

El material natural en la Biología escolar. Consideraciones éticas y didáctica sobre las actividades prácticas de laboratorio

Javier Grilli Silva

Departamento de Biología, Centro Regional de Profesores del Litoral. Salto. Uruguay.
javier.grilli@gmail.com

[Recibido: 3 marzo 2017. Revisado: 8 julio 2017. Aceptado: 12 julio 2017]

Resumen: La enseñanza y el aprendizaje de las ciencias implican necesariamente introducirse en su metodología de trabajo. Las Ciencias Biológicas se caracterizan por utilizar, sobre la base de un marco teórico, la observación y la experimentación con los organismos para la construcción de conocimiento. En la enseñanza de estas ciencias se señalan el valor de una Biología escolar que en sintonía con la ciencia realiza trabajos prácticos de laboratorio (incluyendo observaciones, disecciones y diferentes tipos de experimentaciones con los animales), y la importancia de promover el respeto, la conservación de la vida y el no sufrimiento de los diferentes tipos de organismos que constituyen los ecosistemas. En este trabajo proponemos distintas formas de trabajos prácticos de laboratorio para la enseñanza de la Biología atendiendo al objetivo señalado por las 3 R de Russell y Burch: reducir, reemplazar y refinar la observación y experimentación con animales. Proponemos configurar estas actividades como prácticas generadoras. Mediante una planificación didáctica que incluya un interrogatorio oral o escrito (concebido como guía de la observación del material), el trabajo práctico permitirá traer a luz las concepciones que se tienen, ir conectando conocimientos previos y generando explicaciones que permiten la construcción colectiva de conocimiento científico.

Palabras clave: Prácticas de laboratorio; Prácticas generadoras; Material natural; Biología escolar; Disección animal.

The natural resource in Biology at school. Ethical and didactic considerations on practical laboratory activities

Abstract: The teaching and learning of the sciences necessarily imply knowing its methodology in depth. The biological sciences are characterized by using, on the basis of a theoretical framework, the observation and experimentation with organisms for the construction of knowledge. Teaching these sciences consists of putting the value of a school Biology together with the lab experiments conducted in sciences (including observation, dissections, and different types of experiments with animals) and the importance of promoting values such as respect, life conservation and no suffering of the ecosystem organisms. In this study we propose different ways of laboratory practical tasks to teach Biology framed within Russell and Burch's 3R objective: to reduce, replace and refine observation and experimentation with animals. We propose to set these activities as generative practices. By means a didactic/methodological planning including a written or oral interview (conceived as a guide to the observation of the material), the practicum will shed light to the preconceptions each individual has, their schemata and at the same time it will generate explanations that allow the collective construction of scientific knowledge.

Keywords: Laboratory practices; Generating practices; Natural resource; Biology at school; Animal dissection.

Para citar este artículo: Grilli-Silva J. (2018) El material natural en la Biología escolar. Consideraciones éticas y didáctica sobre las actividades prácticas de laboratorio. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias* 15(1), 1104. doi: 10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2018.v15.i1.1104

Introducción

La enseñanza y el aprendizaje de las ciencias implican necesariamente introducirse en la metodología que las mismas tienen o utilizan para construir conocimientos. Las ciencias naturales se caracterizan por utilizar, sobre la base de un marco teórico, la observación del mundo natural y la experimentación con él, como parte fundamental de su metodología.

Las ciencias biológicas tienen como objeto de estudio los seres vivos. Desde distintos niveles de abordaje (macro y microscópico; celular y molecular; anatómico y fisiológico, ecológico y etológico, etc.), se observa y experimenta con los organismos. Cuando se trata de la enseñanza de las ciencias biológicas en los niveles educativos iniciales (primaria y media), se habla de una Biología escolar; en ella la observación y la experimentación tiene puntos de encuentro con la Biología ciencia, pero también características propias.

Es claro que los trabajos prácticos se han consolidado como una línea de investigación en el campo de la didáctica de las ciencias experimentales (González 1992, Gil *et al.* 2000). Sin perjuicio de la abierta discusión existente sobre los objetivos, enfoques y estilos instruccionales que deben tener los trabajos prácticos de laboratorio en la enseñanza de la Biología (Flores, Caballero y Moreira 2009), en la Biología escolar ellos ocuparon y ocupan una parte fundamental (Hodson 1994, Barberá y Valdés 1996, Gellon *et al.* 2005). Es principalmente en estos trabajos que la Escuela enseña la observación de lo que llamamos material natural (el organismo propiamente dicho o una parte de él), así como la realización de distintas actividades experimentales con el mismo. Transmitir una concepción adecuada acerca de la naturaleza de las ciencias (NDC), incluye la realización de trabajos prácticos de laboratorio (Romo Guardarrama y Hernández Millán 2009, Fernández 2013), actividad que es recurrente en la investigación de las ciencias experimentales.

Autores como Sanmartí, Márquez y García (2002) y Simarro, Couso y Pintó (2013), proponen darle a los trabajos prácticos de laboratorio un enfoque de investigación, promoviéndose así en los estudiantes la construcción de modelos conceptuales relevantes de las ciencias y ofreciéndose una visión más correcta de la actividad científica.

Por otro lado la Biología escolar debe promover el respeto y valoración de los seres vivos que estudia. La mayoría de los programas prescriptos, guías docentes y libros de enseñanza de la Biología para los niveles de primaria y media en los distintos países, señalan la promoción de actitudes de respeto por la vida y por los organismos como uno de sus objetivos principales (Esquivel *et al.* 2002, Vincenzi y Rodríguez 2009, Anzalone 2016). Una buena enseñanza de la Biología es aquella que promueve actitudes positivas hacia los organismos, reconociendo la importancia que tienen para el funcionamiento de los ecosistemas, para la generación de recursos alimenticios, la producción de medicamentos, la belleza del mundo natural, etc.

A la par del desarrollo de una Biología escolar con las características que señalamos, distintos países del mundo han venido aplicando políticas de gobierno en procura de sensibilizar su población en el respeto y cuidado de los seres vivos en general y de los animales en particular. La creación de áreas protegidas y la prohibición de caza y pesca de distintas especies, son acciones que van en esta línea. También la promulgación de leyes y distintas normas apuntando a la tenencia responsable de mascotas y al bienestar animal, ha contribuido a crear actitudes de respeto, cuidado y valoración por los animales. La creación de ONGs protectoras de animales y el eco de sus reclamos y demandas en las redes sociales, ha sido un poderoso sensibilizador de los derechos y el bienestar animal.

También, muchos países han avanzado en la creación de normativas apuntando al bienestar de los animales que se utilizan para la investigación científica y para la educación en el ámbito universitario. Brasil y Uruguay son los dos países de Sudamérica que crearon leyes nacionales vinculadas al manejo de los animales en laboratorios de ciencias de los Centros de investigación y educación. En Uruguay, la ley 18.611 promulgada en el año 2009 creó la CNEA (Comisión Nacional de Experimentación Animal) y estipula una serie de medidas para minimizar el sufrimiento de animales vertebrados que se utilizan con propósitos educativos y de investigación, así como para la reducción de sacrificios animales para estos fines (Silva 2014).

Refiriéndose a la formación de médicos y veterinarios, Knight (2002, p.1) señalaba una lamentable situación:

«la enseñanza de las ciencias de la vida y de la salud, tradicionalmente han implicado el sufrimiento de animales. Numerosos animales han perdido la vida con el objetivo de enseñar habilidades prácticas y para demostrar principios científicos que en muchos casos ya estaban bien demostrados décadas antes.»

En este contexto el autor plantea diferentes alternativas humanitarias para la enseñanza de la Biología, las que sin ocasionar muerte y sufrimiento animal permiten obtener iguales o mejores aprendizajes de la ciencia.

En los niveles educativos básicos el tema está menos planteado. En los libros de texto para la enseñanza de las ciencias naturales suele no estar explícita y claramente mencionado el tema del uso de animales en los laboratorios. En un reciente trabajo Mazas y Fernández (2016) analizaron libros de texto de Biología y Geología de la Educación Secundaria Obligatoria española, con el objetivo de ver cuánto contenido hay en ellos relacionado con el bienestar animal. Se constató que en ninguno de los libros analizados se aborda explícitamente el bienestar animal y que solo en algunas de las actividades se exponen y comentan experiencias con animales y su protección. Se vio que aparecen solo algunas referencias a experimentos realizados con animales y que está ausente la mención de la llamada «3 R»: reducir, remplazar y refinar la observación y la experimentación que se realiza con animales (Russell y Burch 1959).

Por nuestra parte hemos visto en Uruguay que en la práctica docente correspondiente a los niveles educativos de primaria y media, así como en la formación de los educadores para esos niveles, el profesor de Biología enfrenta dilemas en cuanto al uso del material natural para sus clases. Se da principalmente cuando el mismo es o procede de organismos animales. Ocurre una suerte de tensión en la enseñanza de las Ciencias Biológicas: por un lado están las propuestas educativas que señalan el valor de una Biología escolar que en sintonía con la ciencia realiza trabajos prácticos de laboratorio (incluyendo observaciones, disecciones y diferentes tipos de experimentaciones con los animales), y por otro lado se recuerda la importancia de una enseñanza de la ciencia que promueva el respeto, la conservación de la vida y el no sufrimiento de los diferentes tipos de organismos que componen los ecosistemas.

En este trabajo consideraremos la tensión señalada. Señalaremos situaciones o prácticas habituales que se dan en los centros educativos de primaria y media, en contradicción con los objetivos que se tienen para la enseñanza de las ciencias. Propondremos diferentes recursos y formas de trabajo que permiten al profesor de ciencias desarrollar una Biología escolar conforme a las características propias de una ciencia experimental y respetando la vida de aquellos organismos que son su objeto de estudio. Veremos algunas cuestiones didácticas del trabajo práctico de laboratorio para el desarrollo de una Biología escolar ajustada a los tiempos actuales, en consonancia con la NDC, que elimine o reduzca el sacrificio de animales y minimice su sufrimiento.

Propondremos entonces distintos trabajos prácticos de laboratorio atendiendo al objetivo señalado por las «3 R» de Russell y Burch (1959). Desarrollaremos sugerencias y opciones didácticas que permiten reducir el sacrificio y sufrimiento de los animales en estudio, sin que ello implique la enseñanza de una ciencia alejada de su objeto de estudio y de los procedimientos que les son propios en la construcción de sus modelos y teorías.

Salida de campo y trabajos prácticos en el aula

Las salidas de campo o salidas didácticas constituyen una actividad educativa de gran valor e importancia en la enseñanza y el aprendizaje de la Biología y de la Geografía (Godoy y Sánchez 2007, Legarralde *et al.* 2009). En este trabajo abordaremos este tipo de actividad didáctica por el valor que tienen el fotografiado, la filmación de organismos y la colecta de material natural, para la construcción posterior de conocimiento biológico, en trabajos prácticos de aula.



Figura 1. Fotografía de salida de campo a un ecosistema natural. Venado de campo en pradera de Arerunguá, Salto (Uruguay). *Ozotoceros bezoarticus* es una especie que integra la lista roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN). La zona noreste de Salto, alberga una de las poblaciones más numerosas del venado de campo, una sub-especie *O. bezoarticus arerunguensis*. La foto del organismo en su hábitat es un recurso valioso para la construcción de conocimiento biológico en el aula.

La filmación y fotografiado de los organismos in situ, en los ecosistemas de donde forman parte, es una actividad didáctica muy recomendable y representan una forma de reutilizar o remplazar el material natural (figura 1). Permiten el análisis y la construcción de teoría biológica, diferida al espacio del aula o del laboratorio, al tiempo que es un material didáctico que no conlleva ninguna implicancia negativa, sufrimiento o alteración de los organismos, objetos de estudio.

La observación de organismos en reservas naturales o áreas protegidas es otra opción de salida de campo. Aquí también el fotografiado y filmación de los organismos proveen un recurso valioso para posteriores trabajos donde se construirá teoría biológica (figura 2).



Figura 2. Fotografía de salida de campo a un área protegida. Helecho arborescente en Quebrada de los Cuervos, Treinta y tres (Uruguay). La especie fotografiada es *Dicksonia sellowiana*, helecho que crece en la parte baja de la quebrada, en zonas húmedas y sombrías.

La salida de campo puede ser también proveedora de material natural; nos referimos a la colecta de organismos. Al respecto queremos señalar el valor de recoger aquellas partes desechadas o abandonadas por ellos. Tal es el caso de las exuvias, ootecas y crisálidas vacías de artrópodos, nidos viejos de aves, camisa de ofidios, plumas desprendidas, astas volteadas, entre otros (figura 3). Son estos valiosos recursos didácticos que se pueden integrar a la colección biológica de las Escuela; no implican daño alguno ni a los organismos ni a los ecosistemas.

La salida de campo también puede aportar material natural vivo, para su posterior uso en el aula. En determinados casos y temas, la observación de organismos vivos en el laboratorio puede ser una muy buena actividad para la enseñanza y aprendizaje de la Biología. Al igual que



Figura 3. Colecta en salida de campo a una pradera. Exuvias de artrópodos, plumas de aves y asta de venado, son materiales naturales que podemos encontrar en salidas de campo al ecosistema pradera del norte-este de Uruguay. Son partes abandonadas naturalmente por distintos organismos en distinto momento de su ciclo vital; la colecta de las mismas no conlleva impacto alguno en el ecosistema ni mensajes contradictorios al estudiante con relación al respeto por la vida.

las disecciones (sobre las cuales hablaremos más adelante), es necesario tener presente algunas consideraciones didácticas y éticas que permitan un buen aprovechamiento de la observación del material natural. Teniendo como objetivo la construcción colectiva de conocimiento, programar una guía escrita o un interrogatorio didáctico oral sobre lo que se observa, facilitará la tarea. También es importante incluir en todo momento las concepciones previas de los estudiantes, las que median entre lo que observa y las explicaciones que da de lo que observa. En lo que refiere al aspecto ético, es importante el buen traslado y manipulación del animal, evitándole así el sufrimiento. Para especies que no son invasoras y perjudiciales en el ecosistema, es importante considerar el reintegro del ejemplar a su hábitat luego de finalizado la actividad en el aula (figura 4).



Figura 4. Observación de animal vivo en laboratorio. Caracol de jardín, *Helix aspersa*, colocado sobre vidrio. A partir de un interrogatorio didáctico (oral), o una guía de observación escrita del material natural, es posible partir de la observación del organismo vivo en el laboratorio para construir teoría. En el aspecto ético señalamos la buena manipulación del animal vivo durante la observación. Esta especie de caracol es de origen europeo y está catalogada como invasora y plaga en muchos países.

Cadáveres de origen ético para las colecciones biológicas de las Escuelas

Las colecciones biológicas son bancos de datos como lo son las bibliotecas y los centros de documentación (Darrigran 2012). Son fuente primaria de conocimiento y de información sobre la biodiversidad, por lo que se los consideran patrimonio nacional y de interés para la humanidad. Representan un recurso valiosísimo para la enseñanza y el aprendizaje de la Biología, en todos los niveles educativos (Simmons y Muñoz-Saba 2005, Ibeth y Góngora 2009).

Las colecciones biológicas y sus datos asociados constituyen la mayor fuente de información acerca de la geología local y la distribución geográfica de un animal o planta. A partir de ellas se puede establecer la biodiversidad de una región o país, y la evolución de la misma en el tiempo (Alberch 1993).

Simmons y Muñoz-Saba (2005) establecen 3 categorías para los ejemplares de una colección biológica: 1 - Ejemplares en seco, 2 - Ejemplares en líquido y 3 - Documentación.

Los ejemplares en seco incluyen partes duras y resistentes como conchas de moluscos, caparazones de tortugas, huesos, exoesqueletos de artrópodos y dientes de vertebrados, entre otros. Mayormente este tipo de material biológico se consigue en la naturaleza sin necesidad de sacrificar a los animales, pues resultan de la descomposición natural de los cadáveres (figura 5).



Figura 5. Ejemplares en seco. Mandíbula de caballo con su dentición. Material natural de la colección biológica del Centro Regional de Profesores del Litoral, obtenido en una salida de campo y proveniente de la muerte natural del animal.

Integran también el grupo 1, las pieles de mamíferos, aves y reptiles que pueden ser montadas en taxidermia. Se trata de la técnica de disecar animales para conservarlos con apariencia de vivos y facilitar así su exposición, estudio y conservación. Un origen ético para la obtención de material a taxidermizar son los cadáveres en las carreteras (figura 6). Aún con las distintas medidas adoptadas en los países para disminuir las muertes de animales en las carreteras, son muchos los que todos los años perecen en ellas. En España se calcula en varios millones por año (Palacios 2008); en Uruguay no hay una estimación cuantitativa de los accidentes entre automóviles y animales salvajes en las carreteras. Las rutas nacionales del Uruguay atraviesan el principal ecosistema del territorio,



Figura 6. Muerte de animales salvajes en carretera. Zorro de campo, *Lycalopex gymnocercus*, y zorrino, *Conepatus chinga*, en carreteras del norte de Uruguay. Aprovechar los cadáveres en las carreteras como fuente de material natural para las colecciones biológicas de los Centros Educativos, es un uso ético de los mismos.

la pradera, siendo frecuente ver en el asfalto distintos ejemplares de mamíferos, aves y reptiles habitantes de la pradera, que intentaron cruzarla sin éxito. La colecta de estos cadáveres es una fuente ética para la preparación de material taxidérmico de las colecciones de los centros educativos (figura 7).

Otra fuente de organismos para el grupo 1 de las colecciones biológicas, es la caza permitida en los países. En Uruguay existen especies declaradas plagas (jabalí, cotorra y garibaldino), que son de libre caza. El calificativo libre refiere a que se permite su caza todo el año y sin límite de ejemplares (MVOTMA 2016). Algunos animales de caza permitida son especies introducidas al país (alóctonas) que han ocasionado importantes estragos en la agricultura y en los ecosistemas; tal es el caso en Uruguay de la liebre europea (*Lepus europaeus*), sobre la cual se ha montado toda una industria.

El grupo 2, ejemplares en líquido, incluye las preparaciones de animales y plantas enteras, o sus partes, fijados y conservados. Uno de los materiales más comunes en las colecciones biológicas es el del animal que primeramente es fijado en formol y luego conservado en un frasco con alcohol. También aquí, para este tipo de recurso, se pueden aprovechar los cadáveres que se obtienen en las rutas y que pueden ser conservados íntegramente mediante este procedimiento (figura 8). Animales marinos y dulceacuícolas que llegan a las playas muertos o moribundos por distintos factores (contaminación, factores climáticos u ecológicos), son otra fuente ética de material natural, tanto para el grupo 2 como para el grupo 1 de las colecciones biológicas (figuras 9 y 10).



Figura 7. Taxidermia. Comadreja mora, *Didelphis albiventris*, y lagarto overo, *Tupinambis teguixin*, integrados a la colección biológica del Ce.R.P del Litoral, a partir de cadáver recolectado en carretera.



Figura 8. Mamífero formolado a partir de cadáver en carretera. La mulita, *Dasypus hybridus*, es un mamífero excavador, común en la pradera uruguaya. También es común encontrar en las carreteras individuos atropellados que intentaban cruzarla. Se trata de una especie representante de un Orden (Cingulata) y de una Familia de Mamíferos (Dasyopodidae), endémica de América.

Otra fuente de material natural para el grupo 2 de las colecciones biológicas, es la desparasitación en animales domésticos y de consumo. Ejemplares de Plathelminthos,

Nemátodos y Artrópodos se obtienen en el desparasitado de las mascotas y en el carneado de ganado (figura 11).

En todo el proceso de obtención del organismo y su acondicionamiento para integrarlo a la colección existente en la Escuela, el profesor debe aprovechar la situación para la enseñanza de la Biología. Es importante ir disciplinando al aprendiz en la adquisición de hábitos referidos a la buena documentación de los ejemplares que se agregan a la colección existente en el centro educativo. Así, por ejemplo, es importante completar libretas de campo donde se



Figura 9. Crustáceos muerto o moribundo en playas, como fuente de recurso para colecciones biológicas. El cangrejo sirí, *Callinectes sapidus* y el cangrejo araña, *Libinia spinosa*, son dos decápodos de la fauna marina uruguaya. Aquí se muestran ejemplares colectados en desembocadura del arroyo Maldonado (Departamento de Maldonado) y en Cabo Polonio (Departamento de Rocha).



Figura 10. Vertebrados muertos en playas. Pastinaca, *Myliobatis freminivillii* y lobo marino, *Otaria flavescens*, encontrados muertos en playas de Cabo Polonio. La colecta de animales vertebrados muertos que llegan o están en las playas, es otra fuente de recurso para colecciones biológicas. Como animal formolado o como ejemplares en seco (taxidermia o esqueleto), son posibles aprovechamientos de esta fuente de recurso natural.

aclaren lugar y fecha de captura, así como la realización del rotulado y la toma de fotografías al momento de la colecta. Estos procedimientos producen un material que acompaña al material natural de la colección y que los estudiantes de ciencias biológicas deben ir aprendiendo a realizar. En el caso de ejemplares parásitos obtenidos en veterinarias y carneadero, es fundamental el recabado de información con el profesional del lugar sobre órgano parasitado, precauciones a tener con la muestra y otros datos identificatorios del animal. La identificación del ejemplar para su ubicación taxonómica requiere de conocimientos teóricos y prácticos como por ejemplo el manejo de claves dicotómicas, otro procedimiento a ser enseñado.

Una vez integrado a la colección, se tiene un material valioso para la enseñanza de la Biología en los jóvenes. Los animales conservados son un recurso para la identificación de grupos taxonómicos y de especies autóctonas y alóctonas, en actividades de observación orientadas por claves dicotómicas y fichas técnicas. La determinación o identificación de especímenes requiere de la observación de caracteres que permiten ubicarlo en un determinado taxón. Los instrumentos más usados para la identificación son la lupa y elementos para manipular la muestra en la lupa (caja de Petri, agujas de disección y pinza de punta fina). Las claves y fichas técnicas con fotografías y dibujos de los organismos, son importantes recursos para acompañar y orientar la observación del material (Custodio *et al.* 2015) (figura 12).



Figura 11. Helmintos obtenidos en la desparasitación. A la izquierda tenia del perro, *Dipylidium caninum*; derecha, tenia de la vaca, *Moniezia sp.*, expulsados por sus respectivos hospedadores. La desparasitación de mascotas y animales domésticos, es una fuente de ejemplares para elaborar material natural formolado que se integra a las colecciones biológicas de las Escuelas.



Figura 12. Uso de fichas técnicas en clases teórico-práctico. Las fichas técnicas son un muy buen recurso para instrumentar actividades educativas que apunten a la sistemática y la identificación de especies. Estudiantes de la carrera de profesorado de Biología, trabajando en diferentes equipos identifican especies de ejemplares que fueron integrados a la colección biológica del Ce.R.P del Litoral.

La práctica de disección animal

La disección es la división en partes de una planta, un animal o un ser humano muerto para examinarlos y estudiar sus órganos. El desarrollo de la Biología en general y de la anatomía humana en particular, se dio de la mano con la práctica de disección y la ilustración científica que acompañó a la misma (Grilli *et al.* 2015). La Morfología, rama de la Biología que estudia la

imagen, formación y transformación del cuerpo orgánico (Opitz 2004), utiliza recurrentemente la práctica de la disección para definir la estructura (organización compleja del ser vivo en distintos sistemas interrelacionados) y la figura (contorno espacial de las partes constituyentes del individuo completo). En la formación del profesional médico las disecciones que se practican sobre cadáveres es una práctica tradicional que aún hoy, con el aporte de las nuevas tecnologías, sigue siendo valorado muy positivamente por estudiantes y profesores (Babinski *et al.* 2003, Inzunza *et al.* 2003).

No obstante el valor que la disección tiene en la ciencia, en el campo de la educación correspondiente a los niveles de primaria y media, su realización puede y debe reducirse. Cada año se sacrifican cientos de animales para la enseñanza de la Biología, yéndose así en contra de los principios de conservación y respeto por los organismos. A manera de ejemplo: en Uruguay el Programa Oficial de Biología correspondiente a 5° año de orientación biológica (equivalente a 2° año de educación media superior), sugería la realización de varias disecciones para el estudio de distintos grupos taxonómicos animales; se creó así una tradición de prácticos de disección que aún hoy se continúa a pesar de que el programa reformulado en 2006 reduce las mismas a tres (CES 2006). Como consecuencia de esta práctica cada grupo-clase del Liceo (nombre que se da a la Escuela de educación media en Uruguay), reitera varias veces la misma disección en cada uno de los subgrupos de práctico que se establecen por el centro educativo. El número total de animales sacrificados y la cantidad de material natural que se desecha cada semana en cada Liceo del país, es muy alto.

Reducir las prácticas de disección que se hacen mediante una buena calendarización de las mismas en los distintos grupos y subgrupos, rotando a lo largo de año los estudiantes que la han de realizar, es una medida sencilla y efectiva. Acompañar la actividad práctica con la filmación y fotografiado permite la visualización del material natural en aquellos otros grupos de estudiantes que en la ocasión no les tocó realizar la misma.

Otra cuestión no menor es la fuente y el tipo de organismo que se utilizan para efectuar la disección. Aquí también es válido lo mencionado para las colecciones biológicas: utilizar primeramente aquellos especímenes muertos por causas naturales o causas que son ajenas e independientes a nuestra labor (factores climáticos, animales muertos en carreteras, etc.) (figura 13). También, utilizar para la disección organismos considerados plagas (por ejemplo cucaracha, saltamontes y ratas), que se obtienen muertos por el control que se hace de sus poblaciones, es una opción ética.



Figura 13. Disección de vertebrado muerto por causas naturales. En marzo de 2015 aparecieron miles de peces lacha, *Brevoortia aurea*, muertos en playas uruguayas y argentinas del Río de la Plata, aparentemente por anoxia ocasionada por agrupamiento masivo de individuos en aguas someras. Conservar ejemplares en refrigerador, obtenidos por esta vía, para su posterior uso en disecciones, es una opción ética. El uso de guantes y tapabocas para la disección de animales encontrados muertos por causas que no conocemos, es muy importante. La foto de disección corresponde a una especie de bagre, muerto en las orillas del río Uruguay, Departamento de Salto.



Figura 14. Vermicompostera en Centro Educativo. La cría de lombrices en Centros educativos permite reciclar residuos orgánicos que se producen en la propia Escuela, al tiempo que genera productos útiles para las plantas (lixiviado y vermicompost) y ejemplares para actividades prácticas de disección. La vermicompostera se construyó con materiales de reciclaje (tapers de helados) y la alimentación de las lombrices se hace con los restos de té, café y yerba mate, que consumen profesores y alumnos en el Centro.

Otra fuente de recurso para las disecciones puede ser generada por el propio centro educativo, por medio de la cría de organismos recicladores de materia orgánica. Una experiencia en este sentido desarrollamos en formación docente: en el Ce.R.P del Litoral, en el marco de la asignatura Zoología I (correspondiente al profesorado de Biología en Uruguay), hemos instalado un lombricario ubicado en el propio laboratorio del instituto. Se trata de una vermicompostera familiar, armada con recipientes plásticos reciclados, donde se crían lombrices utilizando los desechos orgánicos generados en el propio centro: sobrecitos de té, restos de café y yerba mate (figura 14). Además de la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*), en determinados meses del año se utilizan los recipientes de la vermicompostera para la cría de la especie autóctona, *Lumbricus terrestris*, sacrificándose luego algunos pocos ejemplares para realizar la única disección que se efectúa en el curso de la asignatura Zoología I (figura 15).

Si el animal para disección es sacrificado en la propia Escuela, es importante que se considere el método o procedimiento que se utiliza. Se debe realizar un sacrificio humanitario, es decir uno que ocasione el mínimo de sufrimiento físico y mental, procedimiento que dependerá de la especie animal que se utiliza (Close *et al.* 1997).

Un cuarto tipo de fuente de material natural para las disecciones, son los cortes de carnicería y los órganos que se desechan en la faena de ganado (figura 16). Es frecuente que para el estudio de los diferentes sistemas de órganos constitutivos del cuerpo humano, se realice una disección con material proveniente de la faena de ganado. Proponemos reducir a una o dos las disecciones reales que se hacen en el año, sustituyendo las demás por recursos de la realidad virtual como los modelos anatómicos 3 D. También es importante fijar en formol y conservar en alcohol los órganos disecados; se genera así otra fuente de recurso natural para la colección biológica de la Escuela y su re-utilización en los distintos grupos-clase permite reducir el número de disecciones que se hacen por año.



Figura 15. Disección de lombriz de tierra. Estudiantes de la carrera de profesorado de Biología en el Ce.R.P del Litoral, en el marco del cursado de la asignatura Zoología I, realizan la única disección programada para el curso. La identificación de órganos y la construcción de conocimientos anatómicos y fisiológicos, se va realizando con y a partir de la disección realizada.

Con respecto al enfoque que se viene dando a las actividades prácticas de laboratorio, incluyendo las disecciones, hay que decir que suele ser uno no deseado. Una reciente investigación realizada por Crisafulli y Villalba (2013), que es coincidente con otros trabajos precedentes (Caamaño 1992, Hodson 1994, Álvarez y Carlino 2004), señala que las tareas realizadas en los laboratorios de ciencias de las escuelas de educación media están enmarcadas en una concepción tradicional de la enseñanza de las ciencias. Tanto alumnos como docentes creen que los trabajos prácticos cumplen la función de ilustración y verificación de algún tópico de ciencias que está contemplado en el currículo vigente. Las prácticas de laboratorio se enfocan como una actividad para transmitir conocimientos, aplicar unos procedimientos en forma de receta de cocina, o corroborar con ellas un cuerpo teórico que ha sido previamente enseñado.

Bajo una concepción constructivista de la enseñanza y del aprendizaje, se debe buscar construir el conocimiento a partir de la interacción de nuestras ideas con las de los demás y con la experiencia de laboratorio que se desarrolla, teniendo presente en todo momento el filtro que representa en la interpretación, las concepciones que se tienen (Caamaño 1992).

Como plantean Séré (2002) y Flores *et al.* (2009), el conocimiento teórico conceptual debe estar presente en todo el trabajo práctico sirviendo para interpretar lo que se observa, orientando un trabajo abierto que conduzca a ampliar y construir nueva teoría interpretativa de la realidad natural que se investiga. Solo así se verá la teoría al servicio de la práctica y no los procedimientos y destrezas del trabajo práctico como un pretexto para enseñar conocimiento teórico.

Disecciones de órganos como rodilla y corazón que se plantean en el marco del estudio de los sistemas a los que pertenecen, en lugar del clásico teórico que antecede la actividad práctica con el material natural (reduciendo esta última a una actividad que corrobora la teoría antes enseñada), proponemos un teórico-práctico que permita la construcción teórica. Como una «práctica generadora» (Cafferata 2012), la observación del material natural bien conducida por el profesor permitirá la deducción de conceptos que harán posible la construcción del conocimiento disciplinar. Bajo este enfoque la actividad práctica de disección tendrá como

objetivo la reconstrucción de conocimiento mediante una intensa interacción docente-alumnos-material. Con una guía de observación que oriente la misma incorporando los conocimientos previos adquiridos (por ejemplo asociando color, textura, consistencia, con el tipo de tejido), la actividad práctica de disección permitirá reconocer los tejidos y las partes anatómicas existentes, aportando así insumos para la posterior construcción teórica conceptual del órgano y del sistema en estudio (figura 16 y cuadro 1).



Figura 16. Disección de órgano procedente de carnicería. Estudiantes de profesorado que realizan su práctica docente en la enseñanza media, desarrollan una clase teórico-práctico con adolescentes de 12 y 13 años en el Centro de Práctica. La disección propiamente dicha es básicamente realizada por el docente; a medida que se va seccionando el órgano el profesor guía a los estudiantes en la observación y en el registro de las distintas características anatómica que se van presentando. Una construcción de conocimientos más acabado, integrando y articulando todo lo que se fue observando, se realiza inmediatamente después, utilizándose para ello el registro escrito y fotográfico que fuera realizado por los propios alumnos durante el transcurso de la disección.

Laboratorios virtuales y disecciones virtuales

La virtualidad para las actividades prácticas de laboratorio es una opción muy válida para la enseñanza de las ciencias; permite reducir las disecciones reales y a través de una buena planificación de la actividad se pueden obtener buenos aprendizajes.

Decía Hodson (1994, p. 305) haciendo un análisis crítico del tema:

«el trabajo práctico no siempre necesita incluir actividades que se desarrollen en el banco de laboratorio. Existen otras alternativas válidas como las actividades interactivas basadas en el uso del ordenador, (...) hacer modelos, carteles y álbumes de recortes, investigar en la biblioteca, hacer fotografías y vídeos».

Veamos algunas opciones de trabajos prácticos que el ordenador y la web nos permiten realizar en los tiempos actuales. Las simulaciones y la realidad virtual son las herramientas que se utilizan habitualmente en los laboratorios virtuales para reproducir los fenómenos reales en los que se basa la actividad. Las simulaciones constituyen excelentes herramientas para reproducir fenómenos naturales y mejorar su comprensión. Son imitaciones digitales de prácticas de laboratorio o de campo reducidas a la pantalla del ordenador. Resultan de gran interés para abordar procesos biológicos en los que la experimentación se ve restringida por razones éticas, de seguridad, tiempo o disponibilidad de material.

Las prácticas virtuales pueden ser interactivas cuando hay interacción con la aplicación o programa; son demostrativas cuando se muestran imágenes o vídeos del procedimiento. Un ejemplo de práctica virtual interactiva es la disección de rana, disponible en varios sitios web

Cuadro 1.- Guía de observación para la disección de corazón ovino.

Posible secuencia de preguntas orales y de situaciones a plantear durante el transcurso de la actividad práctica de laboratorio.

- Con base en el material que están observando, ¿en cuánto estiman el peso total del órgano?; ¿es posible definirlo con exactitud?; ¿qué necesitamos para poder hacerlo ahora? (Se realiza el pesaje del órgano en una balanza).
- ¿A qué cuerpo geométrico se asemeja el órgano si yo lo coloco sobre la bandeja de disección de esta forma...? (Se coloca el corazón con la base hacia abajo).
- ¿En cuánto estiman el volumen total del órgano? Luego de la disección veremos cómo podemos calcularlo.
- Externamente, ¿ven un órgano rugoso o liso, opaco o brillante? Acá sacamos la membrana que le da estas características...vean cuan gruesa es y dónde se ubica. (Se desprende un sector del epicardio visceral).
- ¿Qué colores vemos externamente? El marrón rojizo del órgano, ¿a qué tejido corresponde?; el blanco amarillento, ¿qué tejido es...?
- ¿Qué son estos tubos que llegan o salen del órgano...? ¿Alguien sabe los nombres de cada una de las arterias y venas del corazón? (Se van mostrando los grandes vasos, conforme a las respuestas que aportan los alumnos).
- Y este vaso sanguíneo que vemos aquí, de menor calibre, transcurriendo externamente por el órgano... ¿alguien sabe qué es y cómo se llama? (Se señala e individualizan los vasos coronarios).
- Realizado la sección con bisturí que acabamos de hacer, ¿ven un órgano macizo o hueco...? (Se hacen cortes en la pared del corazón siguiendo los surcos coronarios).
- ¿Alguien sabe cómo se llaman las cavidades del corazón y cuál es cuál acá en el órgano cortado?
- ¿Son las cavidades que están observando del mismo tamaño? ¿Dónde se ubican estas dos y dónde estas otras dos? (Se identifican las aurículas y ventrículos).
- Miremos la pared de cada cavidad... ¿de qué color es y a qué tejido dijimos que corresponde el mismo...?
- Entonces, ¿es el tejido muscular de las aurículas de igual espesor que el de los ventrículos...? ¿es el tejido muscular del ventrículo izquierdo del mismo grosor que el del derecho...?
- El interior de las cavidades, ¿es liso o rugoso? Acá desprendimos la membrana que reviste el interior hueco del órgano, ¿a cuál les parece similar...? (Se desprende un sector de endocardio).
- Acá en la unión de aurícula con ventrículo, qué vemos..., y acá en la aorta y pulmonar... ¿alguien sabe cómo se llaman estas estructuras? (Se identifican las 4 válvulas del corazón)
- En las casas nuestras, ¿qué válvulas conocen o han sentido nombrar? ¿qué hace una válvula? ¿cuáles son los dos estados en que las mismas se pueden encontrar...? Y en el caso del corazón, ¿cuál será la función de las mismas...? Si yo a esta válvula la coloco así, ¿estará cerrada o abierta? (Se disponen las valvas cerrando el orificio entre aurícula y ventrículo).

(Anexo 1). El práctico que tradicionalmente se realiza en los centros educativos de media con el animal real, es fácilmente reemplazable por uno virtual. Recordemos que los anfibios son un grupo animal que viene sufriendo a nivel mundial un declive en sus poblaciones; desde el año 1980 se está registrando un dramático descenso en las poblaciones de anfibios en todo el mundo, incluyendo extinciones masivas localizadas (Alford y Richards 1999). Continuar realizando disecciones reales con estos animales implica transmitir a los jóvenes mensajes contradictorios sobre la conservación e importancia de los anfibios en los ecosistemas.

Como en las disecciones reales, en las virtuales el docente debe organizar las mismas de tal forma que los estudiantes desarrollen diferentes procesos cognitivos como reconocer, caracterizar, diferenciar, establecer relaciones estructura-función, inferir, explicar, fundamentar, en un contexto científico. La manipulación, observación e interpretación del modelo representativo de la realidad debe impulsar en los estudiantes una cambiante comprensión en la práctica, mejorando así su aprendizaje (Chaiklin y Lave 2001).

Otro tipo de simulación es la realidad virtual del cuerpo humano en 3D. Además de softwares muy completos y precisos de la anatomía y fisiología humana pensados para su uso en medicina (como la Tablet Anatomage), existen plataformas de uso gratuito muy útiles para los niveles educativos básicos (Anexo 1). Con este tipo de recurso se pueden organizar actividades que permiten construir conocimiento biológico con base en la observación de modelos

virtuales representativos de la realidad, evitándose así la reiteración de prácticos de laboratorio con material natural.

Coincidimos con López y Morcillo (2007) que las simulaciones no son un sustituto de la observación y la experimentación de fenómenos reales en el laboratorio, pero sí son una opción educativa complementaria o alternativa. Son recursos muy motivantes para los jóvenes que facilitan el aprendizaje de las ciencias y en biología permiten reducir el sacrificio de animales para fines educativos. Con su uso se es más coherente con los principios de conservación y respeto por los organismos que la enseñanza de la Biología pregona.

Bioterios en los laboratorios de las Escuelas

Los bioterios son los lugares del laboratorio donde se alojan animales con una calidad genética y microbiológica definida para que se realice la cría, mantenimiento y experimentación. Existen acuerdos y orientaciones sobre las condiciones que deben reunir los bioterios, conforme al tipo de animal que se tiene en ellos (Hawkins *et al.* 2011). La tercera «R» de Russell y Burch (1959), el refinamiento, supone el mejoramiento constante de las técnicas de manejo para reducir el sufrimiento y aumentar el bienestar de los animales que se tienen en cautiverio y se utilizan con fines científicos.

En los centros educativos de nivel primario y medio, los dos tipos de bioterios más frecuentes son la pecera y el terrario. Se trata de contenedores, generalmente de vidrio, que albergan comunidades biológicas; las especies animal y vegetal que se tienen en ellos varían según diferentes intereses, circunstancias y proyectos educativos que el centro educativo tiene. También es frecuente en los laboratorios de biología, la presencia de masetas con distintos tipos de plantas; además de la función decorativa este componente en las Escuelas sirve muchas veces como recurso didáctico.

Tanto peceras como terrarios conllevan una correcta instalación y cuidados posteriores que aseguren el mantenimiento del ecosistema, minimizándose así el sufrimiento de los animales y la muerte provocada. Existe abundante literatura en forma de manuales, guías y sugerencias que orientan sobre las condiciones materiales, de ventilación, humedad, temperatura y alimentación, que deben tener estos bioterios (Anexo 2). Por otra parte y dependiendo de la situación administrativa y funcional existente en los diferentes centros educativos, la instalación y el cuidado de los bioterios se realizan por personal docente y/o no docente. Son estas personas las que deben asegurar el real cumplimiento de los cuidados y de las condiciones que se establecen para las peceras y terrarios.

Es frecuente ver en los laboratorios de biología de las Escuelas, escasos cuidados de los bioterios existentes, lo cual redundará en muerte de ejemplares y en distintas manifestaciones de sufrimiento en los organismos. Así por ejemplo hemos visto reiteradamente plantas que no reciben agua por prolongados períodos, acumulación de desechos en peceras y muerte de peces, infecciones e hipotermia de animales en terrarios. Evidentemente el estudiante de ciencias (niño o adolescente), recibe mensajes contradictorios acerca de la Biología: en el discurso se promueve respeto por la vida en sus diferentes formas pero en los centros educativos se dan situaciones de abandono y descuido de los organismos que ahí se tienen.

Reflexiones finales

Enseñar las Ciencias Biológicas sin un acercamiento real a su objeto de estudio, es impensable. Tener los organismos en el aula o en el laboratorio de la Escuela, como recurso didáctico, es posible de muchas y variadas maneras. Estas incluyen su presencia real así como su presencia

virtual en distintas formas. Dentro de las primeras están los diferentes tipos de conservación de organismos enteros o partes de ellos, así como la de los organismos vivos en bioterios o traídos ocasionalmente al aula. La presencia virtual de los organismos en las actividades de aula incluye las representaciones de los mismos en fotografías, videos, maquetas y simulaciones.

Cuando el recurso didáctico es el organismo propiamente dicho (el material natural), es importante evitar mensajes contradictorios entre el discurso teórico explícito y las acciones pedagógicas que en los hechos se dan. En el discurso teórico de la enseñanza de la Biología se promueve el respeto a la vida en sus diferentes manifestaciones, en sus diferentes organismos; en su enseñanza se muestran muchas veces al alumno prácticas de laboratorio contradictorias con el discurso.

A veces se sacrifican animales de manera indiscriminada e innecesaria, con la excusa de tener que hacerlo para poder enseñar adecuadamente la ciencia. Reducir el sacrificio y sufrimiento animal es posible. Reutilizar el material natural a través de su conservación, fotografiado o filmación, y refinar las técnicas vinculadas con el uso los animales para la enseñanza de la Biología, es fundamental que se haga en los niveles educativos de primaria y media.

El trabajo práctico con material natural debe permitir el desarrollo en el alumno de habilidades manipulativas, cognitivas de observación y de interpretación de datos. Con esto el interés por la ciencia y la sensación de realidad de la teoría biológica, se ven incrementados (Johnstone y Al-Shuaili 2001). ¿Cómo encaminarnos hacia este objetivo? Una opción es configurar la actividad como una práctica generadora. En ella es fundamental incluir en la planificación didáctica un interrogatorio oral o escrito concebido como guía de la observación del material; este debe permitir traer a luz las concepciones que se tienen, ir conectando conocimientos previos y generando explicaciones parciales de lo que se observa. A partir de una actividad práctica con estas características se tiene las bases para una construcción colectiva del conocimiento similar al que se produce en el ámbito científico.

Agradecimientos

A mis estudiantes de Zoología I y de Didáctica III, de las generaciones 2012, 2013 y 2014.

Referencias

- Alberch P. (1993) Museums, collections and biodiversity inventories. *Trends in Ecology and Evolution* 8 (3), 372-375.
- Alford R., Richards A. (1999) Global Amphibian Declines: A problem in applied ecology. *Annual Review of Ecology and Systematics* 30, 133-165.
- Álvarez S., Carlino P. (2004) La distancia que separa las concepciones didácticas de lo que se hace en clase: el caso de los trabajos de laboratorio en Biología. *Enseñanza de las Ciencias* 22 (2), 251-262.
- Anzalone A. (2016) *La Naturaleza 1er año*. Montevideo. Editorial Ciencias Biológicas.
- Babinski M. A., Sgrott E. A., Luz H. P., Brasil F. B., Chagas M. A., Abidu-Figueiredo M. (2003) La relación de los estudiantes con el cadáver en el estudio práctico de la anatomía: La reacción e influencia en el aprendizaje. *International Journal of Morphology* 21 (2), 137-142.
- Barberá O., Valdés P. (1996) El Trabajo Práctico en la enseñanza de las Ciencias: Una revisión. *Enseñanza de las Ciencias* 14 (3), 365-379.

- Caamaño A. (1992) Los trabajos prácticos en ciencias experimentales. *Aula de Innovación Educativa* 9, 61-68.
- Cafferata M. (2012) *Prácticas generadoras. Propuestas didácticas para abordar la reconstrucción de conocimiento en el laboratorio de Biología*. III Jornadas de Enseñanza e Investigación Educativa en el campo de las Ciencias Exactas y Naturales, pp.81-93. Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación. Universidad Nacional de La Plata (2012).
- CES (2006) *Programa de Biología 2do. año - Bachillerato Diversificación Biológica. Reformulación 2006*. Consejo de Educación Secundaria. Uruguay.
- Close B., Banister K., Baumans V., Bernoth E.-M., Bromage N., Bunyan J., Erhardt W., Flecknell P., Gregory N., Hackbarth H., Morton D. Warwick C. (1997) *Recomendaciones para la Eutanasia de los Animales de Experimentación: Parte 2*.
- Custodio H., Molina M., Otero P., Legarralde T., Vilches A., Darrigran G. (2015) *Fichas malacológicas, valoración y uso por parte de los docentes lectores del boletín biológica, revista on line de divulgación de las ciencias biológicas y su enseñanza*. IV Jornadas de Enseñanza e Investigación Educativa en el campo de las Ciencias Exactas y Naturales (La Plata, 28-30 de octubre de 2015).
- Chaiklin S., Lave J. (comps.) (2001) *Estudiar las prácticas: perspectivas sobre actividad y contexto*. Buenos Aires. Amorrortu.
- Crisafulli F., Villalba H. (2013) Laboratorios para la enseñanza de las ciencias naturales en la educación media general. *EDUCERE - Artículos arbitrados* 58, 475-485.
- Darrigran G. (2012) Las colecciones biológicas: ¿para qué? *Boletín Biológica* 23, 28-31.
- Esquivel M., Delger M., Funes M. (2002) *La vida: un compromiso de todos. Biología 3er año*. Montevideo. Monteverde.
- Fernández, N. (2013) Los Trabajos Prácticos de Laboratorio por investigación en la enseñanza de la Biología. *Revista de Educación en Biología* 16 (2), 15-30.
- Flores J., Caballero M., Moreira M. (2009) El laboratorio en la enseñanza de las ciencias: Una visión integral en este complejo ambiente de aprendizaje. *Revista de Investigación* 33 (68), 75-111.
- Gellon G., Rosenvasser Feher E., Furman M., Golombek D. (2005) *La ciencia en el aula. Lo que nos dice la ciencia sobre cómo enseñarla*. Buenos Aires. Paidós.
- Gil D., Carrascosa J., Martínez F. (2000) Una disciplina emergente y un campo específico de investigación. En J. Perales y P. Cañal (coords.) *Didáctica de las Ciencias Experimentales*. Alcoy. Editorial Marfil.
- Godoy I., Sánchez A. (2007) El trabajo de campo en la enseñanza de la Geografía. *Sapiens. Revista Universitaria de Investigación* 2, 137-146.
- González E. (1992) ¿Qué hay que renovar en los Trabajos Prácticos? *Enseñanza de las Ciencias* 10 (2), 206-211.
- Grilli J., Laxague M., Barboza L. (2015) Dibujo, fotografía y Biología. Construir ciencia con y a partir de la imagen. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias* 12 (1), 91-108.
- Hawkins P., Morton D., Burman O., Dennison N., Honess P., Jennings M., Lane S., Middleton V., Roughan J., Wells S., Westwood K. (2011) Guía para definir e implementar

- protocolos para la evaluación del bienestar de los animales de laboratorio: décimo primer informe del Grupo de Trabajo sobre Refinamiento. *Laboratory Animals* 45, 1-13.
- Hodson D. (1994) Hacia un enfoque más crítico del trabajo de laboratorio. *Enseñanza de las Ciencias* 12 (3), 299-313.
- Ibeth D., Góngora F. (2009) Colecciones Biológicas: Estrategias didácticas en la enseñanza-aprendizaje de la Biología. *Biografía: Escritos sobre la Biología y su Enseñanza* 2 (2), 148-157.
- Inzunza O., D'Acuña E., Bravo H. (2003) Evaluación práctica de anatomía, rendimiento de los alumnos de primer año de medicina ante distintas formas de preguntar. *International Journal of Morphology* 21 (2), 131-136.
- Johnstone A. H., Al-Shuaili A. (2001) Learning in the laboratory; some thoughts from the literature. *University Chemistry Education* 5, 42-51.
- Knight A. (2002) Alternatives to harmful animal use in tertiary education. *Alternatives to Laboratory Animals* 27, 967-974.
- Legarralde T., Vilches, A., Darrigran G. (2009) [El trabajo de campo en la formación de los profesores de Biología: Una estrategia didáctica para mejorar la práctica docente](#). pp. 165-170 en II Jornadas de Enseñanza e Investigación Educativa en el campo de las Ciencias Exactas y Naturales (28-30 de octubre de 2009). Departamento de Ciencias Exactas y Naturales. FaHCE (UNLP).
- López M., Morcillo J. (2007) Las TIC en la enseñanza de la Biología en la educación secundaria: los laboratorios virtuales. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias* 6 (3), 562-576.
- Mazas B., Fernández R. (2016) El concepto de bienestar animal en el currículo de Secundaria y en los libros de texto de ciencias. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias* 13 (2), 301-314.
- MVOTMA (2016) [Permisos de tenencia y de caza deportiva](#). Ministerio de Vivienda, Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente. Uruguay.
- Opitz J. M. (2004) Goethe's Bone and the Beginnings of Morphology. *American Journal of Medical Genetics* 126A, 1-8.
- Palacios C.-J. (2008) [10 millones de animales mueren atropellados en nuestras carreteras](#). 20 minutos.
- Romo Guardarrama G., Hernández Millán G. (2009) [El uso de trabajos prácticos por indagación como estrategia para acercar a los alumnos del bachillerato al conocimiento de la naturaleza de la ciencia](#). pp. 1-11 en X Congreso Nacional de Investigación Educativa (2009).
- Russell W., Burch R. (1959) *The principles of Humane Experimental Technique*. London. Methuen.
- Sanmartí N., Márquez C., García Rovira P. (2002) Los trabajos prácticos, punto de partida para aprender ciencias. *Aula de Innovación Educativa* 113.
- Séré M. G. (2002) La enseñanza en el laboratorio. ¿Qué podemos aprender en términos de conocimiento práctico y de actitudes hacia la ciencia? *Enseñanza de las Ciencias* 20 (3), 357-368.
- Simarro C., Couso D., Pintó R. (2013) Indagació basada en la modelització: un marc per al treball pràctic. *Ciències* 25, 35-43.

- Simmons J., Muñoz-Saba Y. (2005) *Cuidado, manejo y conservación de las colecciones biológicas*. Bogotá. John E. Simmons y Yaneth Muñoz-Saba (eds.)
- Silva A. (2014) *Comisión Nacional de experimentación animal. Informe – pautas – perspectivas / 2010-2014*. Montevideo. CNEA.
- Vincenzi D., Rodríguez O. (2009) *Educación para el respeto a los seres vivos*. San José, Costa Rica. Coordinación Educativa y Cultural Centroamericana, CECC/SICA.

Anexos

Anexo 1 – Portales para realizar actividades prácticas de Biología en contextos virtuales, para el nivel educativo medio

- Laboratorio virtual de insectos. <http://web.bioucm.es/cont/vespa/>
- Diseción de rana. <http://agm.cat/upua/UPUA0304/dissecciogranotes/frog.html>
- Virtual frog diseción http://www.mhhe.com/biosci/genbio/virtual_labs/BL_16/BL_16.html
- Prácticas de zoología http://www.ehu.es/invertebrados/practicas_primer0/Practica_de_Zoologia.htm
- The biodigital human. <https://www.biodigital.com/>
- Atlas de anatomía humana. http://anatomyzone.com/3d_atlas/

Anexo 2 – Páginas web con pautas y sugerencias para la instalación y el cuidado de peceras y terrarios

- Acuario de agua dulce. Cuidados básicos. <http://acuariored.com/category/acuario-agua-dulce/cuidados-basicos>
- 7 razones por las que mueren los peces de nuestra pecera o acuario. <http://www.consejosdelimpieza.com/2010/09/7-razones-por-las-que-mueren-los-peces.html>
- Cómo limpiar una pecera. <http://es.wikihow.com/limpiar-una-pecera>
- Cuidado de las plantas en un terrario. <http://plantas.ddinnova.net/?p=3026>
- Terrariofilia: la recreación de hábitats para anfibios y reptiles. <https://reptiles.paradais-sphinx.com/terrarios/terrariofilia.htm>
- Principales problemas y patologías que presentan los terrarios. <http://www.paratumascota.net/principales-problemas-y-patologias-que-presentan-los-terrarios/>