con valvas de igual forma y tamaño, de color marrón-amarillo, semejante al fruto de la palmera (Figura 8 A. c) y de allí su nombre vulgar.

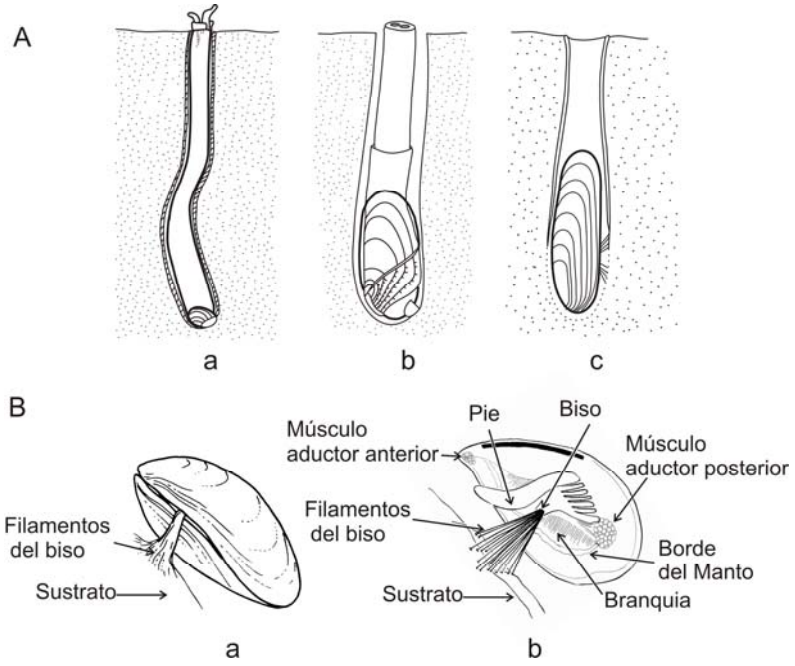


Figura 8. **A**. *Tipos de bivalvos perforadores. a- e.g.* Teredo *sp. (sustrato: madera); b- e.g.* Barnea *sp. (sustrato: tosca); c- e.g.* Litophaga *sp. (sustrato: roca calcárea).* **B**. **a***. Aspecto exterior y* **b** *interno (sin valva izquierda) de un Bivalvo epifaunal bisado.*

Habitantes Superficiales Fijados al Sustrato Duro

Estas son especies que, como mejillones y ostras, viven fijos al sustrato. A esta forma de vida Stanley (1970) la denomina *Epifaunal*, dado que el organismo vive sobre el sustrato duro. Las especies epifuanales pueden adherirse al sustrato duro por la secreción de un "cemento" calcáreo que fija fuertemente una de las valvas de la conchilla (*epifaunal cementante***,** *e.g.* ostras**)** o por filamentos proteicos llamado *biso* (*epifaunal bisado o adherente*, e.g. mejillones, vieiras, etc., Figura 8 B). Los

filamentos son producidos por una glándula situada en el pie. El animal se asienta con el pie y comienza a producir las secreciones filamentosas que, en contacto con el agua, se endurecen y lo fijan fuertemente al sustrato; entonces retrae al pie. Todos los bivalvos adherentes comparten características en estado adulto como la reducción del pie y del extremo anterior del cuerpo.

Habitantes Libres de Superficie

Se trata de especies, como las vieiras o *Pecten* sp., que viven sobre el sustrato generalmente arenoso. En presencia de peligro (*e.g.* cercanía de un depredador como una estrella de mar) son capaces de "nadar" para escapar mediante, como ya fue explicado, movimientos bruscos (relajación/contracción) del único músculo aductor (Figura 6 B. c) que cierra las valvas fuertemente (Donovan *et al.*, 2004).
El resultado de contrastar la hipótesis planteada en la Introducción, con el conocimiento marco desarrollado en este capítulo, puede explicarse con el siguiente ejemplo: Al observar una valva perteneciente a un molusco bivalvo (Figura 2 A), su morfología, marcas y señales de improntas musculares, son claves para estimar su forma de vida y hábitat:

(1) Por la ubicación del seno paleal, que señala la posición posterior, se sabe que se está en presencia de la valva derecha. Asimismo, si bien la valva analizada es simétrica a su par (equivalva) (Figura 4.1), pero es distinta a ambos lados del umbo (inquilateral) (Figura 4.1.B).
(2) Los músculos aductores son pares (dimiarios) y de igual tamaño (isomiarios) (Figura 5 B).
(3) La charnela es de tipo heterodonta.
(4) El Ligamento es externo (Figura 2 B a).

Esta descripción corresponde a una conchilla de forma de cuña, con mínima resistencia a enterrase, tarea que realiza con la actividad del pie y una dinámica coordinación entre las estructuras (2), (3) y (4). El (1) señala la relación que el individuo presenta con el medio externo al sedimento (presencia de sifones); y lo profundo de la marca de (1) indica la presencia de largos sifones, por lo que es evidente que el organismo cava y se entierra a varios centímetros de profundidad en

el sustrato blando. En síntesis, esta valva (Figura 2 A) es de un bivalvo que con forma de vida infaunal profunda y el ambiente donde vive es de sedimento blando.

CAPÍTULO 3

LA RELACIÓN ENTRE LA FORMA DE VIDA DE LOS MOLUSCOS BIVALVOS Y LA MORFOLOGÍA DE SUS CONCHILLAS. APORTES PARA EL TRABAJO EN EL AULA CON INCLUSIÓN DE NUEVAS TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN Y COMUNICACIÓN (NTIC).

Alfredo Vilches; Teresa Legarralde y Agustina Iugovich

En este capítulo, se ofrecen ejemplos para que al abordar estos temas puedan ser adaptados o reelaborados según el criterio del docente que desee incorporarlos a sus clases y el contexto áulico. Para ello se recomienda recurrir a especies conocidas de bivalvos que posean forma de vida diferente.

Introducción

La Biología, como disciplina científica a enseñar, enfrenta a los docentes con múltiples realidades: una terminología científica que resulta de difícil acceso para los alumnos, procesos complejos que requieren la integración y comprensión de temáticas diversas, diseños experimentales que involucran trabajos de laboratorio que suelen no ser comprendidos por el alumnado, etc. Por ello, como mencionan García Barros y Martínez Losada (2003), los trabajos prácticos se configuran en la asignatura pendiente de la enseñanza de las ciencias. Estas autoras señalan la urgencia respecto a un giro o innovación en los trabajos prácticos, tarea que depende de la formación docente y de la elaboración de materiales didácticos pertinentes. En el caso particular de la biología comparada, la cual permite comprender y organizar la diversidad biológica, recurrir a estrategias de enseñanza que permitan comprenderla y valorar sus potencialidades, se configura como un reto para los docentes (Darrigran et al., 2008)**;** ellos tienen la tarea de acercar conocimientos de forma tal que posibiliten a los alumnos la adquisición de competencias pedagógico-didácticas adecuadas para el logro de aprendizajes duraderos. Es necesario entonces generar espacios para reflexionar sobre las distintas estrategias de enseñanza, su evaluación y diseño, pero también sobre la

selección y utilización de contenidos, recursos e instrumentos que favorezcan el proceso de aprendizaje. En este sentido, las actividades prácticas en las clases de ciencias (áulicas o de campo) resultan motivadoras, ya que en ellas se complementan la teoría y la práctica, por lo que resulta necesario buscar caminos alternativos para la enseñanza. Siguiendo esta idea, los aportes que se presentan en este capítulo tienen por objeto orientar a los docentes en la realización de actividades prácticas con organismos invertebrados; para este caso particular se toman como referencia los moluscos bivalvos. En el mismo se destaca, como se anticipó, el valor de complementar la teoría con la práctica, buscando acercar a los estudiantes a los procedimientos de trabajo propios del área, particularmente a partir de un abordaje basado en preguntas o en la formulación de problemas. Al respecto, Pozo (1994) argumenta que para que la solución de problemas sea considerada como contenido procedimental, los estudiantes deben “saber hacer algo”, además de “decirlo o comprenderlo”.

Lo expresado representa el soporte teórico sobre el que se asientan las propuestas didácticas que se proponen a continuación, sugeridas para el trabajo áulico con diferentes tipos de moluscos bivalvos, pero con distintos abordajes metodológicos.

Propuesta 1.: La morfología de las valvas y su relación con la forma de vida de los moluscos bivalvos.

Se propone una actividad práctica que representa un abordaje del estudio de las adaptaciones y la forma de vida de los moluscos bivalvos, con un enfoque que surge del análisis de la morfología de sus valvas; a partir del reconocimiento de la conchilla y sus marcas musculares, se pretende determinar la forma de vida y las adaptaciones al hábitat de ejemplares representativos de bivalvos propios del litoral marino de Argentina. El esquema de trabajo que se plantea favorece la construcción de conocimientos a partir de la confrontación con una situación-problema, en concordancia con Furman y Podestá (2008), quienes señalan que resulta necesario enseñar la ciencia no sólo como proceso, sino también como producto. Si se atiende a la dimensión de ciencia como producto se debe centrar el análisis en los conceptos, hechos y datos científicos; en cambio la dimensión de ciencia como proceso comprende el desarrollo de ideas sobre la construcción del conocimiento

científico y de habilidades científicas, como la clasificación, la formulación de hipótesis, el diseño de experiencias, el manejo del material de laboratorio y la recolección y análisis de datos (Furman et al. 2012). Al reparar en las consideraciones de otros autores, Meinardi y Adúriz Bravo (2002), por ejemplo, destacan que los contenidos procedimentales y conceptuales deben ser enseñados reconociendo la relación que concurre entre ellos, idea que es retomada en esta propuesta; la misma se detiene en aspectos conocidos de la anatomía de los moluscos bivalvos, analizados desde la función, lo que resulta novedoso si se contempla el tratamiento clásico de estos temas (Vilches et al. 2012a). El abordaje que se formula involucra la integración de contenidos y la valoración de los trabajos prácticos resignificando la integración entre lo conceptual y lo procedimental. Es un tipo de actividad de laboratorio dirigida a predecir, observar, explicar y reflexionar (Leite y Figueiroa, 2004; Tenreiro Vieira y Marques Vieira, 2006), operaciones que impulsan la construcción de conocimiento conceptual a partir de interpelar a los estudiantes con una pregunta o situación problema. Para el caso que nos ocupa, la situación problema es determinar la forma de vida de un molusco bivalvo a partir de las características de sus valvas, con el objeto de relacionar estructura y función. Los ejemplos que se ofrecen en esta propuesta pueden ser adaptados o reelaborados según el criterio del docente que desee implementarla a sus clases. Se recurre a cinco especies de moluscos bivalvos que poseen formas de vida diferentes. Es recomendable que, al llevar a cabo esta actividad, se utilicen valvas de moluscos que sean comunes o habituales, propias de la región, con el objeto de que las mismas resulten conocidas por los alumnos participantes (Vilches et al. 2012a). Posteriormente puede complejizarse, incorporando muestras de especies desconocidas por el alumnado. Se plantea una modalidad de trabajo grupal, donde a cada grupo se le asignan valvas pertenecientes a diferentes especies. A partir de la observación de las características de la conchilla, se procederá a su descripción, orientación y posterior esquematización; para facilitar esta tarea, es importante que el docente prepare una serie de preguntas orientadoras tales como:

a) ¿Qué forma tienen las valvas? ¿Son iguales o diferentes?

b) ¿Dónde se encuentran el umbo y la charnela? ¿Qué zona de la conchilla representan? ¿Qué pueden decir acerca de la lateralidad?

c) ¿Cuáles son las impresiones o cicatrices de los músculos aductores? ¿Cuántas son? ¿Son iguales? ¿Para qué piensan que los utiliza el animal?

Cada grupo registrará los datos correspondientes al ejemplar asignado en una tabla, con el objeto de sintetizar la información obtenida.

Ejemplos propuestos

El primer ejemplo seleccionado corresponde a la especie *Amarilladesma mactroides* (Reeve, 1854), denominada comúnmente “almeja amarilla” (Figura 1 A y B). Este molusco fue uno de los más sobresalientes de las playas arenosas de la provincia de Buenos Aires hasta el principio de los ´90. El mismo presenta una concha fina, equivalva e inequilateral, con forma de cuña. El interior de la valva es blanquecino y presenta dos impresiónes de los músculos aductores bien marcadas (dimiarios) de igual tamaño (isomiario). El seno paleal es muy profundo, lo que indicaría la presencia de sifones largos, es decir, el organismo cava y se entierra a varios centímetros de profundidad en el sustrato blando, lo cual se ve favorecido por la forma de cuña de su conchilla y por las contracciones del pie.

Sobre la base de lo observado, se puede concluir que esta valva corresponde a un organismo que presenta una forma de vida del tipo infaunal profunda, y el ambiente donde vive corresponde a playas de sedimento blando.

El segundo ejemplo corresponde a la especie *Mytilus edulis* (Linnaeus, 1758) [(Figura 2 A y B)], denominado comúnmente “mejillón”. Éste es muy común en el sustrato rocoso de las costas de la provincia de Buenos Aires y del norte de la Patagonia, y en conjunto con los “mejillines” [*Brachidontes rodriguezii* (d'Orbigny)] le dan a la zona rocosa intermareal el color pardo negruzco característico.

Los mejillones exhiben una conchilla alargada, inequilateral y equivalvos. La región ventral de la conchilla es casi recta, en cambio la dorsal es curva. El umbo se encuentra reducido en el extremo anterior y en posición terminal. Las impresiones internas de los músculos aductores en las valvas están bien marcadas (dimiarios); la anterior es muy pequeña, en cambio la posterior presenta mayor tamaño (anisomiarios). El exterior de la conchilla es liso, de coloración violácea o marrón y el interior es nacarado-blanquecino en el centro y violáceo en los márgenes.

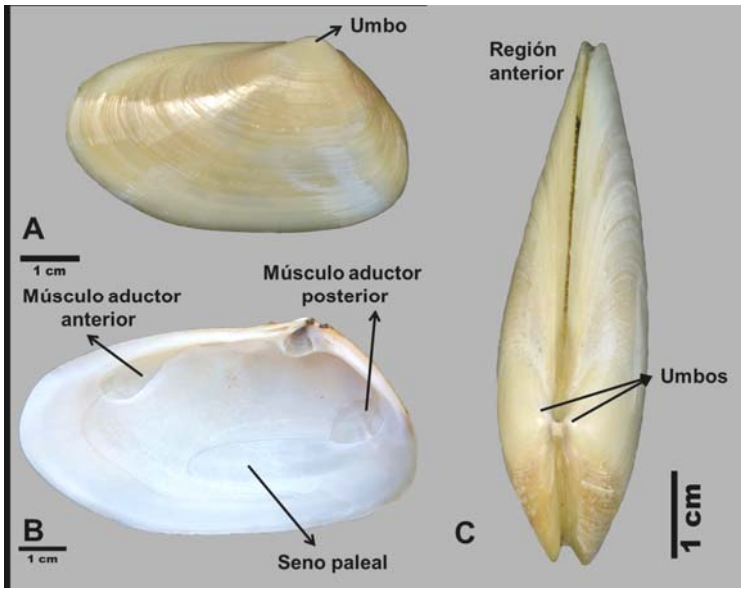


Figura 1. *A) Vista exterior de la conchilla izquierda de la almeja amarilla Amarilladesma mactroides. B) Vista interior de la valva derecha, se observan las impresiones musculares de los músculos aductores anterior, posterior y el seno paleal. C) Región dorsal en la cual se observan los umbos y la forma de cuña del bivalvo. Imagen tomada por Dolores Irisarri y Alfredo Vilches.*

Las características observadas en la conchilla nos permiten deducir que es una especie que se adhiere fuertemente al sustrato duro a través del biso (cuyos filamentos suelen quedar adheridos en las valvas), lo que le otorga rigidez ante los embates de las olas. Su forma de vida es epifaunal adherente o bisada.

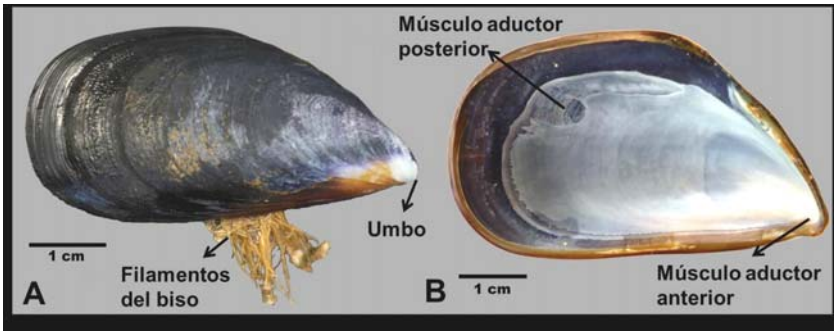


Figura 2. *A) Vista exterior de la conchilla donde se observan los filamentos del biso y el umbo. B) interior de la valva izquierda de Mytilus edulis (mejillón), en la que se visualizan las impresiones musculares. Imagen tomada por Dolores Irisarri y Alfredo Vilches.*

El tercer ejemplo sugerido pertenece a la especie *Aequipecten tehuelchus* (d´Orbigny, 1846), bivalvo denominado vulgarmente “vieira tehuelche” (Figura 3 A y B). Este bivalvo puede ser hallado desde los fondos arenosos poco profundos de las playas, hasta sectores que pueden llegar a los 130 m de profundidad (Lasta et al. 1998). Las conchillas son de color rojizo anaranjado, de aspecto pectiniforme o triangular, (pueden alcanzar los 10 cm de altura), son ligeramente inequilaterales e

inequivalvas. Presentan de 14 a 16 costillas radiales, en cuya cara externa, comúnmente se puede observar al poliqueto *Polydora websteri* (Hartman, 1943). Posee las aurículas de igual tamaño; en la valva derecha se observa la escotadura bisal y el ctenolium compuesto por tres a seis dientes a través los cuales pasan las fibras del biso (Penchaszadeh et al. 2008; Camacho et al. 2008). En la cara interna de la conchilla se observa la cicatriz que deja el único músculo aductor (monomiario) que poseen estos organismos; el músculo aductor posterior. En este caso la valva derecha será aquella que ubicada con la región dorsal hacia arriba presenta la aurícula con la escotadura bisal hacia adelante y el músculo aductor posterior hacia atrás. La charnela no posee dientes y contiene un ligamento (resilio)

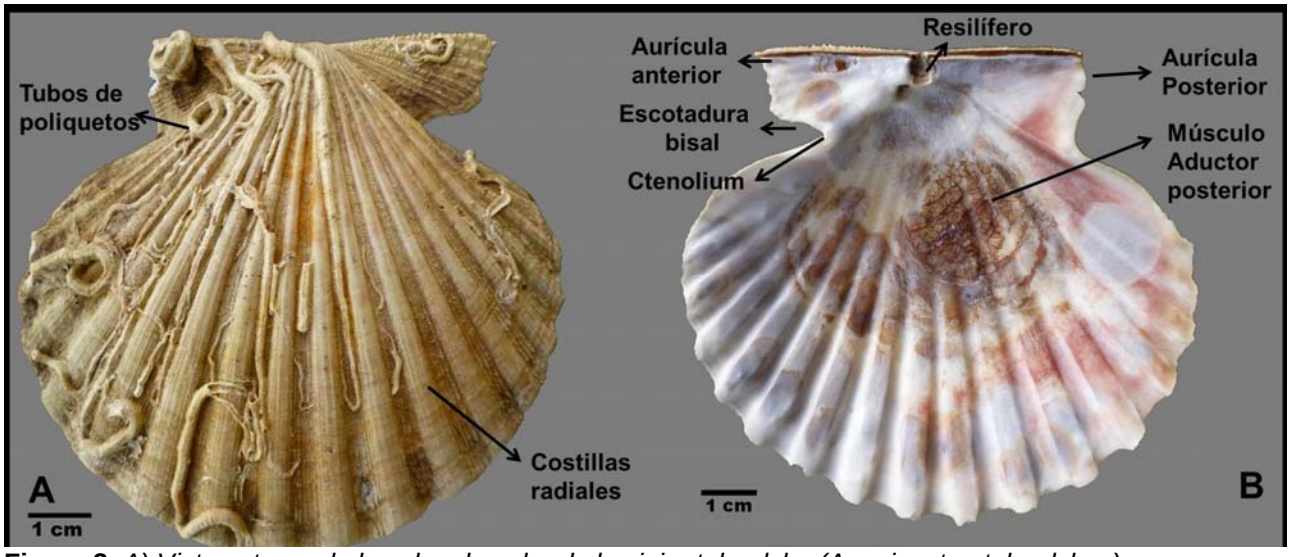


Figura 3. *A) Vista externa de la valva derecha de la vieira tehuelche (Aequipecten tehuelchus), se observa la presencia del poliqueto tubícola Polydora websteri y las costillas radiales. B) Cara interna de la conchilla derecha, se aprecia la impresión del musculo aductor posterior, escotadura bisal y resilífero. Imagen tomada por Dolores Irisarri y Alfredo Vilches.*

para la abertura de las valvas de ubicación interna que se encuentra alojado en una pequeña depresión triangular (resilífero). Las características identificadas permiten determinar a este ejemplar como un organismo que vive apoyado libremente al fondo arenoso, pero que a su vez posee una capacidad dual, por un lado puede fijarse a un sustrato más firme por medio de los filamentos del biso, de acuerdo a la intensidad de la corriente del agua, y por otro, de cortar a los mismos en caso de necesidad de huir ante la presencia de peligro, provocando una propulsión a chorro al abrir y cerrar fuertemente sus valvas.

El siguiente ejemplo corresponde a una especie conocida vulgarmente como “dátil de mar” [(*Leiosolenus patagonicus* (d'Orbigny, 1842)] (Figura 4). Es un bivalvo

tubular liso; presenta el periostraco marrón con depósito calcáreo, el que se hace más notable en el borde posterior adquiriendo forma de gota. Posee los umbos redondeados localizados en un extremo; el borde dorsal de la valva presenta un ángulo central. Estos organismos forman tubos calcáreos en los cuales se alojan, también viven en oquedades que realizan en diferentes sustratos (tosca, conchas de otros bivalvos etc.) mediante la secreción de ácido orgánico. La descripción realizada nos permite concluir que este molusco es un perforante químico de sustrato duro.

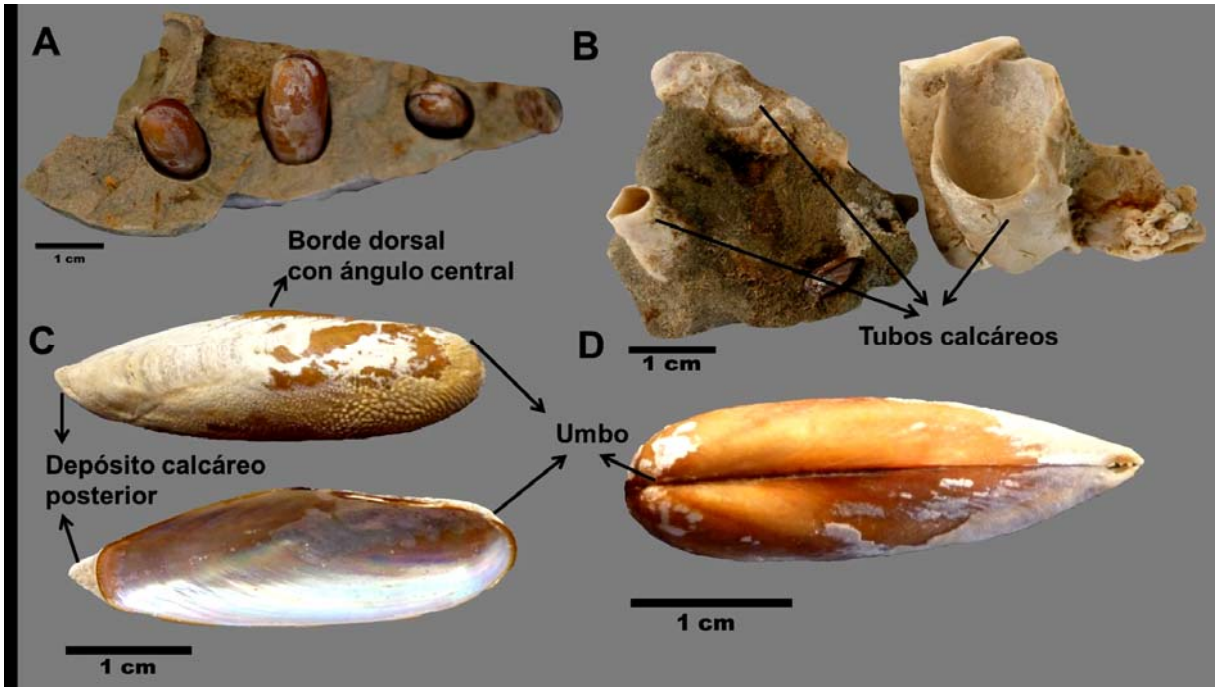


Figura 4. *A) Vista del sustrato con los organismos alojados en las cavidades. B) Tubos calcáreos de Leiosolenus patagonicus. C) Vista externa e interna de las valvas. D) Región dorsal en la que se observa el umbo en un extremo. Imagen tomada por Dolores Irisarri y Alfredo Vilches.*

Otro ejemplo propuesto corresponde al bivalvo denominado “Ala de ángel austral” o *Cyrtopleura lanceolata* (d'Orbigny, 1841) (Figura 5), este presenta valvas con el umbo en posición anterior, parcialmente oculto por una reflexión umbonal; el margen anterior es convexo, la superficie externa posee líneas de crecimiento equidistantes, cruzadas por estrías radiales espinosas que le confieren el aspecto de una lima, las que están ausentes en la región posterior. La superficie interna es lisa, aunque a veces está marcada por la ornamentación externa. Presenta la charnela edéntula o sin dientes, debajo del umbo posee una apófisis recurvada en dirección a la valva opuesta, el seno paleal y las impresiones de los músculos aductores están bien marcadas. Estos organismos tienen la capacidad de perforar, de manera mecánica, agregaciones calcáreas y sustratos inconsolidados en los cuales viven.

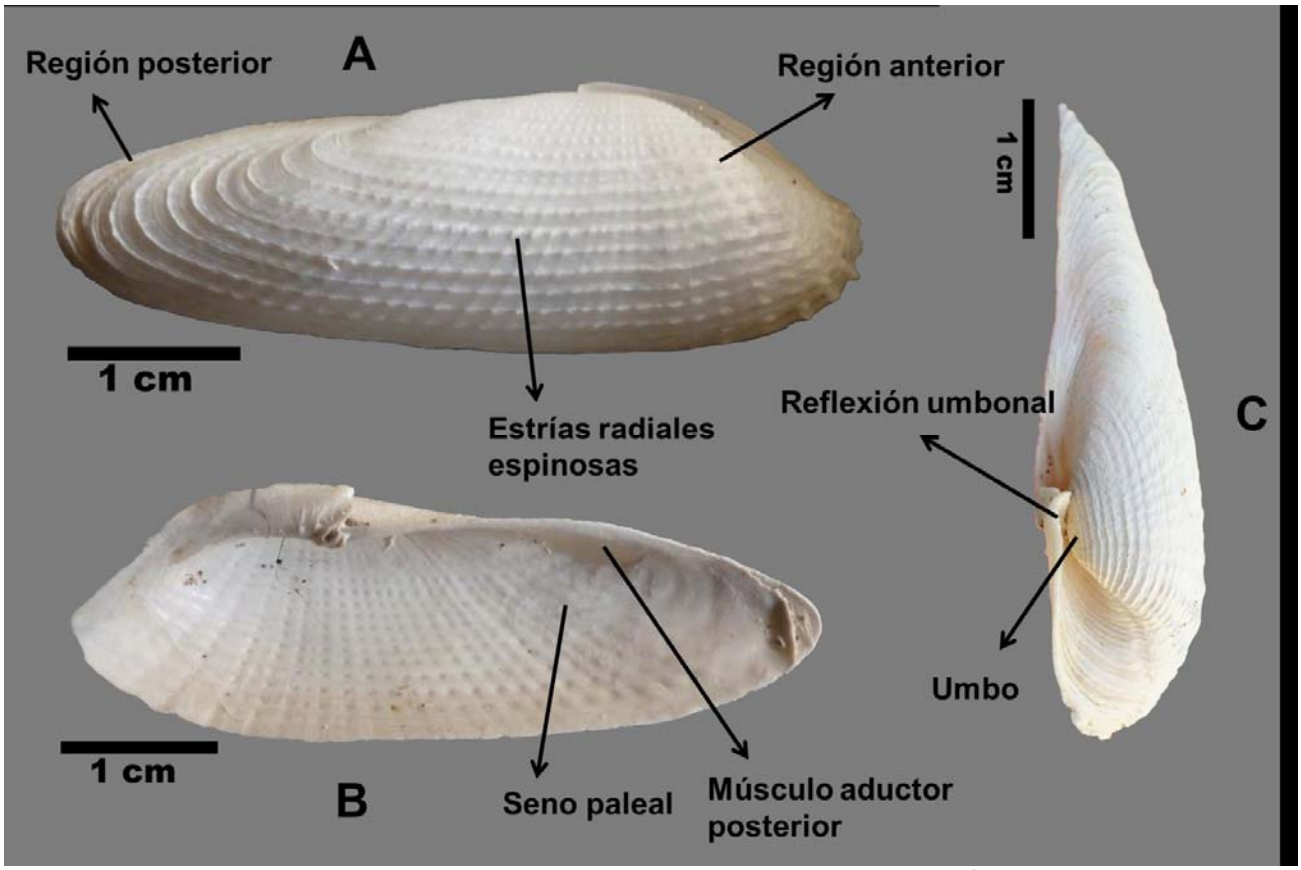


Figura 5. *A) Vista externa de la valva derecha de Cyrtopleura lanceolata (Ala de ángel austral), se observan las estrías radiales espinosas. B) Cara interna de la conchilla derecha, se aprecia la impresión del musculo aductor posterior, el seno paleal y la ornamentación externa. C) Vista dorsal de la valva izquierda. Imagen tomada por Dolores Irisarri y Alfredo Vilches.*

Propuesta 2.: Elaboración y uso de claves dicotómicas

En este caso también se presenta una propuesta concreta para ser implementada en el aula, cuya finalidad es promover la elaboración y el uso de claves dicotómicas en las clases de Biología, dado que la misma implica conocer las características distintivas de los organismos, pero también requiere del desarrollo de habilidades para su confección y utilización. A través de este aporte se pretende incorporar al ámbito del aula, visiones diferentes a partir de la revalorización de antiguas prácticas; se espera además, que sean incorporadas a secuencias didácticas en las que se utilicen herramientas propias de contextos modernos (Vilches et al. 2012b).

En los Diseños Curriculares para la Educación Secundaria de Ciencias Naturales de la provincia de Buenos Aires, se propone la construcción de criterios de clasificación para agrupar a los seres vivos, como contenido para 1° año, en el eje temático “La interacción y la diversidad en los sistemas biológicos”, (Zysman y Paulozzo, 2006:

38). Si se atiende al concepto de diversidad biológica, la misma se define como la variedad y variabilidad de seres vivos y de los ecosistemas que ellos integran (Crisci, 2006). Las propiedades comunes a los seres vivos, permiten que estos sean agrupados según distintos criterios, en un sistema de clasificación. En este sentido, es importante reparar en que clasificar implica organizar en grupos o conjuntos, a elementos diferentes u organismos que comparten uno o más caracteres, y que los mismos se pueden diferenciar además de los miembros de otros grupos (Lanteri et al., 2004). Cuando se aplican reglas de clasificación a los seres vivos, se establece un sistema jerárquico, en el cual se contempla un sistema de grupos dentro de grupos, considerando además que la naturaleza jerárquica de la clasificación biológica surge como una consecuencia del proceso de evolución de las especies (Curtis et al., 2008).

Retomando lo expuesto, el hecho de identificar un ejemplar, consiste en asignarlo al grupo o taxón al que pertenece, de acuerdo con un modelo clasificatorio construido con anterioridad (Lanteri et al., 2004). Así se puede llegar a conocer el género o el nombre científico del organismo bajo análisis; esta labor se lleva a cabo mediante el uso de claves dicotómicas, cuyo uso ha estado habitualmente limitado al ambiente científico y al nivel de enseñanza superior (Méndez y Castellanos, 1991 citado en Leyva Barceló et al., 2007). Esta limitación se ha atribuido a la complejidad que las claves presentan respecto a la terminología utilizada y a las características biológicas a las que hacen referencia. Como derivación, las personas no expertas en el tema pueden encontrar dificultades para utilizarlas (Mestres Izquierdo y Torres García, 2008). En este contexto cobran significado las expresiones de Lanteri et al., (2004:16) “Las claves acompañadas por ilustraciones (dibujos o fotografías) de los caracteres diagnósticos y/o del “hábito general”, y las claves pictóricas, son de gran utilidad ya que permiten comparar los caracteres con precisión, y pueden ser empleadas no solo por especialistas sino además, por personas que no pertenecen al ámbito científico”. Es necesario entonces, explorar alternativas diferentes o incorporar variantes que puedan ser utilizadas durante las clases de biología; una de ellas son las herramientas tecnológicas como es el caso del software que se utiliza para elaborar mapas conceptuales (*Cmap Tools*); el mismo permite construir diagramas en forma de claves dicotómicas que pueden ser enriquecidas con la incorporación de imágenes o esquemas representativos. Entendemos que el contacto a través de su uso como práctica frecuente, permite a los alumnos

familiarizarse con las claves dicotómicas, las que resultan muy útiles para el estudio y la comprensión de la sistemática y la clasificación, fundamentalmente porque a través de ellas se estimula la observación, la elaboración de categorías, la formulación de preguntas, etc. Por lo expresado, el interés de esta propuesta de trabajo es contribuir con un aporte metodológico que facilite la elaboración y uso de claves dicotómicas en las clases de Biología; para realizarlas es necesario conocer las características distintivas de los organismos, pero además se requiere desarrollar habilidades asociadas con la confección de las mismas. Una vez elaboradas, estas pueden complementarse con el uso de la computadora a través del programa *Cmap Tools*.

Una observación a considerar es que el hábito en el uso de claves dicotómicas no debe centrarse sólo en la determinación o identificación de un ejemplar; esa es una de sus finalidades. La otra se basa en su aspecto más rico, el de constituirse como material didáctico para el reconocimiento de las características distintivas o diagnósticas que permitan la identificación de cada uno de los grupos de organismos tratados. A través del uso de las mismas también se estimula el aprovechamiento de los recursos del entorno, destacando la importancia que poseen para el estudio del medio natural (García et al., 2009; Legarralde et al., 2009); promueven por otra parte el empleo del material colectado en trabajos de campo, así como el depositado en colecciones de laboratorios escolares (Vilches et al., 2012 b).

Una clave dicotómica se basa en un modelo o esquema que permite la determinación de distintas especies, a través de la comparación (Lahitte et al., 1997) de dos caracteres excluyentes. Están compuestas por una serie de características disyuntivas contrapuestas y excluyentes, que se encuentran relacionadas de tal modo que, optando por uno de los dos caminos planteados, se transita por las distintas series de opciones hasta lograr la determinación del ejemplar en cuestión. La clave, al ser dicotómica, implica que independientemente de la característica que se tome en cuenta, siempre habrá dos vías alternativas, debiéndose elegir una de ellas ya que no es posible que un ejemplar cumpla con las dos al mismo tiempo. Las características utilizadas para confeccionar las alternativas u opciones de la clave deben ser relativamente constantes y fáciles de identificar. No existe un criterio preestablecido para elaborar las alternativas o dilemas, o para organizar su secuencia; sin embargo es conveniente en un principio, identificar los ejemplares pertenecientes a taxones o grupos con características muy diferentes (Lanteri et al.,

2004). Cuando se incorpora nueva información a los dilemas, esto aporta mayor cantidad de datos acerca del ejemplar a determinar y facilita la decisión a adoptar (Mestres Izquierdo y Torres García, 2008). Al emprender la tarea de construir una clave dicotómica, se debe asignar a cada una de las opciones o alternativas, un símbolo (número y letra) para identificarlas; este permitirá continuar hasta lograr la identificación del organismo que se desea determinar.

Las claves dicotómicas pueden utilizarse para clasificar seres vivos y también otros objetos como materiales escolares, rocas, etc. Para la elaboración de esta propuesta se optó por seleccionar especies de moluscos bivalvos comunes en el litoral marino de Argentina, considerando la facilidad con que pueden reconocerse los caracteres externos de sus valvas para identificarlos sin inconvenientes.

A continuación se proponen tres actividades diferentes: Confección de una clave dicotómica. Utilización de la clave. Construcción de diagramas utilizando el programa *Cmap Tools*.

Construcción de la clave dicotómica

Para la confección de la clave, se deben observar las características de las valvas que serán consideradas para elaborar un sistema de dos opciones. Teniendo en cuenta la primera característica propuesta, forma general de las valvas (equivalvas e inequivalvas), se generan los dilemas que llevarán el número 1 (1a y 1b):

1a. Organismos con dos valvas desiguales (inequivalvas) (Figura 6. A)

1b.Organismos con dos valvas iguales (equivalvas) (Figura 6. B)

Figura 6. *A) Valvas desiguales (inequivalvas). B) Valvas iguales (equivalvas). Imagen tomada por Dolores Irisarri y Alfredo Vilches.*

Si en la muestra de conchillas con las que se está confeccionando la clave hay diferentes especies con valvas desiguales, se deberán utilizar otros atributos para su identificación. De esta manera, se coloca el número 2 a la derecha del dilema "*Organismos con dos valvas desiguales*", y se mantiene sin número la parte derecha del otro dilema (organismos con valvas iguales), hasta determinar a las primeras.

1a. Organismos con dos valvas desiguales (inequivalvas)…….2
1b. Organismos con dos valvas iguales (equivalvas) ……
Luego, se deben buscar características que separen en dos grupos a los moluscos inequivalvos, en este ejemplo, se utilizan criterios relacionados con el grosor y la forma de la valva, y la presencia de pequeños dientes denominados comata a ambos lados de la charnela. Los dilemas quedan establecidos de la siguiente manera:
*2a. Valvas gruesas y redondeadas de contorno irregular. Presencia de pequeños dientes (comata) en ambas valvas, a ambos lados del ligamento charnelar…….**Ostrea puelchana*** (d'Orbigny, 1842)***.*** (Figuras 7. A, B, C y D).

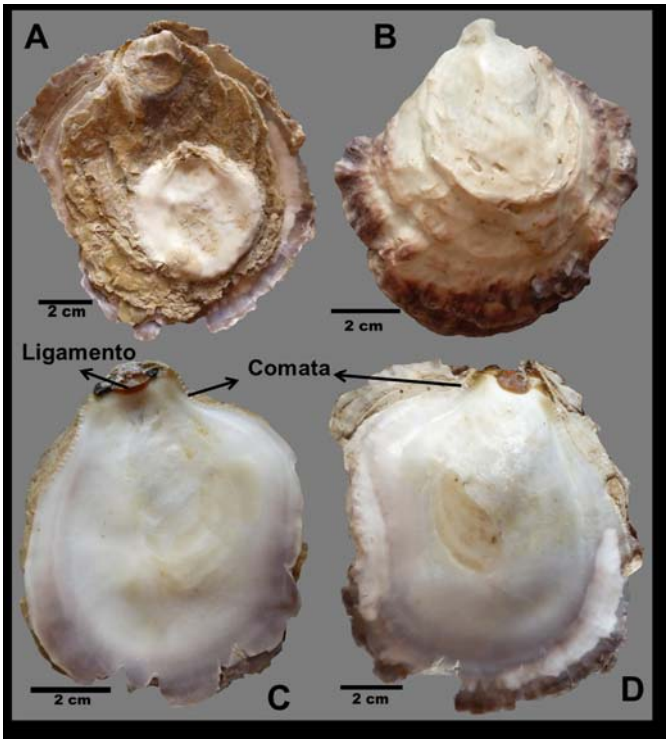


Figura 7. *A) Cara externa de la valva derecha plana. B) Cara externa de la valva izquierda cóncava. C y D) Cara interna de la valva derecha e izquierda respectivamente, presencia de ligamento y comata. Imagen tomada por Dolores Irisarri y Alfredo Vilches.*

Como esta característica, no es compartida por otro espécimen de la muestra, se llega a la determinación del bivalvo, por lo que se debe colocar el nombre vulgar o científico a la derecha del dilema (*e.g.,* Ostra puelche, *Ostrea puelchana* (d'Orbigny, 1842)).

El dilema que acompaña al anterior (2b), y que presenta un atributo opuesto, será el siguiente:

2b. Valvas gruesas y alargadas de contorno irregular. Charnela sin dientes……***Crassostrea gigas*** (Thunberg, 1793)**.** (Figuras 8. A, B, C y D).

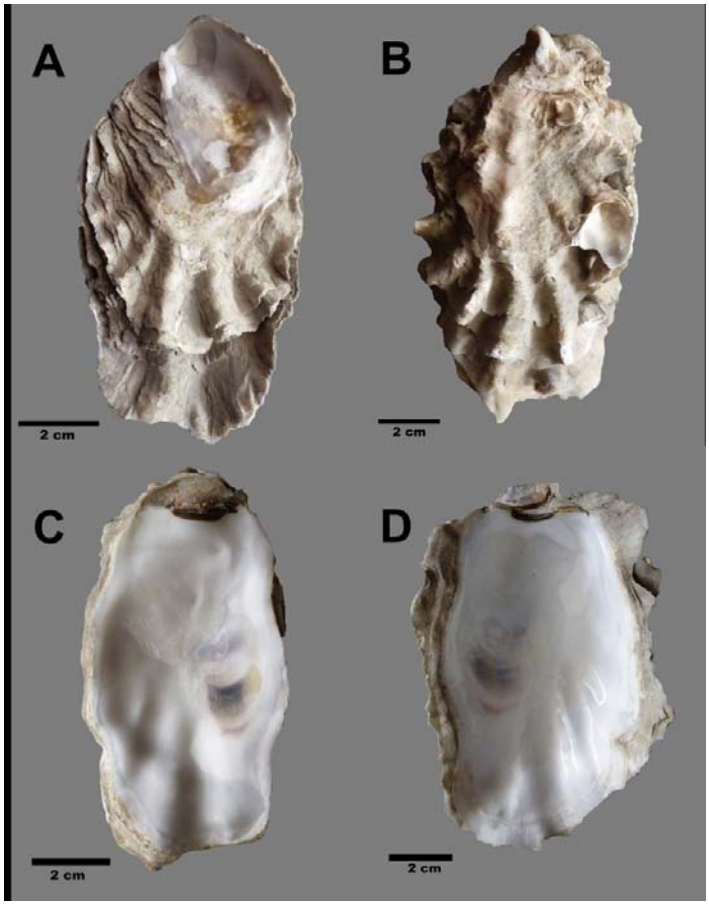


Figura 8. *A) Cara externa de la valva derecha plana. B) Cara externa de la valva izquierda cóncava. C y D) Cara interna de la valva derecha e izquierda respectivamente. Imagen tomada por Dolores Irisarri y Alfredo Vilches.*

Retomando la confección de la clave en el dilema *1b. Organismos con dos valvas iguales (equivalvas)*, deberá colocarse el número 3 a la derecha del mismo, el cual conducirá a otra característica que separe de manera dicotómica a las especies de la muestra; en el ejemplo continuamos de la siguiente manera:

1b. Organismos con dos valvas iguales (equivalvas) ……3

3a. Valvas equilaterales……..…4

3b.Valvas inequilaterales……..5

El resto de la clave, se continúa del modo que se ha descrito considerando el resto de los caracteres. Así, se van confeccionando los dilemas hasta llegar al final, de manera que se pueda identificar a todos los ejemplares de la muestra (Tabla 1).

Tabla 1. *Clave dicotómica realizada con valvas de bivalvos utilizadas en el presente capítulo*

1a. Organismos con dos valvas desiguales (inequivalvas)……..**2** (Figura 6. A).
1b. Organismos con dos valvas iguales (equivalvas) ……...**3** (Figura 6. B).

2a. Valvas gruesas y redondeadas de contorno irregular. Presencia de pequeños dientes (llamados comata) en ambas valvas, a ambos lados del ligamento charnelar. ……***Ostrea puelchana*** (d'Orbigny, 1842)**.** (Figuras 7. A, B, C y D).
2b. Valvas gruesas y alargadas de contorno irregular. Charnela sin dientes. ……***Crassostrea gigas*** (Thunberg, 1793)**.** (Figuras 8. A, B, C y D).

3a. Valvas equilaterales……...**4** (Figura 9. A)
3b. Valvas inequilaterales……**5** (Figura 9. B)

4a. Valvas en forma circular. Aurículas grandes de igual tamaño, con escotadura bisal y ctenolium en la valva derecha. Superficie externa con costillas radiales anchas, redondeadas, cada una con 3-5 filas longitudinales de escamas……***Aequipecten tehuelchus*** (d'Orbigny, 1842). (Figuras 10. A, B y C).
4b. Valvas en forma circular. Aurículas pequeñas y desiguales. Superficie externa con costillas radiales primarias finas y costillas secundarias……..……***Zygochlamys patagónica*** (King & Broderip, 1832). (Figura 11).

5a. Valvas alargadas con los bordes paralelos casi rectos..……..…**6**
5b. Valvas de forma variable (oval o sub-oval)……**7**

6a. Valvas con umbos terminales Charnela con un diente en cada valva. Seno paleal pequeño y poco visible……..***Solen tehuelchus*** (d'Orbigny, 1842). (Figuras 12. A y B).
6b. Valvas con los umbos casi centrales. Charnela con dos dientes en cada valva. Seno paleal profundo……***Tagelus plebeius*** (Lightfoot, 1786). (Figuras 13. A y B).

7a. Valvas finas y periostraco amarillento……...**8**
7b. Valvas gruesas con costillas co-marginales…...……..**9**

8a. Valvas ovales frágiles finas y comprimidas, con borde anterior redondeado y posterior agudo, levemente curvado hacia la derecha. Pliegue radial desde el umbo hasta el extremo posterior. Ligamento externo posterior al umbo (opistodético). Seno paleal profundo……***Tellina petitiana*** (d'Orbigny, 1846). (Figuras 14. A, B, C y D).
8b. Valvas ovales en forma de cuña, comprimidas, con el borde anterior muy extendido y el posterior truncado. Ligamento externo muy reducido, e interno ubicado en un condróforo. Seno paleal muy profundo……***Amarilladesma mactroides*** (Reeve, 1854). (Figuras 15. A y B).

9a. Valvas de coloración púrpura bandeada y brillante. Presencia de costillas co-marginales bajas y redondeadas o bien lisas. Ligamento externo posterior al umbo (opistodético). Lúnula blanca, pequeña con surco lunular poco definido……***Amiantis purpurata*** (Lamarck, 1818)**.** (Figuras 16. A, B y C).

9b. Valvas de coloración blanco tiza, opacas. Costillas co-marginales finas espaciadas entre sí con borde filoso. Ligamento externo poco prominente posterior al umbo (opistodético). Lúnula grande, la izquierda mayor que la derecha, con surco lunular bien definido……..***Retrotapes exalbidus*** (Dillwyn, 1817). (Figuras 17. A, B y C).

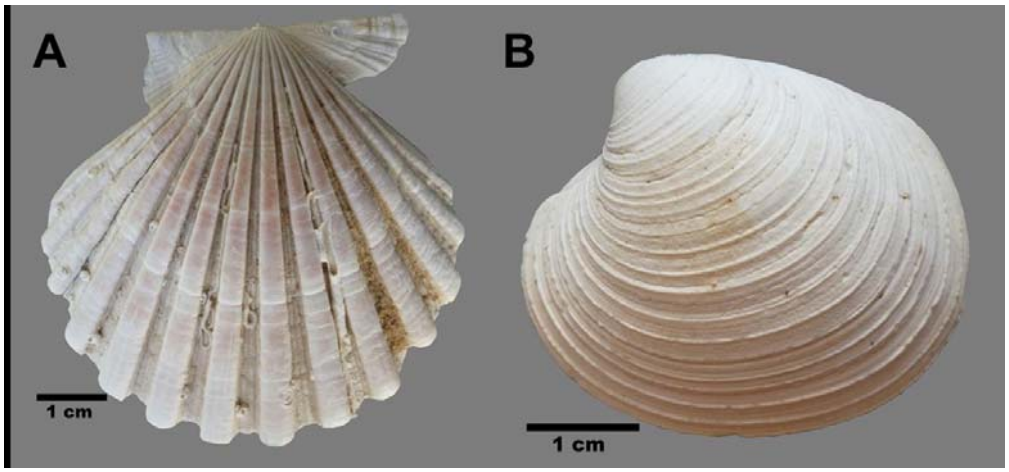


Figura 9. *A) Valva equilateral. B) Valva inequilateral. Imagen tomada por Dolores Irisarri y Alfredo Vilches.*

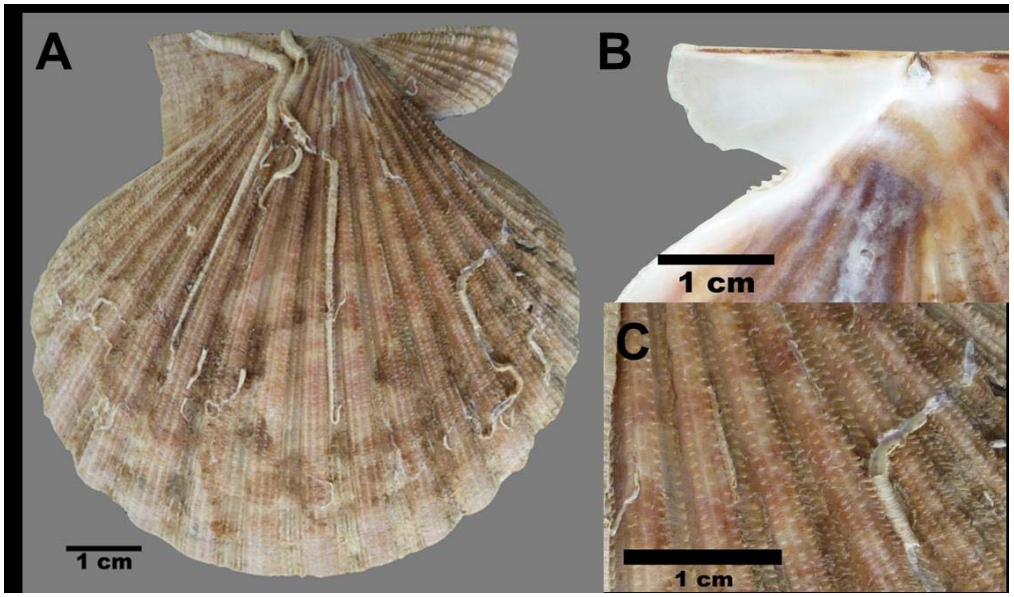


Figura 10. *A) Vista externa de la valva derecha de Aequipecten tuhuelchus. B) Vista interna de la valva derecha con escotadura bisal y ctenolium. C) Detalle de la superficie externa con costillas radiales redondeadas, cada una con 3-5 filas longitudinales de escamas. Imagen tomada por Dolores Irisarri y Alfredo Vilches.*

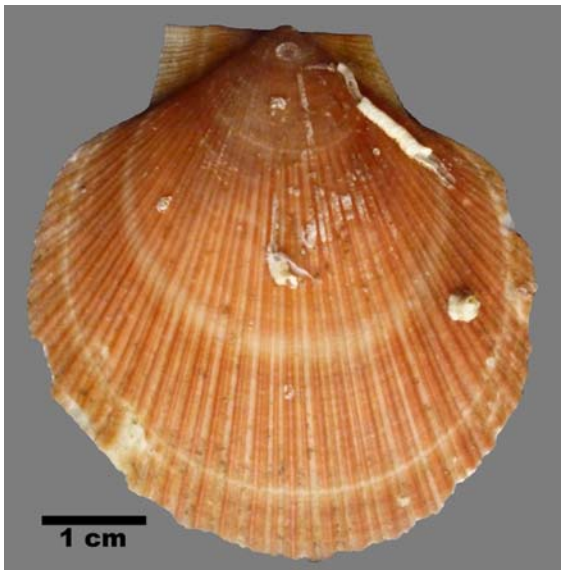


Figura 11. *Vista externa de la valva izquierda de Zygochlamys patagonica. Imagen tomada por Dolores Irisarri y Alfredo Vilches.*

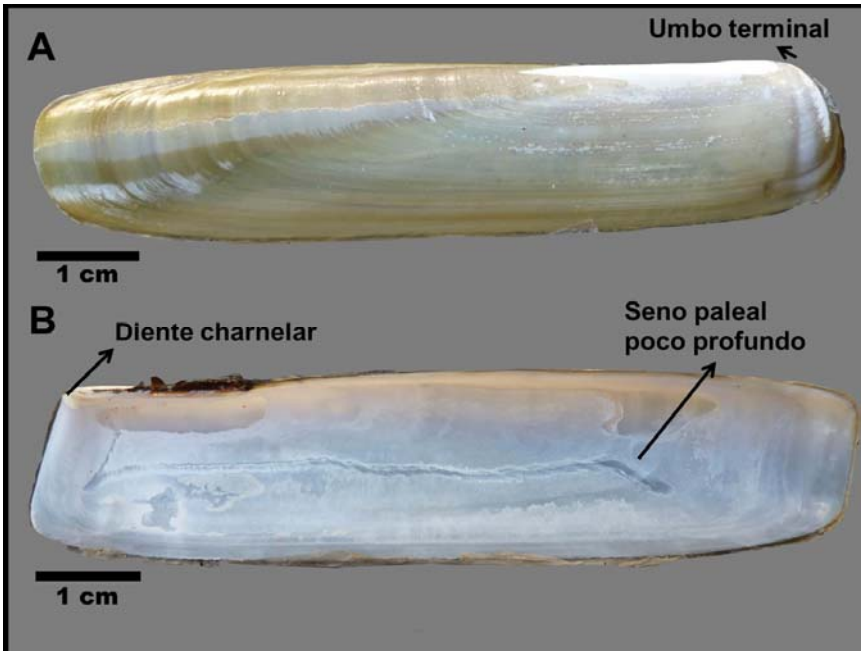


Figura 12. *A) Vista externa de la valva derecha de Solen tehuelchus .B) Vista interna de la valva derecha. Imagen tomada por Dolores Irisarri y Alfredo Vilches.*

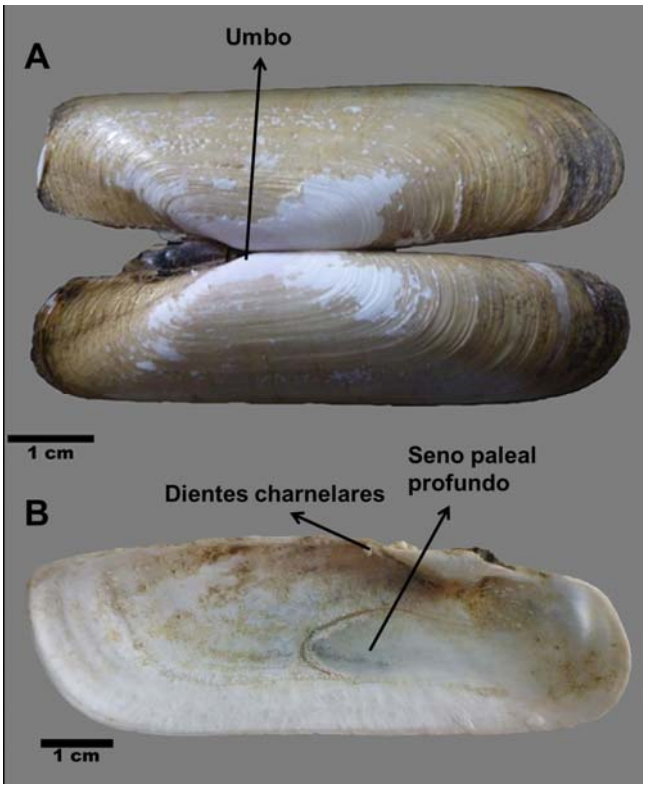


Figura 13. *A) Vista externa de las valvas derecha e izquierda de Tagelus plebeius B) Vista interna de la valva derecha. Imagen tomada por Dolores Irisarri y Alfredo Vilches.*

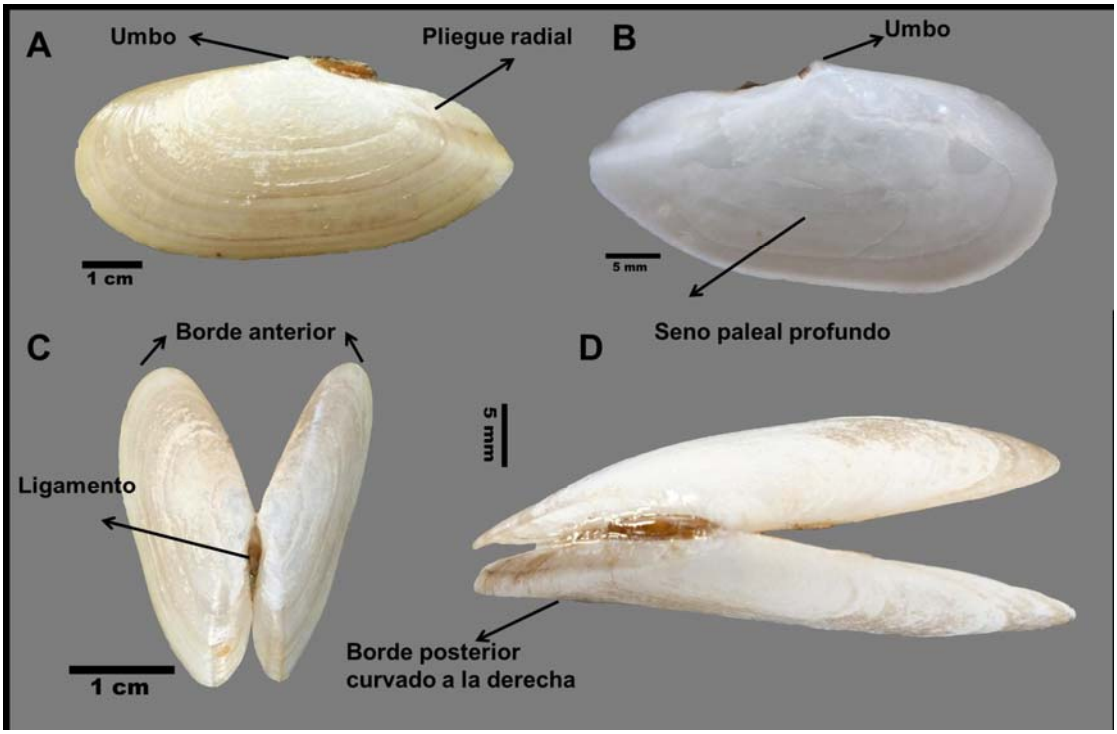


Figura 14. *A) Vista externa de la valva izquierda de Tellina petitiana. B) Vista interna de la valva izquierda. C y D) Vista dorsal de las valvas izquierda y derecha. Imagen tomada por Dolores Irisarri y Alfredo Vilches.*

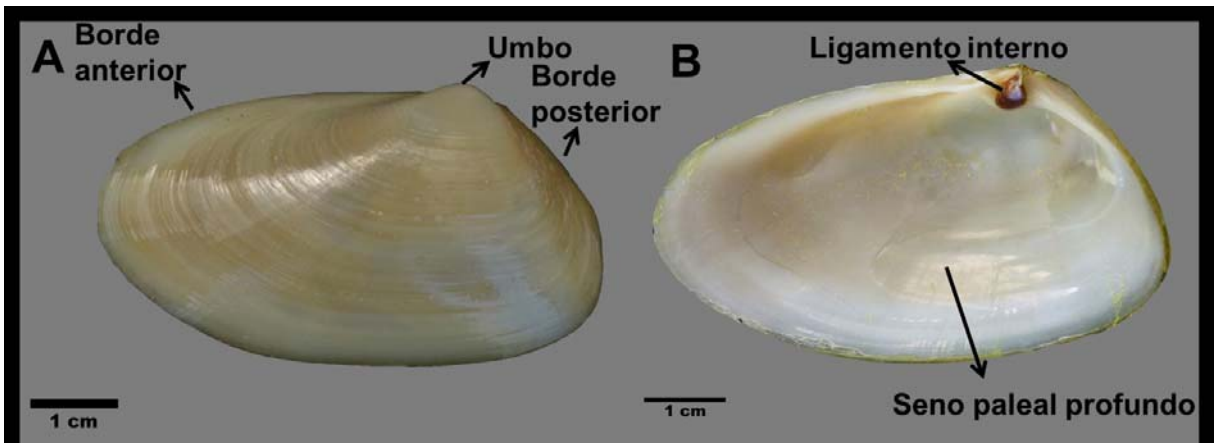


Figura 15. *A) Vista externa de la valva izquierda de Amarilladesma mactroides. B) Vista interna de la valva derecha. Imagen tomada por Dolores Irisarri y Alfredo Vilches.*

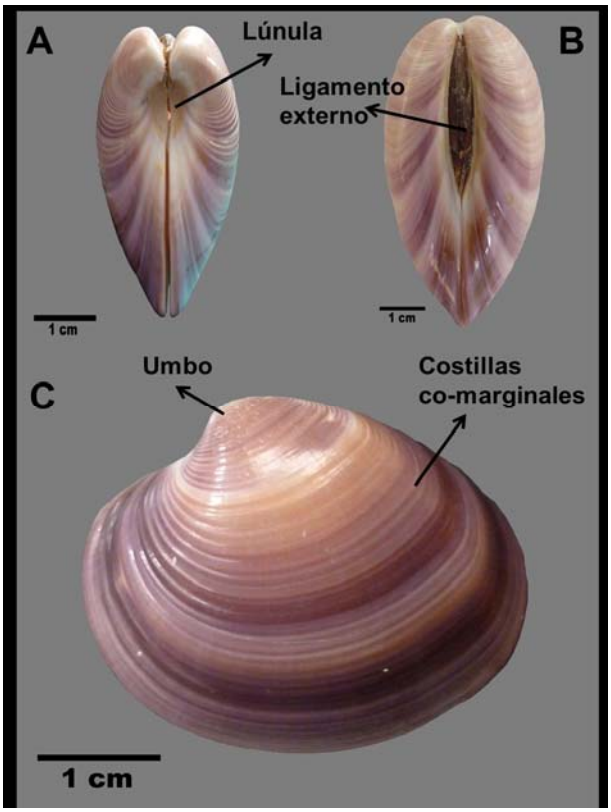


Figura 16. *A) Vista anterior de las valvas de Amiantis purpurata. B) Vista dorsal con ligamento externo opistodético. C) Vista externa de la valva izquierda con costillas co-marginales bajas. Imagen tomada por Dolores Irisarri y Alfredo Vilches.*

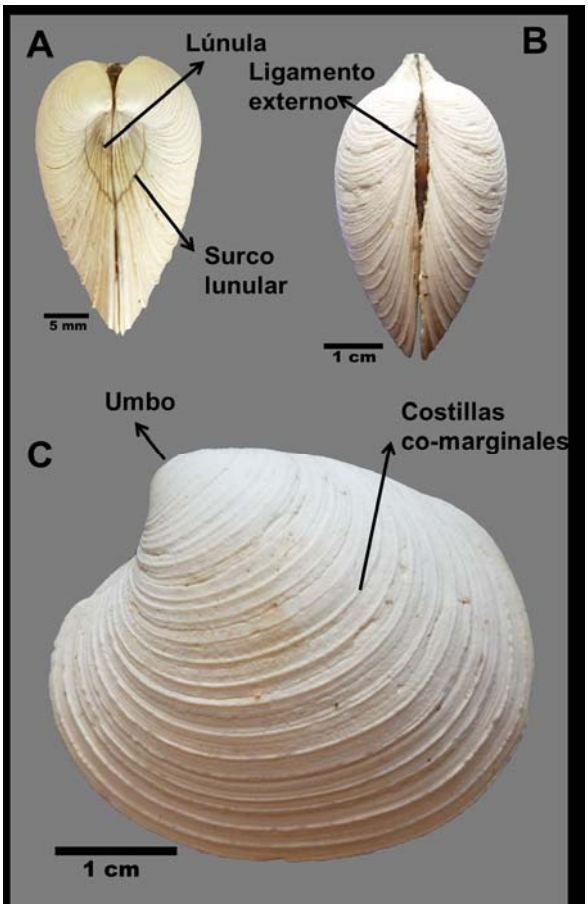


Figura 17. *A) Vista anterior de las valvas de Retrotapes exalbidus, lúnula y surco lunular. B) Vista dorsal con ligamento externo opistodético poco prominente. C) Vista externa de la valva izquierda con costillas co-marginales de borde filoso. Imagen tomada por Dolores Irisarri y Alfredo Vilches.*

Utilización de la clave dicotómica

En el caso que se tenga una clave previamente construida, se debe tomar el ejemplar que se desea identificar, observar detenidamente sus características e intentar asignarlo a una de las alternativas que presentan los dilemas (*e.g.,1a Organismos equivalvos o 1b.Organismos inequivalvos*). Si por ejemplo las valvas que se analizan corresponden con la alternativa 1b, se deberá seguir el camino atendiendo al número que figura en el margen derecho de la alternativa (estas se eliminan mutuamente); el mismo conducirá a otra característica, y de este modo se continúa hasta que, en lugar de encontrar un número en el margen derecho, se encuentre el nombre del ejemplar que se intentaba determinar.

Construcción de diagramas utilizando el software Cmap Tools

Otra alternativa para realizar esquemas de identificación de organismos, son las claves pictóricas o acompañadas por ilustraciones. En el ejemplo que se presenta se utiliza el software libre *Cmap Tools* desarrollado por el Institute for Human and Machine Cognition (IHMC), el cual se diseñó con el objeto de apoyar la construcción de modelos de conocimiento representados en forma de mapas conceptuales; la ventaja que posee la utilización de este programa radica en que se pueden agregar recursos, tales como imágenes, información adicional, páginas web, etc. (Figura 18 A, B). En las Figuras 19 y 20 se presentan los diagramas realizados para seis especies utilizadas en la clave dicotómica; en los mismos se puede observar cómo, cada dilema, conduce a diferentes opciones tal como ocurriera en la clave dicotómica (Tabla 1).

Figura 18. A) *Incorporación de recursos a un mapa conceptual con el Cmap tools. B) inclusión de un documento PDF que aporta información sobre el bivalvo (tomado de García et al.2012).*

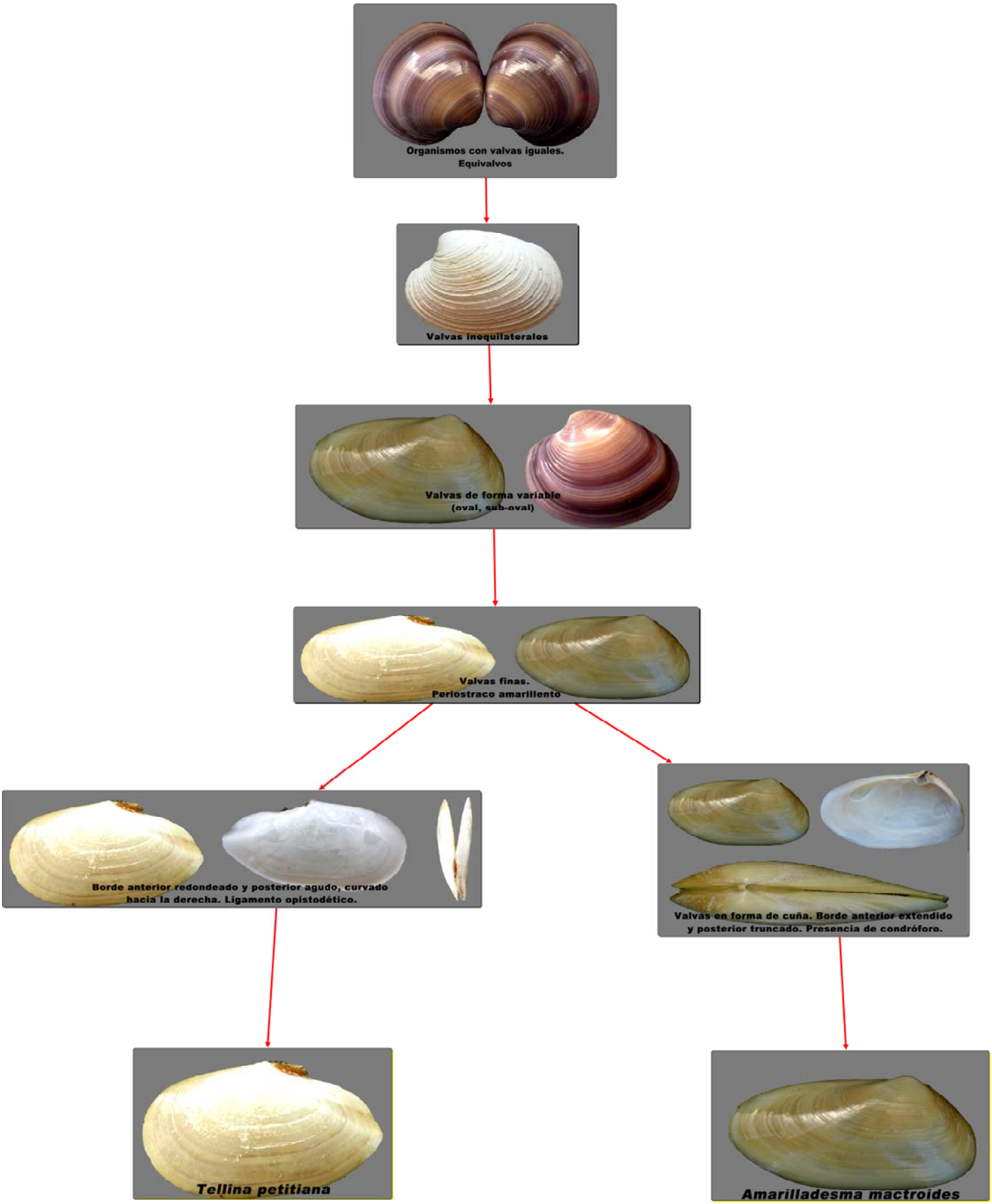


Figura 19. *Diagrama realizado con Cmap tools que permite determinar las especies Tellina petitiana y Amarilladesma mactroides. Imágenes tomada por Dolores Irisarri y Alfredo Vilches.*

Organismos equivalvos

Valvas equilaterales

Valvas en forma circular

Aurículas grandes de igual tamaño.
Escotadura bisal y ctenolium.
Costillas radiales anchas y redondeadas con escamas

Aurículas pequeñas y desiguales.
Costillas radiales finas

Aequipecten tehuelchus

Zygochlamys patagonica

Organismos inequivalvos

Presencia de pequeños dientes a ambos lados del ligamento charnelar (comata).

Ausencia de dientes a ambos lados del ligamento charnelar

Ostrea puelchana

Crassostrea gigas

Consideraciones finales

Las propuestas didácticas que se presentaron, podrán ser utilizadas, según el interés del docente con otros grupos de organismos, adaptándolas a sus necesidades y contexto de trabajo. Estas ideas se desarrollaron desde la convicción que inducen no solo a la mera observación sino a la interpretación de lo observado; por esta razón pretenden ser una contribución al desarrollo de los procesos de enseñar y aprender en las clases de Biología.

Los aportes que brindan propuestas concretas, acercando herramientas e ideas de sencilla implementación, pueden ser uno de los caminos que permitan incluir calidad y diversidad a las clases prácticas en el campo de la Biología. Revalorizar prácticas tradicionales incluyendo en ellas nuevas miradas, propias de contextos modernos, e incorporarlas en secuencias didácticas en las que se utilizan herramientas tecnológicas, es un ejercicio que contribuiría a repensar la tarea docente, favoreciendo el logro de aprendizajes más duraderos.

CAPÍTULO 4

LOS BIVALVOS Y EL HOMBRE

Verónica Núñez y Diego E. Gutiérrez Gregoric

En este capítulo se aborda el estudio de las especies de bivalvos que revisten interés particular para el hombre en la actualidad y en el pasado, ya sea por generar algún tipo de beneficio o perjuicio.

Introducción

El hombre forma parte del medio en el que vive, se encuentra influenciado por él y lo transforma para satisfacer sus necesidades. Entre hombre y medioambiente existe una relación de dependencia en la cual es el medio el que determina en gran medida las formas de vida de cada persona.

En ese sentido, como parte de su entorno, los moluscos en general y los bivalvos en particular, han formado parte de la vida del hombre desde la antigüedad, con clara incidencia en los acerbos culturales sobre todo de pueblos costeros.

Un ejemplo curioso está dado por la utilización que se le daba en la antigüedad al biso de algunas especies de bivalvos (e.g. *Pinna nobilis* Linnaeus, 1758) como fibras en la fabricación de telas, pelucas o para la extracción de una sustancia con poder curativo. El hilo que sacaban de los filamentos del biso se llamaba seda de mar, siendo aún más fino que la misma seda china. El Velo Santo de Manoppello o Sudario, con el cual la Verónica limpió el rostro de Cristo, estaba hecho con este hilo. En realidad, la historia antigua ya menciona el uso de esta seda en civilizaciones tan antiguas como la egipcia, fenicia, persa, caldea, romana y china. Actualmente solo unas cuantas comunidades

en Cerdeña continúan trabajando el biso de manera artesanal, elaborando guantes, sombreros, bordados para hacer cuadros, etc. (López y Urcuyo, 2008).

Además, moluscos bivalvos también han sido utilizados como instrumentos musicales, fundamentalmente en culturas del viejo continente. Se ha comprobado el uso de las valvas de *Margaritifera auricularia* (Spengler 1793) como castañuelas en diversas localidades ribereñas de Zaragoza (Zapater Galve, *et al*. 2006).

Particularmente en nuestro continente, los pueblos originarios no sólo se alimentaban de las partes blandas de los bivalvos, sino que utilizaban las duras valvas para fabricar instrumentos, adornos y las incluían como ofrenda u objeto acompañante en los enterramientos y ritos fúnebres.

Los guaraníes preparaban carbonatos alcalinos en polvo, quemando y moliendo valvas de almejas de río para tratar el ardor estomacal. En tiempos coloniales, también los españoles y criollos preparaban este remedio para absorber los ácidos del estómago (Gordillo, 2010).

Asimismo, se menciona que los indios paraguaes consumían almejas fluviales y vendían sus valvas en Asunción, donde españoles y criollos las usaban con fines cosméticos. Las especies con conchas de interior nacarado eran adecuadas para manufacturar pendientes, para contenedores de pigmentos, para cucharas y posiblemente como herramientas para raspar materiales blandos (tubérculos, carne de pescado). También se ha descripto la utilización de conchas como recipientes para el lavado corporal.

Los guayaberos, grupo étnico de la cuenca del Orinoco en Colombia, utilizaban el polvo de *Anodontites infossus* HB Baker 1930 mezclado con semillas de yupa pulverizadas y cenizas de guaruro, para fabricar el yopo, una bebida alcohólica de uso cotidiano y/o festivo en torno a los cachiri, o fiestas que se realizan para celebrar la abundancia de las cosechas, los enlaces matrimoniales y los ritos mágicos, y que se siguen realizando en la actualidad (Gordillo, 2010).

En los Andes centrales fueron hallados numerosos sitios arqueológicos con evidencias de grandes talleres para el procesamiento de las conchas

Spondylidae y Pteriidae, consideradas en tiempos prehispánicos como sagradas, utilizadas como ofrendas y también como bienes de prestigio (Pareja Siñanis, 2002).

Con la almeja *Mercenaria mercenaria* (Linnaeus, 1758), abundante en las costas de América del Norte, los indígenas fabricaban el "wampum" que utilizaban como moneda en sus transacciones comerciales (Pritzker, 2009).

La importancia que estos moluscos han tenido y tienen en las distintas culturas se ve reflejada en la costa del Pacífico colombiano donde aún hoy se realiza un ritual llevado a cabo por las mujeres (las piangüeras) encargadas de recolectar la piangua, un sabroso bivalvo del manglar, que luego utilizan en comidas típicas, constituyendo la base de la alimentación y de la economía doméstica de más de 30.000 familias de esta zona del país. Esta es una labor femenina, un trabajo manual y delicado, una tradición que han heredado de sus madres y sus abuelas. Su principal herramienta es un pianguimetro, una especie de regla que les indica las medidas mínimas a tener en cuenta para la recolección de estos bivalvos. Esta medida se impuso luego de que se evidenciara un fenómeno de sobrepesca de esta especie. En la actualidad, "La ruta de piangua" es uno de los atractivos turísticos que ofrece la población.

Los bivalvos actualmente son empleados para diversos usos, por ejemplo, algunas especies de Corbiculidae son usadas como agentes clarificadores de agua en tanques de cultivo en piscicultura por su alta tasa de filtración. Muchos bivalvos además, por tratarse de especies sésiles, son usados como indicadores de polución ambiental (Darrigran y Copola, 1994).

Bivalvos al plato

Quizá el vínculo primitivo del hombre con los bivalvos haya sido a través de la alimentación. Desde tiempos prehistóricos los moluscos y particularmente los bivalvos han servido al hombre como alimento o para la obtención del mismo, ya sea como cebo de pesca o usados en la elaboración de anzuelos y otros artefactos. Prueba de esto son los hallazgos arqueológicos de restos de

anzuelos confeccionados con sus valvas y los acúmulos de conchas en las cuevas y albergues habitados por los pueblos primitivos o en los concheros en diferentes zonas costeras.

Estos invertebrados conforman una importante fuente de proteínas, minerales y vitaminas, con bajo contenido de grasas. Sin embargo, éste no es un ítem alimenticio inocuo para todos, ya que muchas personas presentan reacciones de hipersensibilidad inmunológica a ciertas proteínas que contienen estos organismos, comúnmente conocida como alergia a los mariscos.

Por otra parte, estos animales filtran e ingieren agua, esto hace que cualquier elemento nocivo que se encuentre en dilución y/o suspensión en ella, entre en contacto y en algún caso, se integre y se concentre en sus tejidos y órganos, tornándose de este modo en una fuente de infección para quienes lo consuman. Entre los contaminantes pueden mencionarse bacterias (que causan gastroenteritis o cólera), virus (que causan hepatitis A), sustancias químicas (metales pesados como el cadmio o el plomo), toxinas de las llamadas biotoxinas marinas generadas por floraciones de microorganismos del plancton (como las floraciones de algas toxicas, comúnmente llamadas “marea roja”) y otras impurezas que pudiera haber en el agua circundante. Esto puede afectar al hombre sobre todo teniendo en cuenta que el consumo de estos moluscos se realiza en muchos casos con escasa cocción (no afecta el grado de cocción en el caso de “marea roja”).

Como se mencionara más arriba, en el continente Americano los pueblos precolombinos ya hacían uso de este recurso alimentario. Por otra parte, los primeros asentamientos de los conquistadores españoles se ubicaron fundamentalmente en zonas marítimas, estratégicas para el transporte y comercio. Debido a esto y al hecho de que la pesca y recolección de bivalvos es relativamente fácil, por tratarse de organismos de baja movilidad, su consumo probablemente haya sido elemento principal en la dieta de aquellos días. Culturalmente el aprovechamiento de estos organismos como alimento no solo se ha justificado por su valor nutritivo y sabor, sino que también ha influido el supuesto valor afrodisíaco que a los mariscos en general y los bivalvos en particular (ostiones y almejas) se les atribuyen. A pesar de la extensa difusión

de esta creencia, la realidad es que no existe una sola evidencia desde el punto de vista científico que avale este mito.

Muchas de estas especies de bivalvos han sido también apreciadas como fuente de proteína y calcio para la elaboración de alimento balanceado de animales domésticos.

Más recientemente, el crecimiento demográfico, comercial y tecnológico han resultado en una sobreexplotación de los recursos marinos por lo que fue necesaria la reglamentación asociada a la comercialización de estas especies y el desarrollo de tecnologías con el propósito de cultivar diferentes especies marinas de reconocido valor comercial y alimenticio. Entre las especies marinas cultivadas se encuentran las ostras, almejas y mejillones. El cultivo de estos moluscos comestibles ha dado origen a una importante industria. Las técnicas de cultivo utilizadas en la actualidad permiten el desarrollo de estas especies en ambientes controlados desde el punto de vista sanitario.

En Argentina, a pesar de su vasta línea costera, la malacocultura no ha tenido un gran desarrollo en comparación con otros países. Esto se debe a una preferencia en el consumo de carnes rojas por sobre los mariscos. Sin embargos son varias las especies de bivalvos marinos que han tenido o tienen interés comercial para consumo interno o para exportación, por lo cual se han iniciado estudios tendientes a desarrollar y estimular las prácticas de cultivo, actividad que por otra parte genera empleo (Ministerio de Agricultura Ganadería y Pesca de la Nación; Morsan, 2008).

Los mejillones (bivalvos de la familia Mytilidae) se distribuyen desde el hemisferio norte hasta los mares polares de todo el mundo en sustratos rocosos del mesolitortal e infralitoral. En nuestro país se extienden a lo largo de todo el litoral marítimo, desde el norte de la provincia de Buenos Aires hasta el sur de Tierra del Fuego, formando concentraciones de diferentes densidades y amplitud conocidas vulgarmente como *bancos*. En general estos bancos se extienden aproximadamente hasta los 10 m de profundidad y pueden abarcar varias millas de extensión. Por el tipo de formaciones, es imposible efectuar una pesca selectiva. La explotación comercial se inicio en los bancos del Faro Querandí y Quequén en la provincia de Buenos Aires, a partir de los años 40,

realizando capturas desde lanchas costeras provistas de un tipo de red denominado “raño”, utilizadas aún en la actualidad (Morsan, 2008). Este tipo de pesca es considerada como “exterminadora” ya que sobreexplotan los bancos, luego de lo cual es prácticamente imposible su reposición. El Querandí, por ejemplo, fue explotado desde 1970 hasta 1976 intensivamente, y en prospecciones realizadas a partir de 1981, se detectó que ya no ofrecía posibilidades rentables de explotación.

Se encuentran bancos de mejillones también en los golfos San Matías y San José y en el canal de Beagle, donde se extraen artesanalmente por buzos o con raños más pequeños ya que ha sido regulada su pesca.

El mejillón comercial de consumo, más conocido en nuestro país, es *Mytilus edulis platensis* d'Orbigny, 1842 (Figura 1), excelente para cultivo, presentando buena tasa de crecimiento. Los primeros ensayos de cultivo de mejillón en el país, fueron realizados en forma experimental hacia fines de la década del ´70 en la provincia del Chubut y posteriormente, se sumaron otras observaciones realizadas en Santa Cruz. Ya en 1979, se iniciaron los ensayos en el Golfo San Matías (Río Negro). Existe una amplia variedad de métodos y estilos para realizar el cultivo de mejillón, el sistema más utilizado en la Argentina, por las características de sus costas y el batido del mar, es el conocido como *suspendido* o de *longline* (Figura 2). El cultivo se inicia con la captación de semilla en el mar, mediante la oferta de un sustrato apropiado y adecuadamente suspendido (colectores), donde se obtenga una importante fijación de larvas. No todos los sitios resultan ser aptos, ya sea porque las condiciones del medio no son favorables para la reproducción de los mejillones, o bien, porque las corrientes marinas alejan a las larvas nacidas o porque existen áreas donde es imposible suspender colectores sin riesgo de pérdida. Por lo tanto, se necesitan estudios previos para determinar el lugar y el momento óptimos para la instalación de colectores. La producción de semilla artificial en forma controlada y en laboratorio (*hatchery*), aunque es una metodología conocida y posible, no resulta rentable para el caso de los mejillones, siempre que exista abundancia de semilla natural.

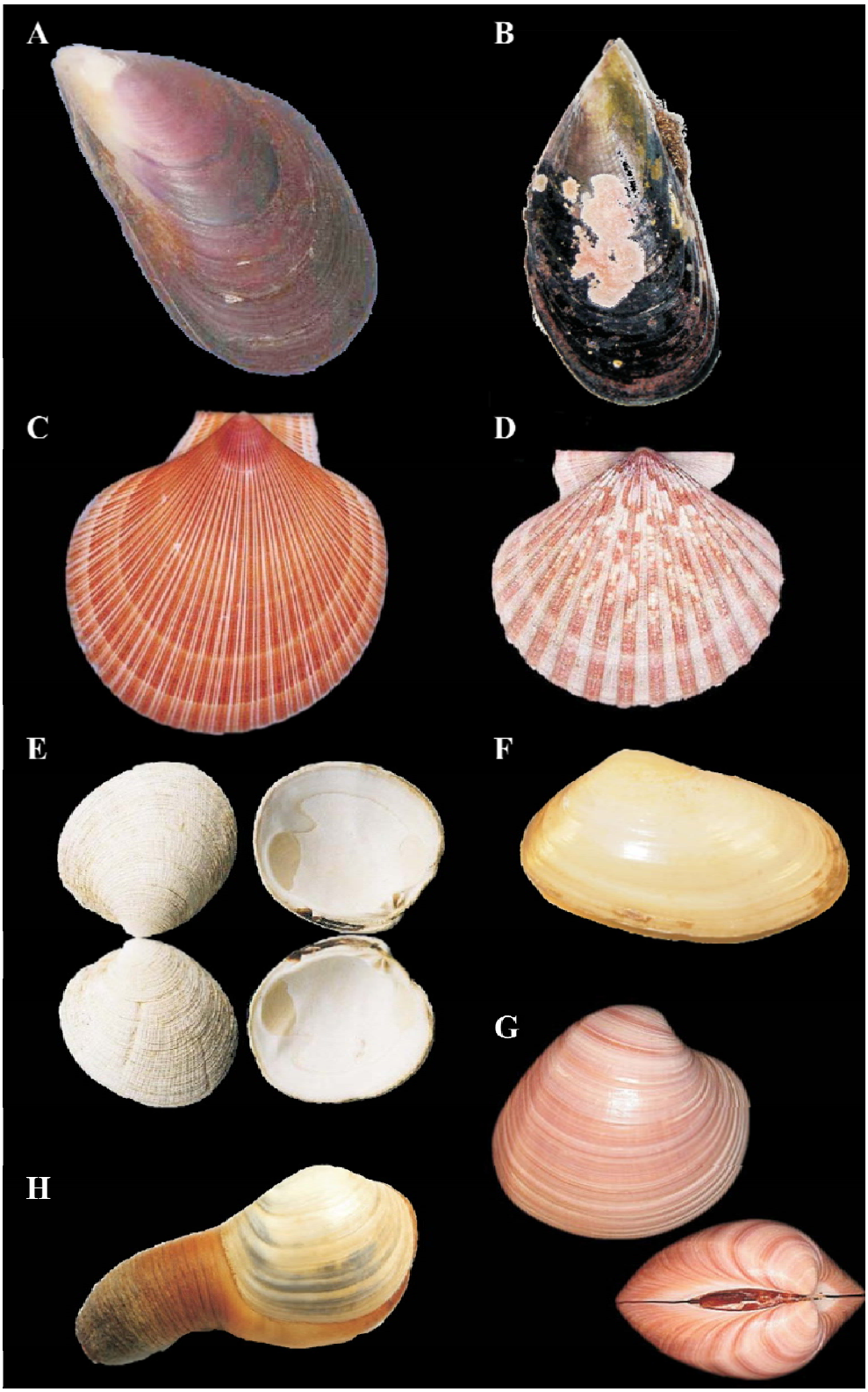


Figura 1. *Algunos bivalvos de interés comercial en la Argentina.* ***A*** Mytilus edulis platensis*.* ***B*** Aulacomya atra*.* ***C*** Zygochlamys patagónica*.* ***D*** Aequipecten tehuelchus*.* ***E*** Ameghinomya antiqua*.* ***F*** Amarilladesma mactroides ***G*** Amiantis purpurata*.* **H** Panopea abbreviata *(imágenes modificadas de Boltovskoy (2008).*

Recién entonces, una vez recolectada la semilla, se puede proceder inmediatamente a su encordado y cultivo de primera fase o de pre-engorde (a mayor densidad por cuerda) y luego de finalizada esta etapa (con los moluscos demasiado apretados) se procede al rearme de las cuerdas, a menor densidad para proporcionar mayor espacio y por ende mayores posibilidades de crecimiento, iniciando así, la fase denominada de engorde, hasta alcanzar la talla demandada por el mercado consumidor.

La semilla, a su vez, deberá ser colocada en cultivo en la época de mejores temperaturas para que el crecimiento sea rápido y alcance la talla de mercado antes de entrar en el período invernal. El *longline* (Figura 2) queda suspendido, a modo de tendal que se extiende en general por debajo de la superficie del mar en sentido horizontal al plano del agua y se equilibra mediante boyas, colgando las sogas o cabos que portan las semillas de la cuerda madre. El cultivo en *suspensión* es una técnica que permite el crecimiento de los organismos en la columna de agua, en ausencia de contacto con el fondo marino. Esto impide la llegada de gran número de predadores (que no puede trepar por las cuerdas) y evita la asfixia de los animales por efecto del depósito de barro marino, resultando el cultivo en una mejor calidad de los organismos. La desventaja principal se refiere a la necesidad de contar con determinadas áreas, no sometidas a fuerte batido oceánico y exige mayor trabajo a los productores y por lo tanto aumenta la mano de obra. Las posibilidades de mecanización para cultivos mayores son escasas.

Por el momento, solamente en Las Grutas, Río Negro y en el Canal de Beagle, se está trabajando con mejillón. En Río Negro se ha conformado una cooperativa de maricultores, mientras que en el Beagle, se trata de productores artesanales.

Los mejillones se comercializan fundamentalmente para el mercado interno, vivo fresco, congelado entero o en menor medida en conserva.

La Cholga *Aulacomya atra* (Molina, 1782) (Figura 1) que se distribuye desde el sur de Brasil a Tierra del Fuego, normalmente forma bancos entre los 5 y 20 m de profundidad aunque llegan hasta los 50m. Las áreas de explotación se encuentran mayormente en el canal de Beagle y en los golfos San Matías y

San José. La cholga se aparece como especie acompañante en las capturas de buques arrastreros de fondo, siendo sin embargo la forma de extracción principal la llevada a cabo por pescadores artesanales con rastra o a través de buceo. Se comercializa en el mercado interno, el ejemplar fresco entero, la pulpa mayormente congelada y en menor medida en conserva.

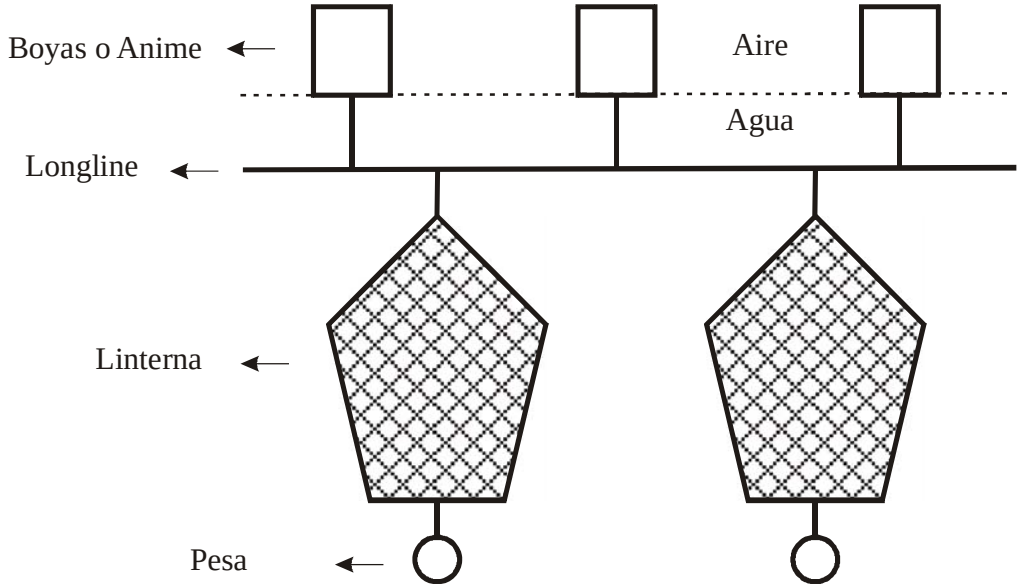


Figura 2. *Esquema del sistema longline utilizado en maricultura*

La ostricultura se conoce desde tiempos de los romanos, quienes colocaban ramas sobre los fondos costeros resguardados, cosechando posteriormente los moluscos adheridos. Durante mucho tiempo se explotaron los bancos naturales y recién en el siglo XVII en Francia, se iniciaron los primeros cultivos en salinas o lagunas costeras. En Europa la sobreexplotación de los bancos marinos, determinó la prohibición de su captura por arrastre. Esto, sumado a enfermedades o cambios ambientales que diezmaron las poblaciones en los bancos naturales produjo la aceleración y perfeccionamiento del desarrollo de las tecnologías de cultivo.

Según antecedentes registrados, el cultivo de ostras se practicaba en el sur de Chile desde principios del siglo VIII. En nuestro país, la única ostra nativa que podría acceder a cultivo (con lento crecimiento), es la *Ostrea puelchana* d'Orbigny, 1842 (ostra puelche o plana), con excelentes ejemplares en bancos naturales muy exiguos, por lo que su explotación está vedada. Esta ostra

presenta la desventaja de ser atacada por parásitos, que disminuyen su producción en cultivo por altas mortalidades.

El cultivo de ostras en nuestro país constituye una actividad promisoria que se inició en 1999 con el desarrollo de las tecnologías para el cultivo intermareal y suspendido de la Ostra japonesa cóncava o del pacifico, *Crassostrea gigas* (Thunberg, 1793), especie exótica que fuera introducida a inicios de la década del ´80 en Carmen de Patagones y que posteriormente formó un banco natural, del cual fueron seleccionados reproductores y se obtuvo semilla artificial inicialmente en el laboratorio o *hatchery* de San Antonio. Es una especie de alta respuesta en crecimiento y amplio rango de resistencia a condiciones ambientales, así como a enfermedades producidas por parásitos. La captación de la semilla de ostra en el mar, a partir del banco existente se efectúa, aunque también es posible importarla desde el exterior.

Tanto en el sur de la provincia de Buenos Aires, como lo sería también para Chubut y en Santa Cruz, el cultivo puede realizarse con la técnica denominada de *sobreelevado*. Las mesas o estructuras de hierro de construcción artesanal son colocadas en la zona intermareal de baja profundidad, con sus patas hincadas en el sedimento, y sobre las cuales se colocan bolsas amarradas, de malla de nylon con las semillas del molusco. Estas costas cuentan con sitios submareales aptos para ello, que quedan al descubierto solamente durante cuatro a seis días al año. El volumen de agua que los cubre es de tipo moderado, permitiendo al productor un manejo del cultivo con botes artesanales.

Al finalizar el pre-engorde, se hará necesario bajar la densidad de cultivo y cambiar las mallas. El sistema de *mesas submareales* incluye menor inversión, ya que se realiza en aguas de menor profundidad y es independiente del buceo.

El resto de la costa argentina, por el contrario, obliga al uso de la técnica de suspensión, ya explicada para el caso del cultivo de mejillón, con algunas variantes propias en cuanto a los cerramientos o contenedores de semilla. De las sogas o cabos utilizados en el sistema de *longline* para ostras, se cuelgan cerramientos denominados universalmente *linternas*, construidos en red de

malla adecuada (Figura 3). Allí se alojan las pequeñas ostras inicialmente, para proceder a la fase de pre-engorde a determinada densidad que, posteriormente, es disminuida a medida que el cultivo avanza y los moluscos crecen. En sistema suspendido, la inversión es más alta y para proceder al cultivo se necesitan embarcaciones de mayor porte. Actualmente se destina casi la totalidad de la producción al mercado interno y parte es exportada a Hong Kong como media valva congelada.

Figura 3. *Linterna de cultivo de* Ostrea puelchana *amarrada al sistema longline en el Golfo San Matías, Río Negro (imagen tomada por María del Socorro Doldán).*

La vieira tehuelche, *Aequipecten tehuelchus* (d'Orbigny, 1842) (Figura 1), se distribuye desde Rio de Janeiro hasta el sur de Chubut, hallándose los bancos más importantes en el golfo de San José y en menor medida en el de San Matías. Esta especie de aguas someras comenzó a ser explotada intensivamente en 1969 debido a condiciones favorables en el mercado internacional. A mediados de los 90 debido a la presión de pesca ejercida se instala una veda por 3 años, estableciéndose luego medidas de manejo en ambos golfos. La explotación actualmente es variable, con rastra o buceo, según la disponibilidad de los bancos y la rentabilidad comercial, destinada en

mayor medida al mercado interno. La vieira patagónica, *Zygochlamys patagonica* (King & Broderip, 1832) (Figura 1), forma bancos entre los 40 y 200 m de profundidad, al sur de la Bahía de Samborombón hasta Tierra del Fuego. Su explotación comercial comenzó en 1996 y su extracción se lleva a cabo por buques especializados para la detección, captura y procesamiento mecánicos a bordo que trabajan durante todo el año. El producto se destina casi en su totalidad a ser exportado congelado a Francia, Canadá y U.S.A. Existen suficientes experiencias desarrolladas sobre captación de semilla en ambiente natural y últimamente, sobre reproducción artificial de semilla en laboratorio, por lo que dadas las condiciones de mercado y sus perspectivas de crecimiento, llevarían a la necesidad de producción por cultivo.

Entre las almejas que se comercializan en la Argentina puede mencionarse a la almeja amarilla, *Amarilladesma mactroides* (Reeve, 1854) (Figura 1), con dos bancos bien definidos de San Clemente del Tuyú al Faro Querandí y entre Orense y Pehuen-Co. Extraída mediante captura manual principalmente de diciembre a marzo, su sobreexplotación comercial entre los años 1940 y 1958 motivó la veda comercial que luego de una mortandad masiva se convirtió en veda total en 1996. La almeja púrpura *Amiantis purpurata* (Lamarck, 1818) (Figura 1) se explota en forma comercial localmente en el golfo San Matías desde 1995. La recolección es manual en mareas bajas o por buceo en el submareal, realizada por pescadores locales (Morsan, 2008). La almeja blanca rayada *Eurhomalea exalbida* (Dillwyn, 1817) se extrae estacionalmente para el comercio local en el canal de Beagle y por *by catch* de otras pesquerías en el golfo San José. El crecimiento lento la baja tasa de renovación y el escaso volumen hace que sea menos propicia para la explotación comercial sostenida. La almeja rayada *Ameghinomya antiqua* (King & Broderip, 1832) (Figura 1) se encuentran en mayor cantidad en los golfos San José y San Matías. Su extracción es artesanal a través del buceo y se comercializa en el mercado interno.

La almeja panopea *Panopea abbreviata* (Valenciennes, 1839) (Figura 1) se distribuye desde Rio de Janeiro hasta Puerto Deseado aunque es en los golfos San José y San Matías en donde se encuentra en mayor cantidad. Su

extracción se realiza mediante buceo y de forma manual por sistema de inyección de agua a presión para liberarla del sedimento. Asociada a extracción de esta especie también se obtienen ejemplares de la almeja navaja *Ensis macha* (Molina, 1782). Ambas especies se distribuyen en el mercado interno.
El desarrollo de las técnicas de cultivo para algunas de las denominadas “almejas”, han sido iniciadas tanto en Chile como en Argentina, aunque por sus dificultades, se deberá esperar mayor tiempo para poder contar con tecnologías adecuadas, presupuesto acorde y avances significativos.

Para muestra basta un botón

Si bien el valor nutritivo pudo haber sido la primera característica que despertó el interés del hombre por estos moluscos, la innegable belleza de sus valvas posiblemente haya sido la segunda razón. La belleza de las valvas suscita interés aún en la actualidad, evidenciado en sociedades de coleccionistas, que generan un mercado hoy en día globalizado a través de Internet.
Sus conchas son también buscadas por la belleza y brillantez de su nácar, materia prima para la industria de camafeos y otro tipo de joyería, y para una industria más modesta como la de fabricación de botones.
En nuestro país, la explotación de las almejas nacaríferas utilizadas fundamentalmente en la fabricación de botones, tuvo su auge en la década del 50, en el Paraná medio se extraían 2.000 toneladas de valvas por año (Gordillo, 2010). Los restos molidos de las valvas eran utilizadas en la construcción de mosaicos, piedras reconstituidas, en alimento para aves y como fertilizantes calcíferos. El descontrol en su explotación como recurso provocó la regresión de las poblaciones hasta que finalmente se abandonó la actividad debido a nuevos materiales sintéticos más económicos en el uso de la fabricación de botones. Las almejas nacaríferas son bivalvos de agua dulce nativos de la Cuenca del Plata pertenecientes a las familias Hyriidae y Etheriidae (=Mycetopodidae) también llamadas "náyades" en referencia a las ninfas mitológicas protectoras de ríos y arroyos. Actualmente muchas de estas

especies se encuentran en franco retroceso por un deterioro de las condiciones ambientales, como producto de la urbanización y contaminación, sumado a la presencia de especies invasoras. Algunas de ellas han sido incluidas en el catálogo mundial de especies amenazadas, incluso en la categoría de especies en peligro de extinción (IUCN 2013).

En la sala de malacología del Museo de Ciencias Naturales “Bernardino Rivadavia” de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires se expone restos de valvas y conchas utilizadas en la confección de botones (Figura 4).

Figura 4. *Vistas de la vitrina de la sala de malacología del Museo de Ciencias Naturales “Bernardino Rivadavia” de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires (imágenes tomadas por Guido Pastorino).*

Una Joya de leyenda

Quizá la característica más peculiar de este grupo de moluscos sea la capacidad de alguno de ellos de elaborar una concreción esférica y calcárea de una de belleza singular como son las perlas, que ha inspirado una gran variedad de mitos.

Cuenta una antigua leyenda que la perla es una gota de rocío caída del cielo en una noche de luna llena que arrastró a la profundidad del mar, un pequeño fragmento de esa luz. Simboliza también el alma humana, hija del Fuego y del Agua como elementos primordiales masculino y femenino, al ser fecundada la concha por los rayos del Sol incidiendo sobre las Aguas del Mar.

Para los romanos la perla era un símbolo del amor y el placer y se la ofrecían a la diosa Venus. Entre los griegos, la perla era el emblema del amor y del matrimonio y su nombre significa pureza. Los hindúes la consideran un símbolo de felicidad y los chinos de salud. Los egipcios las usaban para obtener el favor de Isis y en Siria llamaban a la diosa madre la "Señora de las Perlas". Su poder sagrado procedía de su origen marino, símbolo de la Materia Primordial donde se gestan los principios de la vida. Los musulmanes creen que los bienaventurados se hallan en el cielo encerrados en perlas, cada uno con su correspondiente hurí (según el islam, hurí son doncellas de eterna juventud que simbolizan la eterna bienaventuranza). Entre las poblaciones autóctonas de América tuvieron gran importancia las perlas en los ritos funerarios.

A las perlas se les ha asignado el poder del amor, la juventud, la fecundidad, el dinero, la seguridad y la buena suerte. Se ha dicho que curan las enfermedades de los ojos y que resulta un eficaz antídoto en casos de envenenamiento.

Se cree que las primeras perlas fueron encontradas en la prehistoria por hombres que buscaban alimento a orillas del mar. Se conoce la existencia de pesquerías de perlas en Ceilán, que alcanzaron su máximo esplendor 500 años antes de Jesucristo. Actualmente se han perfeccionado las técnicas de cultivo de las especies productoras de perlas.

No todo lo que brilla es nácar

Los Bivalvos no sólo representan beneficios para el hombre, algunas especies pueden llegar a ser perjudiciales. Tal es el caso de las especies del género *Teredo* conocidas como “broma” y que producen destrozos en maderas sumergidas de muelles y cascos de barcos.

Otro aspecto a tener en cuenta es el problema de la introducción de especies no nativas que pueden transformarse en invasoras y las consecuencias negativas sobre el ambiente y la economía. Claro ejemplo de esto son los casos de las invasiones de bivalvos de agua dulce que generan alteración del flujo de agua y hasta oclusión en los sistemas de tuberías de tomas de agua de plantas potabilizadoras, de refrigeración de turbinas de usinas hidroeléctricas y demás plantas generadoras de energía, riego de cultivos, etc.

El tráfico comercial transoceánico ha propiciado, fundamentalmente transportadas en el agua de lastre, la dispersión de especies invasoras que pueden causar efectos nocivos para los ecosistemas locales y generar incluso pérdidas económicas o alteraciones sanitarias.

En nuestra región, el Río de la Plata se ha constituido en la vía de introducción de moluscos invasores. Éstos pueden tener un fuerte impacto ecológico, como una nueva y abundante oferta energética para alimentación de peces, clarificación del agua, modificación de microambientes. Entre ellos se cuentan las especies *Corbicula fluminea* (Müller, 1774) o “almeja asiática”, *C. largillerti* (Philippi 1844), y el mitilido *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857) o “mejillón dorado” (Darrigran y Damborenea, 2011) (Figura 5).

Las especies de *Corbicula* fueron introducidas a fines de los 60 principios de los 70 (Darrigran, 1992), provenientes del continente asiático. Estas almejas acumulan sustancias tóxicas, por lo que puede tener efectos nocivos en la salud de la población, ya que ha pasado a formar parte de la cadena alimentaria de peces de consumo humano. Por otra parte, en algunos estados de los Estados Unidos de América, las altas densidades de esta especie ha afectado la explotación de arena y grava, inutilizándola para la preparación de concreto para la construcción.

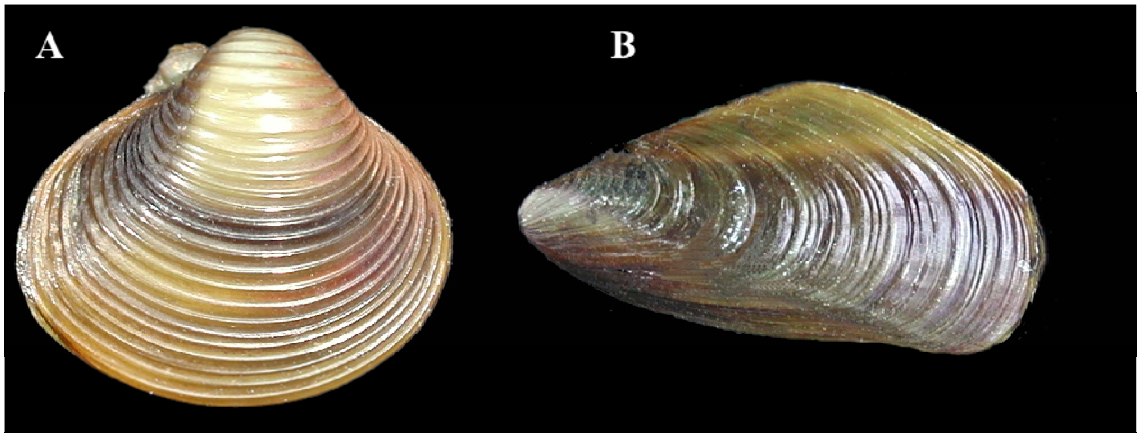


Figura 5. *Bivalvos dulciacuícolas invasores en el Río de la Plata.* **A** Corbicula fluminea*.* **B** Limnoperna fortunei.*Imagenes tomadas por Gustavo Darrigran.*

El mejillón dorado, proveniente de China y sudeste asiático, llegó a la cuenca del Plata en el agua de lastre de los buques transoceánicos. Registrado en aguas del Río de la Plata en 1991 (Pastorino *et al.*, 1993), desde su aparición se ha dispersado a un ritmo de 240 km al año (Darrigran, 2002). Esta especie se adhiere a diversos sustratos duros y su crecimiento descontrolado en densidad provoca graves problemas en los sistemas de refrigeración de plantas energéticas e industriales que utilizan agua del río Paraná y del Río de la Plata para su funcionamiento. Entre otras se pueden mencionar destilerías de hidrocarburos, plantas potabilizadoras, centrales térmicas, nucleares e hidroeléctricas (Darrigran y Darrigran, 2001), como así también, los sistemas de refrigeración de embarcaciones deportivas y comerciales (Figura 6).

Otro problema de importancia que plantea la introducción de este bivalvo es el rápido recambio de especies de las comunidades bentónicas y el desplazamiento de las especies de moluscos nativos (Darrigran, 2002). Un claro ejemplo es la utilización por parte de de *Limnoperna fortunei* de las náyades como sustrato de adhesión, dificultándoles la correcta circulación de agua, causando por ende el desplazamiento y retracción de estas especies (Darrigran y Darrigran, 2001). En este sentido, el mejillón dorado resulta, además, un gran filtrador de plancton (cada individuo puede filtrar más de medio litro de agua por hora) (Sylvester, *et al.* 2006), lo que incide sobre la disponibilidad de alimento para otros organismos acuáticos.

Figura 6. *Ejemplares de* Limnoperna fortunei. **A** *Aglomerados dentro de un caño.* **B** *Adheridos a la rejilla de una toma de agua.* **C y D** *Adheridos a una red de cultivo de esturión (imágenes cedidas por Gustavo Darrigran).*

En la actualidad las especies asiáticas, *C. fluminea* y *L. fortunei,* se han extendido a lo largo del Paraná inferior, medio y alto Paraná, en el río Paraguay, así como también en el río Uruguay. A *C. fluminea*, se le detectó en el sistema del río Amazonas.

Finalmente, ya sea como materia prima de diferentes herramientas y artefactos, por su sabor, por su belleza, por ser fuente de inspiración artística o por generar diversos inconvenientes, es innegable la incidencia que estos peculiares moluscos, los bivalvos, han tenido a lo largo de la historia del hombre.

BIBLIOGRAFÍA

AABA (2004-2008). Atlas Ambiental de Buenos Aires.

Bassarsky, M. (2007). Biodiversidad: taxonomía y filogenia. *Boletín Biológica*, 2: 7-11

Boltovskoy, D. (2008). Atlas de sensibilidad ambiental de la costa y el mar argentino. Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación. [en línea]. <http://atlas.ambiente.gov.ar/>. Acceso 9 de octubre de 2012.

Bonomo, M. (2007). El uso de los moluscos marinos por los cazadores-recolectores pampeanos. *Chungara, Revista de Antropología Chilena, 39: 87-102.*

Bonomo, M. y Aguirre, M. (2009). Holocene Molluscs from Archaeological Sites of the Pampean Region of Argentina: Approaches to Past Human Uses. *Geoarchaeology*, 24 (1): 59–85.

Brusca, R. C y Brusca, G. J. (2005). *Invertebrados*. McGraw-Hill. Interamericana. Madrid. 1005 pp.

Buckland-Nicks, J.; Gibson, G. y Kos, R. (2006). Phylum Mollusca: Gastropoda. Chapter 14. In: Young, C. M. (eds.) *Atlas of Marine Invertebrate Larvae*. Elsevier LTD. Barcelona. 626 pp.

Camacho, H. H., Damborenea S. E., del Río C. J. (2008). Bivalvia. En: Camacho, H. H. y Longobucco, M. I. (eds.). *Los Invertebrados Fósiles. Tomo I. Vazquez Manzini; Bs.As. 440 pp.*

Crisci, J.V. (2001). La biodiversidad como recurso vital de la humanidad. *Anales de la Academia Nacional de Agronomía y Veterinaria*, 55:256-269.

Crisci, J.V. (2006). Espejos de nuestra época: Biodiversidad, sistematica y educacion. *Gayana Botánica*, 63 (1): 106-114.

Curtis, H.; Barnes, S.; Schnek, A. y Massarini, A. (2008). Biología. Panamericana. Buenos Aires. 1.009 pp.

Darrigran G., Vilches A., Legarralde T. (2008) Desinterés del Pasado, Decisiones del Futuro: Educación para prevenir las invasiones biológicas. *Revista Educación en Biología,11 (1)37-44.*

Darrigran, G. A. (1992). Variación temporal y espacial de la distribución de las especies del género Corbicula Megerle, 1811 (Bivalvia, Corbiculidae) en el estuario del Río de la Plata, República Argentina. *Neotropica, 38, 59-63*.

Darrigran, G. A. (2002). Potential impact of filter-feeding invaders on temperate inland freshwater environments. *Biological Invasion, 4, 145-156*.

Darrigran, G. A. y Copola, A. (1994). Los Bivalvos invasores del Río de la Plata. Su potencial uso como bioindicadores ambientales. *Tankay, 1, 150-152*.

Darrigran, G. A. y Darrigran, J. (2001). El mejillón dorado: una obstinada especie invasora. *Ciencia Hoy, 11(61), 20-23*.

Darrigran, G. y Damborenea M. C. (eds.) (2006). Bio-invasión del mejillón dorado en el continente americano. *EDULP, La Plata. Argentina. 220 pp.*

Darrigran, G. A. y Damborenea, C. (2011). Ecosystem engineering impacts of *Limnoperna fortunei* in South America. *Zoological Science, 28, 1-7*.

Della Lucía, T. M. C.; Reis Júnior, R.; Cássia de Oliveira, M. (2002). Zoologia dos Invertebrados II. Cuaderno Didactico. Ciências Biológicas, 88. Editora UFV. 193 pp. Viçosa.

Donovan D. A., Elias J. P., Baldwin, J. (2004). Swimming behavior and morphometry of the file shell *L. fragilis. Mar. Fresh. Behav. Physiol. 37(1): 7–16*

Filippo, P. F. 2008. Marco legal regulatorio de la pesca marítima, continental y la acuicultura Argentina. *Consejo Federal de Inversiones* (CFI). Buenos Aires. 251 pp.

Furman, M. y Podestá, M.E. (2008). La aventura de enseñar ciencias naturales. Buenos Aires: Aique.

Furman, M.; Poenitz, M.V. y Podestá M. E. (2012). La Evaluación en la Formación de los Profesores de Ciencias. *Praxis & Saber*. 6 (3): 165-189.

García Barros, S. y Martínez Losada, C. (2003). Análisis del trabajo practico en textos escolares de primaria y secundaria. *Enseñanza de las ciencias*, número extra, 5-16.

García, A.; Arcaría, N. y Darrigran, G. (2012). Fichas Malacológicas: La Almeja Amarilla (*Amarilladesma mactroides*). *Boletín Biológica*, N° 23: 32-33.

García, A.; Lanata, E.; Arcaría, N.; de Andrea, P.; Gelos, Y.; Menconi, F.; Solari, B.; Legarralde, T.; Vilches, A.; Darrigran, G. y Guadagno, L. (2009). ¿Por qué hacer un trabajo de campo? Experiencia de alumnos del profesorado en ciencias biológicas Actas II Jornadas de Enseñanza e Investigación Educativa en el campo de las Ciencias Exactas y Naturales Actas, II: 132-138. La Plata. Disponible en: http://www.jornadasceyn2.fahce.unlp.edu.ar/actas Acceso 9 de octubre de 2012.

Gordillo, S. (2010) Las almejas nacaríferas de la cuenca parano-platense: patrimonio natural y cultural de Sudamérica*. Cartilla de Difusión No 15 Museo Provincial de Ciencias Naturales "Florentino Ameghino"* [en línea]. En <http://www.unl.edu.ar/santafe/museocn/cartillas/cartilla 15_%20almejas _nacariferas.pdf> Acceso 20 de agosto de 2013.

http://www.atlasdebuenosaires.gov.ar. Acceso 3 de agosto de 2013.

http://www.biodiversidad.gob.mx/pais/pdf/CapNatMex/Capital%20Natural%20de%20Mexico_Sintesis.pdf. Acceso 3 de agosto de 2013.

http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_issuetoc&pid=0717-664320060001&lng=es&nrm=iso. Acceso 3 de agosto de 2013.

IUCN (2013). The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2013.1. http://www.iucnredlist.org. Downloaded on 02 July 2013. Acceso 5 de septiembre de 2012.

Lahitte, H., Hurrell, J., Belgrano, M., Jankowski, L., Mehltreter, K., Haloua, P. y Canda, G. (1997). Plantas de la Costa. Las plantas nativas y naturalizadas más comunes de las costas del Delta del Paraná, Isla Martín García y Ribera Platense. Edición L.O.L.A. (Literature of Latin América), Buenos Aires. 200p.

Lanteri, A. y Cigliano, M. M. (eds). (2004). *Sistemática Biológica: fundamentos teóricos y ejercitacione*s. Editorial de la Universidad de La Plata (EDULP), La Plata, Argentina. 241 pp.

Lanteri, A., Fernández, L. y Gallardo, F. (2004). Nomenclatura Biológica. Pp.21-33. En: Lanteri, A. y Cigliano, M. (Eds) Sistemática Biológica: fundamentos teóricos y ejercitaciones. EDULP. 241 pp.

Lanteri, A.; Fernández L. y Gallardo, F. (2004). Sistemática Biológica: generalidades y conceptos básicos. En: Lanteri, A.y Cigliano, M.M. (eds) *Sistemática Biológica: fundamentos teóricos y ejercitaciones*. Editorial Universitaria de La Plata (EDULP). 241 pp.

Lasta, M.L.; Cicco, N. F.; Bremec, C. y Roux, A. (1998). Moluscos bivalvos y gasterópodos. En: Boschi, E. (Ed) El Mar Argentino y sus recursos pesqueros. Los Moluscos de interés pesquero. Cultivo y estrategias reproductivas de bivalvos y equinoideos. INIDEP. Secretaría de Agricultura Ganadería Pesca y Alimentación. Mar del Plata. Argentina.

Legarralde, T.; Vilches, A. y Darrigran, G. (2009). El trabajo de campo en la formación de los profesores de biología: una estrategia didáctica para mejorar la práctica docente. Actas II Jornadas de Enseñanza e Investigación Educativa en el campo de las Ciencias Exactas y Naturales Actas, II: 165-170, 2009. La Plata. Disponible en: http://www.jornadasceyn2.fahce.unlp.edu.ar/actas Acceso 8 de mayo de 2012.

Leite, L. y Figueiroa, A. (2004). Las actividades de laboratorio y la explicación científica en los manuales escolares de ciencias. *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 39, 20-30.

Leonardt, S. (2013). Artefactos malacológicos en el bosque y ecotono bosque – estepa del Noroeste de Patagonia. Tesis de Licenciatura. Departamento de Ciencias Antropológicas. Facultad de Filosofía y Letras (UBA); 172 pp.

Leyva Barceló, L.; Méndez Santos, I.; Guzmán, N.; Guerra Salcedo, M.; Reyes Labarcena, B. y Noya Martínez, I. (2007). El uso de claves dicotómicas automatizadas: una vía para el desarrollo del pensamiento biosistemático en el estudio del reino plantas en la E.G.P.L. *Agrisost*. 9 (2). Disponible en: http://www.ucp.cm.rimed.cu/uzine/agrisost/index.php Acceso 21 de agosto de 2012.

López, A. y Urcuyo, J. (2008). *Moluscos de Nicaragua: Bivalvos I*. Managua: Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales.

Malinowski, B. 1994. Magia, Ciencia y Religión. Ariel (ed.) 110pp.

Mansur, M. C. y D. Pereira. (2006). Bivalves límnicos da bacia do rio dos Sinos, Rio Grande do Sul, Brasil (Bivalvia, Unionoida, Veneroida e Mytiloida). *Revista Brasileira de Zoologia 23 (4): 1123–1147*

Margulis, L. y Schawartz, K. V. (1985). Cinco Reinos. Guía ilustrada de los phyla de la vida en la Tierra. Editorial Labor, 335 pp. Barcelona

Meglitsch, P. A. (1978). *Zoología de Invertebrados*. H. Blume Ediciones. pp.906 Madrid.

Meglitsch, P. A. (1986). *Zoología de Invertebrados*. Pirámide, Madrid. 906 pp.

Meinardi E. y Adúriz-Bravo A. (2002). Debates actuales en la didáctica de las Ciencias Naturales. *Revista de Educación en Biología*, 5(2):41-49.

Mestres Izquierdo, A. y Torres García, M. (2008). Algunas pautas para la elaboración de claves dicotómicas y árboles de clasificación. Disponible en: http://webpages.ull.es/users/apice/pdf/411-002.pdf Acceso 7 de marzo de 2012.

Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación. Acuicultura Marina [en línea] http://www.minagri.gob.ar/site/pesca/acuicultura/01=cultivos/04-acuicultura_marina/_archivos/000001-El%20Cultivo%20de %20los% 20 moluscos%20bivalvos%20marinos%20en%20Argentina.php. Acceso 1 de junio de 2013.

Morsan, E. M. (2008). Pesquerías de bivalvos y gasterópodos en el Mar Argentino. En: Boltovskoy, D. (Ed.). *Atlas de Sensibilidad Ambiental del Mar y la Costa.* Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación. [en línea]. Consultado en Octubre de 2012 en <http://atlas.ambiente.gov.ar/>.

Nielsen, C. (2012). *Animal evolution*. *Interrelationships of the living Phyla*. Oxford University press. Third edition. 410 pp. N.Y.

Pareja Siñanis, E. (2002) Los Moluscos en el Mundo Andino. *AIBR. Revista de Antropología Iberoamericana*, No. 20 [en línea]. <http://www.aibr.org/antropologia/boant/articulos/MAY0102.html> Acceso 20 de agosto de 2013.

Pastor, C. T.; Zaixso, H. E.; Boraso A. L. (2000). *La vida en las costas rocosas*. Ecocentro (ed.). 54 pp. Puerto Madryn.

Pastorino, G., Darrigran, G., Martin, S. y Lunaschi, L. (1993). *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857) (Mytilidae), nuevo Bivalvo invasor en aguas del Río de la Plata. *Neotropica*, *39 (101-102), 34*.

Pechenik, J. A. (2010). *Biology of the Invertebrates*. 6th Ed. McGraw-Hill, New York.

Penchaszadeh, P.; Pastorino, G. y Brögger, M. (2008). *Aequipecten tehuelchus*. En: Boltovskoy, D. (Ed.). Atlas de Sensibilidad Ambiental de la Costa y el Mar Argentino. Moluscos gasterópodos y bivalvos. Disponible en: http://atlas.ambiente.gov.ar Acceso 22 de septiembre de 2009.

Pinto de Oliveira, M. y Nocelle de Almeida. (2000). *Malacologia*. Editar Editora Associada, 215 pp. Juiz de Fora.

Pozo, J.I. (1994). La solución de problemas. Editorial Santillana. Madrid.

Pritzker, O. (2009). Oositgamoo: an indigenous perspective on youth activism.*Young People, Education, and Sustainable Development: Exploring Principles, Perspectives, and Praxis*, 155-161. cap II editado por Peter Blaze Corcoran,Philip M. Osano,Joseph Paul Weakland,Brandon P. Hollingshead

ProChile. (2011). Información Comercial. Estudio de Mercado de Mariscos y Moluscos para el Mercado Argentino. 35 pp. http://www.prochile.gob.cl/wp-content/ blogs.dir/ 1/ files_mf/documento_06_15_11163301.pdf. Acceso 3 de agosto de 2013.

Rojas, J. E. y Severeyn H. (2000). Tasa de degradación de madera por el perforador de manglar Psiloteredo healdi (Bivalvia:Teredinidae) en el Lago de Maracaibo, Venezuela. *Rev. biol. trop*., 48 (1):153-158.

Rua, M. & F. Cano. (2012). Digesto de Legislación Ambiental. Comisión de Ecología, Medio Ambiente y Desarrollo Humano. Honorable Cámara de Senadores de la Provincia de Buenos Aires. 125 pp.

Sarukhán, J.; P. Koleff; J. Carabias; J. Soberón; R. Dirzo; J. Llorente-Bousquets; G. Halffter; R. González; I. March; A. Mohar; S. Anta y J. de la Maza. (2009). Capital natural de México. Síntesis: conocimiento actual,

evaluación y perspectivas de sustentabilidad. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México.
Schnack, J. (2013). *¿Hablamos de evoluvión? Antes y a partir de Darwin*. Grafikar. 120 pp. La Plata.
Smith, S.A.; Wilson, N. G.; Goetz, F. E.; Feehery, C.; Andrade, S. C. S.; Rouse, G. W.; Giribet, G. y Dunn, C. W. (2011). Resolving the evolutionary relationships of mollusks with phylogenomic tools. *Nature*, 480:364-367.
Stanley, S. M. (1970). Relation of Shell form to life habits of the bivalvis (Mollusca). *The Geological Society America, Inc*. Memor, 125. 296pp. Colorado.
Sylvester, F., Boltovskoy, D. y Cataldo, D. (2006). Tasas de clareado: ritmos e impacto. En: Darrigran, G. y Damborenea, C. (Eds.). *Bio-invasion del mejillón dorado en el continente americano* (pp 129-139). La Plata: Edulp.
Tenreiro Vieira, C. y Marques Vieira, R. (2006). Diseño y validación de actividades de laboratorio para promover el pensamiento crítico de los alumnos. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 3(3), 452-466.
Trubbit, M. (2003). The production and exchange of marine shell prestige goods. *Journal of Archaeological Research*, 11: 243–277.
Vilches, A.; Legarralde, T. y Berasain, G. (2012b). Elaboración y uso de claves dicotómicas en las clases de biología. Actas "III Jornadas de Enseñanza e Investigación Educativa en el campo de las Ciencias Exactas y Naturales". Disponible en: http://jornadasceyn.fahce.unlp.edu.ar/actas. Acceso 13 de marzo de 2013.
Vilches, A.; Legarralde, T.; Maroñas, M. y Darrigran, G. (2012ª). Aportes para el trabajo en el aula. Un enfoque para determinar la forma de vida de los moluscos bivalvos a partir de la morfología de sus valvas. *Revista de Educación en Biología*. 15 (2), 47-57.
Zapater Galve, M., Araujo Armero, R., Álvarez Halcón, R. M. y Nakamura Antonacci, K. (2006). *Las almejas de agua dulce en Aragón: Margaritifera auricularia y otros bivalvos.* Aragón: Consejo de Protección de la Naturaleza de Aragón.
Zardus, J. D. y Marcel, A. L. (2006). Phylum Mollusca: Bivalvia. Chapter 15. In: Young, C. M. (eds.) *Atlas of Marine Invertebrate Larvae*. Elsevier LTD. 626 pp. Barcelona.
Zubimendi, M. A. (2007). Discusión sobre las malacofaunas presentes en sitios arqueológicos de la Patagonia continental argentina. VI Jornadas de Arqueología e Historia de las Regiones Pampeana y Patagónica. Actas: 1-25. Noviembre de 2007. en Mar del Plata, Complejo Universitario.
Zubimendi, M. A. (2008). II Jornadas de Arqueología y Paleontología. ACTAS: 44-63. 20 de noviembre de 2008. Pico Truncado. Santa Cruz.
Zubimendi, M. A. (2010). Malacological artifacts in Argentine Patagonia. MUNIBE (Suplemento-Gehigarria; 31; 262-270.
Zysman, A. y Paulozzo, M. (2006). Diseño Curricular para la Educación Secundaria: 1º año ESB. La Plata: Dir. General de Cultura y Educación de la provincia de Buenos Aires.

LOS AUTORES

Gustavo Darrigran (invasion@fcnym.unlp.edu.ar) se graduó como Biólogo y doctoró en Ciencias Naturales (orientación: Zoología) en la Facultad de Ciencias Naturales y Museo (FCNyM) de la Universidad Nacional de La Plata. Actualmente es miembro del CONICET donde se desempeña como Investigador Independiente. Su línea de investigación es la malacología acuática continental. A partir de los ´90 se centró en el estudio de las bioinvasiones de moluscos acuáticos continentales (www.malacologia.com.ar) y en la actualidad también encara el estudio de bivalvos nativos ("náyades") y su conservación. Se desempeña además como Profesor de Biología de Invertebrados (FaHCE-UNLP); Profesor de Malacología (FCNyM-UNLP) y Jefe de la Sección Malacología del Museo de La Plata (FCNyM-UNLP). Por último, se desempeña como Profesor del Seminario de Tesis en la Maestría en Educación en Ciencias Exactas y Naturales (FaHCE, UNLP).

Alfredo Vilches (alfrevilches@yahoo.com) es Magíster en Educación en Ciencias con Mención en Biología (Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional del Comahue). Además es Profesor en Ciencias Biológicas (FaHCE, UNLP) y Licenciado en Biología. Orientación Zoología (FCNyM, UNLP). En la actualidad se desempeña como Jefe de Trabajos Prácticos Cátedra Biología de Invertebrados (FaHCE, UNLP); Jefe de Trabajos Prácticos Cátedra Biología General (FaHCE, UNLP) y Coordinador Académico de Tesistas de Posgrado de los programas de Maestría y Especialización en Educación en Ciencias Exactas y Naturales (FaHCE, UNLP). Por último es Profesor de cursos de Posgrado de Maestría y Especialización en Educación en Ciencias Exactas y Naturales (FaHCE, UNLP).

Teresa Legarralde (teresalegarralde@yahoo.com) es Magíster en Educación en Ciencias con Mención en Biología (Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional del Comahue). Asimismo, es Profesora en Ciencias Biológicas (FaHCE, UNLP) y Licenciada en Biología. Orientación Zoología (FCNyM, UNLP). En la actualidad se desempeña como Profesora Adjunta Cátedra Biología General (FaHCE, UNLP) y Secretaria Académica de la Maestría y Especialización en Educación en Ciencias Exactas y Naturales (FaHCE, UNLP). Es además Profesora de cursos de Posgrado de Maestría y Especialización en Educación en Ciencias Exactas y Naturales (FaHCE, UNLP).

Miriam Maroñas (mirimaro07@gmail.com) se graduó como Bióloga (orientación Ecología) en la Facultad de Ciencias Naturales y Museo (FCNyM) de la Universidad Nacional de La Plata. Actualmente es miembro del CONICET donde se desempeña como Técnico Profesional Principal. Sus trabajos de investigación se enmarcan en la ecología acuática continental. Participó en el dictado de cursos de Postgrado sobre Biología Pesquera de Agua Dulce. Como autora o coautora ha realizado comunicaciones científicas en reuniones nacionales e internacionales y ha publicado más de quince trabajos científicos en revistas nacionales y extranjera. Es coautora de cinco capítulos de libro. También ha participado en trabajos de divulgación científica y didáctica. Se desempeña como Jefe de Trabajos Prácticos en la Cátedra de Ecología General (FCNyM-UNLP).

Agustina Iugovich (agustinaiugovich@yahoo.com.ar) Estudiante avanzada de la carrera de Profesorado en Ciencias Biológicas (FaHCE-UNLP). Se desempeña como ayudante adscripto a la cátedra de Biología de Invertebrados (FaHCE-UNLP).Es co-autora de capítulos de libros sobre bivalvos como bioinvasores y numerosas comunicaciones en reuniones sobre educación y extensión universitaria.

Veronica Nuñez (nmariaveronik@yahoo.com.ar) Lic. en Biología (Orientación Zoología), Dra. en Ciencias Naturales - Facultad de Ciencias Naturales y Museo (FCNyM) Universidad Nacional de La Plata (UNLP) -. Ayudante Diplomado en la Cátedra Zoología Invertebrados I de la FCNyM - UNLP. Con categoría IV de docente–investigador. Jefe de Trabajos Prácticos en la División Zoología Invertebrados del Museo de La Plata (MLP), realizando tareas de curaduría en la colección de Malacología, fundamentalmente en el desarrollo de la colección de tejidos para estudios moleculares. Integrante de la Comisión de Autoevaluación de las carreras de Biología de la FCNyM - UNLP. Integrante ad-honorem del equipo de trabajo del "Servicio en Bioensayos y Diagnósticos Ecotoxicológicos" (SERBYDE) del MLP a través del cual ha realizado diagnósticos ambientales y asesorías.

Diego Gutiérrez Gregoric (dieguty@fcnym.unlp.edu.ar) se graduó como Biólogo (orientación: Zoología) y Doctor en Ciencias Naturales en la Facultad de Ciencias Naturales y Museo (FCNyM) de la Universidad Nacional de La Plata (UNLP). Actualmente es miembro del CONICET donde se desempeña como Investigador Asistente. Su línea de investigación es la malacología continental. Sus investigaciones se centran en gasterópodos dulceacuícolas con interés médico-sanitario, y en la actualidad también encara el estudio de gasterópodos terrestres invasores. Se desempeña además como Ayudante Diplomado en las cátedras de Zoología Invertebrados I y Malacología (FCNyM-UNLP). Por último, se desempeña como Director Técnico de la Unidad de Servicios en Bioenssayos y Diagnósticos Ecotoxicológicos (SERByDE) del Museo de La Plata (FCNyM-UNLP).