



Revista Eureka sobre Enseñanza y
Divulgación de las Ciencias

E-ISSN: 1697-011X

revista@apac-eureka.org

Asociación de Profesores Amigos de la
Ciencia: EUREKA
España

Grilli, Javier; Laxague, Mirtha; Barboza, Lourdes
Dibujo, fotografía y Biología. Construir ciencia con y a partir de la imagen
Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias, vol. 12, núm. 1, enero-abril, 2015, pp.
91-108
Asociación de Profesores Amigos de la Ciencia: EUREKA
Cádiz, España

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=92032970005>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

redalyc.org

Sistema de Información Científica
Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

Dibujo, fotografía y Biología. Construir ciencia con y a partir de la imagen

Javier Grilli¹, Mirtha Laxague¹, Lourdes Barboza²

¹ Departamento de Biología del Ce. R. P. del Litoral, C/. Florencio Sánchez esquina Cervantes. Salto. Uruguay. javier.grilli@gmail.com, laxaguemirtha@gmail.com

² Liceo N° 1 IPOLL, C/. Artigas y Dr. Carlos Bortagaray. Salto. Uruguay. lourdesbarboza1@gmail.com

[Recibido en noviembre de 2013, aceptado en mayo de 2014]

El ser humano ha tenido desde tiempos inmemoriales la necesidad de organizar y describir su mundo y la representación gráfica ha sido una de las primeras formas para hacerlo como lo muestran las pinturas rupestres. La ilustración científica acompañó la verbalidad en todo el proceso de surgimiento y desarrollo de las Ciencias Naturales. En los grandes hitos de la historia de las Ciencias Biológicas encontramos producciones gráficas que fueron claves para explicar las construcciones científicas que se fueron dando. Aunque el dibujo en ciencias también es arte, se diferencia del dibujo artístico en la siempre necesaria correspondencia que debe tener con el mundo natural que pretende explicar o describir. Como dibujo de tipo realista que es, su grado de iconicidad es alto. En las publicaciones científicas actuales dibujo y fotografía se complementan, no se excluyen. Las nuevas tecnologías y el soporte digital potencian y amplían las posibilidades de la ilustración científica clásica y fotográfica. La enseñanza y aprendizaje de las Ciencias Naturales en el nivel educativo medio debe implicar necesariamente la utilización de la ilustración científica. Se aprende ciencias hablando y escribiendo en ella, así como observando y realizando dibujos. La fotografía en actividades prácticas de laboratorio, realizadas por los propios estudiantes y con elementos tecnológicos de uso cotidiano (por ejemplo los celulares), es una opción didáctica muy recomendable para la enseñanza de las ciencias.

Palabras clave: Ilustración científica; Fotografía científica; Dibujo científico; Actividades de laboratorio; TIC.

Drawing, photography and Biology. Building up science with and from the image

From immemorial times the human being has had the need to organize and describe his world and so the graphic representations have been one of the best ways to achieve that end as shown by rock paintings. The scientific illustration has gone together with the process of birth and development of the Natural Sciences. Among the most significant milestones of the history of the Biological Sciences it is possible to find graphic productions that have been vital to explain the scientific constructions that have been developing. Despite the fact that the drawing in the field of the science is also a form of art, it is differentiated from the artistic drawing considering the simple but necessary correspondence that there should be with the natural world that intends to explain and describe. In the current scientific publications drawing and picture complement each other, they are not mutually exclusive. The new technologies and digital support strengthen and widen the possibilities of the classical scientific illustration and photography. The teaching and learning of the Natural Science at intermediate levels, should necessarily demand the use of scientific illustration. Science is learnt by reading and writing within it, as well as observing and drawing. The photography in practical laboratory activities, carried out by the students themselves and with the use of technological elements of everyday use (for example, cell phones), is a highly advisable pedagogical tool to teach science.

Keywords: Scientific illustration; Scientific photography; Drawing; Laboratory activities; ICT.

Introducción

Decía Ramón y Cajal (1899-1904) que «El buen dibujo, como la buena preparación microscópica, son pedazos de la realidad, documentos científicos que conservan indefinidamente su valor y cuya revisión será siempre provechosa, cualesquiera que sean las interpretaciones a que hayan dado origen».

La evolución de la comunicación humana se ha manifestado en sucesivas y variadas formas: oral, escrita, impresa, radiofónica, televisiva, y hoy día en todas aquellas formas que involucran

las TIC. De forma paralela y en interacción con todas ellas, se encuentra la presencia constante de la imagen que acompaña, complementa y a veces sustituye, la verbalidad.

Seguramente antes de la palabra conjugable existió el dibujo. Fue a través de él que se expresaron afectos y situaciones que no podían manifestarse por la palabra. Los petrogramas (pinturas rupestres) y los petroglifos (tallas rupestres) son el inicio a la pictografía, término que hace referencia a las primeras etapas en el desarrollo de la escritura (Senner 1992)

Además de este entronque con el surgimiento del lenguaje escrito, la importancia de la representación gráfica en el desarrollo de la sociedad humana es de tal magnitud que nuestro mundo actual ha sido definido por Gubern (1996) y otros teóricos de lo visual, como iconosfera: gigantesco mundo de las imágenes que inunda toda manifestación humana y a través del cual se constituye diariamente la idea de realidad.

La representación gráfica ha sido fundamental en el desarrollo de las Ciencias Naturales. Existen trabajos que describen este hecho al tiempo que caracterizan la ilustración científica y otras formas de representación de la realidad natural, como la fotográfica. (England *et al.* 2010, Blanco y Gaido 2013).

El tema ha sido abordado también desde el campo de lo artístico. Oscar Hernández (2011) analiza los recursos gráficos más empleados en la ilustración científica: cuáles son, qué características tienen y qué combinaciones más habituales se dan para representar conceptos en ciencia.

Alfredo Cocucci (2000), investigador en el campo de la Biología, aporta normas y consejos útiles para quienes no siendo biólogos realizan ilustraciones científicas o, siendo investigadores, necesitan incursionar en el tema del dibujo científico.

Desde la Didáctica de las Ciencias se ha abordado el tema de la ilustración científica poniendo en consideración la relación entre dibujar-observar, dibujar-recordar, dibujar-comunicar y dibujar-modelizar (Márquez 2002).

Nuestro trabajo retoma algunas de estas ideas al tiempo que desarrolla otras. Comenzamos con un recorrido por alguno de los principales momentos que hicieron historia en el desarrollo de las Ciencias Naturales. Denotamos en ellos la presencia constante del dibujo como técnica que acompaña la descripción verbal. En una segunda parte tratamos la fotografía científica como otra opción de representación del mundo natural, complementaria al dibujo y muy utilizada en los textos actuales de Biología. Finalmente, enfocamos el tema en la enseñanza y aprendizaje de la Biología en el nivel educativo medio, con y a través de la imagen, dibujada o fotografiada.

La imagen en el desarrollo de las Ciencias Naturales

La comunicación humana a través de las imágenes incluyó, desde tiempos remotos, la ilustración de los elementos de la Naturaleza. Hay registros de hasta 40000 años de antigüedad en las pinturas rupestres del Paleolítico y Neolítico donde el hombre primitivo ya representaba animales, seres humanos, manos, del mismo modo que el comportamiento de los colectivos y su vínculo con el entorno. Los primeros registros gráficos de la anatomía humana los encontramos en pinturas rupestres de las cuevas de Gargas. Algunos de los bosquejos muestran las manos con dígitos faltantes. ¿Eran éstos un registro de las mutilaciones o tal vez de un castigo ritual?

Si nos preguntáramos cuándo comenzó la ilustración científica, podemos remontarnos a algunas de estas pinturas rupestres que se hicieron con el fin de registrar la realidad a través del dibujo o a través de modelos tridimensionales. Los modelos fueron moldeados en arcilla o

tallados en hueso o marfil, otros fueron pintados en las paredes de los acantilados. Los contornos estaban rayados sobre el hueso o la corteza. Además del valor decorativo podemos adjudicar a las pinturas rupestres un valor didáctico: retratar la realidad natural (figura 1).



Figura 1. Pinturas rupestres. Arte del paleolítico superior realizado sobre rocas en las paredes de cuevas. Además de una función decorativa, podemos hablar de una de tipo didáctica en estos dibujos: explicar características del mundo natural.

Otras imágenes del mundo natural y social datan de la época del antiguo Egipto. En ellas las ilustraciones muestran ceremonias de la vida diaria, y como tales son documentación invaluable. Podemos ver por ejemplo cómo los cazadores trabajaron en los pantanos verdes del delta del Nilo, con un gato de caza al igual que las tradiciones más modernas utilizan perros. También hay pinturas del antiguo Egipto que muestran cómo estaban dispuestos los jardines y que permiten identificar plantas, aves y peces con que los egipcios se rodearon. También podemos ver sus instrumentos, y las primeras representaciones conocidas de aparatos científicos.

Con el declive de las grandes civilizaciones, el conocimiento de las ciencias pasó a los estudiosos árabes y persas. Tal vez el mayor de ellos fue Abu Ali al-Husayn ibn Abdullah ibn Sina (980-1037 d.C.) nacido en Bakhara, conocido por la versión retocada de su nombre como Avicena. Sus estudios anatómicos fueron obstaculizados por las restricciones impuestas por las enseñanzas del Islam. Estudios pioneros de la visión, como el del quiasma óptico, fueron hechos por expertos en Oriente Medio. Aunque éstos se ilustran en los manuscritos de la época, fueron retratados en una forma muy estilizada y esquemática para reducir el riesgo de la acción de las autoridades religiosas; esto provocó la exigencia de considerables habilidades interpretativas de los eruditos modernos para tratar de entender el verdadero alcance de los conocimientos en el pasado.

Los dibujos de la anatomía humana hechos por Leonardo da Vinci (1452-1519), son de excelente nivel. Valiéndose de la disección fue mejorando sus conocimientos del cuerpo humano y reflejándolo en las producciones que con diligencia realizó (figura 2).



Figura 2. Estudio de los músculos del hombro elaborado por da Vinci entre los años 1510 y 1511. Imágenes digitales en 3D y escáneres de resonancias magnéticas realizados con las últimas tecnologías, muestran una asombrosa exactitud con los dibujos que el artista, científico e inventor, hizo de la anatomía humana (Leonardo da Vinci – Royal Collection Trust © Her Majesty Queen Elizabeth II 2013).

Lamentablemente los estudios de da Vinci se mantuvieron en sus propios archivos. Sólo algunos de sus dibujos se conservaron y fueron publicados 200 años después, en 1680.

El espíritu renacentista y, muy especialmente, los manuscritos de Leonardo da Vinci, dejaron muy claro que mantener separados la ciencia del arte es impensable.

Con la invención de la imprenta hacia 1440 fue posible la reproducción seriada de imágenes. Esto contribuyó poderosamente a que los dibujos vinculados con la ciencia se fueran haciendo cada vez más habituales (Ivins y Williams 1975).

A mediados del siglo XVI, el erudito médico más influyente fue Andreas Vesalius (1514-1564). En 1543 publicó *De humani corporis fabrica*, una obra muy influida por el estudio práctico del cuerpo humano, complementada con dibujos muy detallados. La medicina galénica comienza a ser cuestionada desde la anatomía y es fundamentalmente Vesalius quien corrigió varios errores presentes en ella; es considerado el fundador de la anatomía moderna.

Los aportes de Robert Hooke (1635-1703) representaron un pilar fundamental para el desarrollo de la Biología. En su obra *Micrographia* de 1665, se describe la

observación realizada de la estructura del corcho: «[...] pude percibir con enorme claridad que estaba todo perforado y poroso, muy a la manera de un panal, aunque sus poros no eran regulares... ». Los dibujos y las descripciones realizadas por Hooke fueron hitos de la ciencia que sirvieron para establecer uno de los principios unificadores de la Biología, la teoría celular (figura 3).

Los hermanos escoceses William (1718-1783) y John Hunter (1728-1793) publicaron también imágenes destacables de la anatomía humana. William Hunter revitalizó el estudio de la anatomía en Inglaterra; basándose en el trabajo de William Smellie, estableció la obstetricia como una rama separada de la medicina.

El dibujo también cobró importancia clave en las expediciones científicas que se hicieron durante los siglos XVIII y XIX, por ejemplo las que se dieron en el puerto Tenerife (Montesinos y Renn 2002). Fue común en ellas ver un grupo de dibujantes a cargo de un naturalista. Estos dibujos fueron fundamentales para el desarrollo de la Sistemática, tanto en Botánica como en Zoología.

Uno de los naturistas que participó en expediciones que tuvieron como destino Sudamérica, fue el francés Alcide d'Orbigny (1802-1857). El científico se hizo famoso ya desde muy joven por sus dibujos y descripciones de especies de foraminíferos en su país natal (figura 4). En sus

publicaciones describió cientos de especies y puso de manifiesto el valor bioestratigráfico de algunas de ellas. D'Orbigny es considerado el fundador de la Micropaleontología.

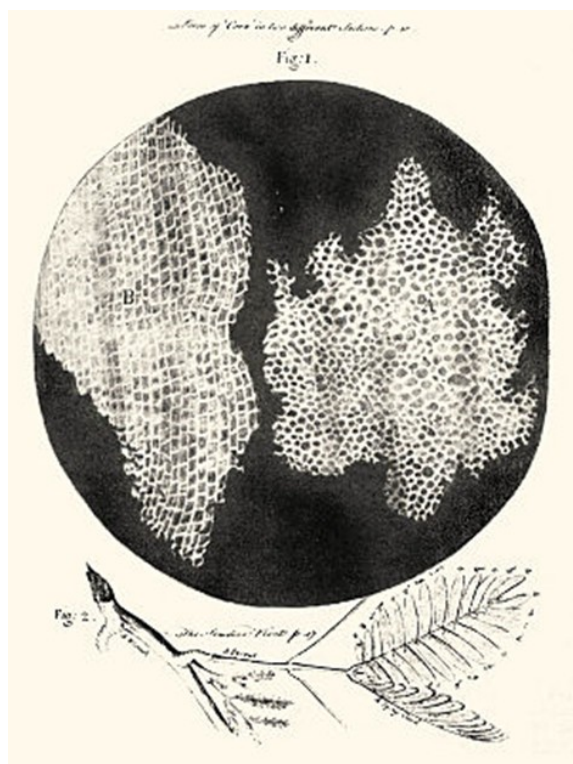


Figura 3. Dibujo de células realizado por Robert Hooke. A partir de la observación microscópica de corcho realizada en 1665. Fue en su descripción verbalizada de lo observado y dibujado que utilizó, por primera vez, el término «célula». El dibujo y su descripción fue incluido en su libro *Micrographia*, publicado en 1665. El aporte de Hooke fue piedra fundamental para que otros científicos (Leeuwenhoek, Virchow, Pasteur), fueran dando forma a uno de los principios unificadores de la Biología: la teoría celular.

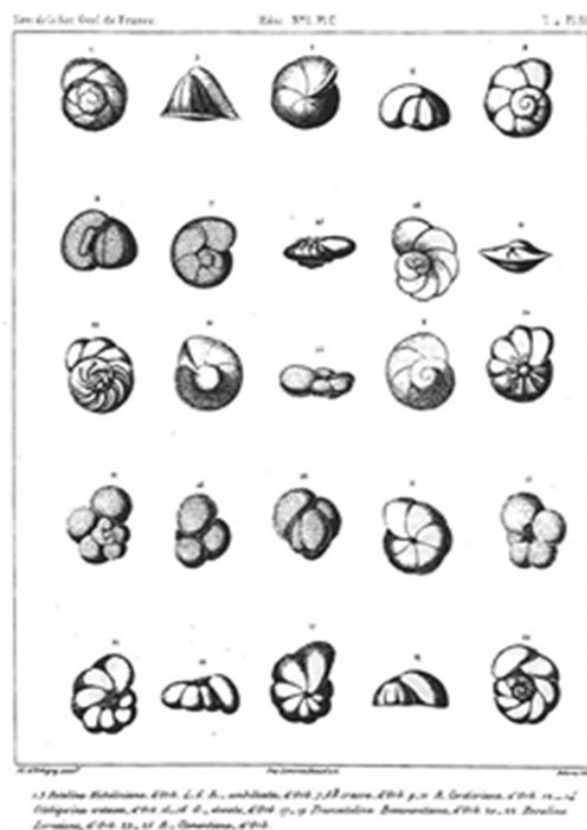


Figura 4. Dibujos de foraminíferos realizados por d'Orbigny. Pionero en el estudio de microorganismos, este autor hizo importantes aportes sobre morfología, distribución y clasificación de los foraminíferos. Los excelentes dibujos de estos microorganismos sirvieron para fundamentar sus afirmaciones. Lámina III de , Alcide d'Orbigny (1840) Mémoire sur les foraminifères de la craie blanche du bassin de Paris. *Mémoires de la Société Géologique de France, 1ère série*, IV(1): 1-51, IV lám. (Wikimedia Commons).

Volviendo a la anatomía humana, a mediados del siglo XIX se publica la obra más grande y de mayor éxito en la materia: *Anatomía de Gray*. Su autor, Henry Gray (1827-1861), describe la anatomía humana en un lenguaje claro y complementado con ilustraciones detalladas y precisas. La primera edición apareció en 1858 y contenía 363 ilustraciones realizadas por su amigo colaborador H. Vandyke Carter. Algunas de las figuras originales todavía se utilizaron en las ediciones publicadas durante la década de 1990. La claridad de la ilustración científica alcanzada en los siglos XVIII y XIX fue de una altísima calidad (Ford 1996).

Santiago Ramón y Cajal (1852-1934) fue un pilar fundamental en el desarrollo de la neurociencia moderna. Supo aunar sus dotes artísticas con una brillante interpretación de las imágenes microscópicas; fue con el apoyo de los dibujos realizados por Ramón y Cajal que la ciencia empezó a comprender la estructura y función del cerebro (figura 5).

Ramón y Cajal era un apasionado de su trabajo y así lo reflejan sus propias palabras, citadas por de Felipe (2005): «mi tarea comenzaba a las nueve de la mañana y solía prolongarse hasta cerca de la medianoche. Y lo más curioso es que el trabajo me causaba placer...el jardín de la neurología brinda al investigador espectáculos cautivadores... ¿hay en nuestros parques algún árbol más elegante y frondoso que el corpúsculo de Purkinje del cerebelo?».

Las observaciones realizadas por el científico sobre neuronas y la comunicación entre ellas, fueron fundamento para la teoría neuronal, teoría que apoyaba y a la que brindó datos para su demostración y aceptación. La misma sostiene que las neuronas constituyen la unidad anatómica, fisiológica y metabólica del sistema nervioso, hecho que Ramón y Cajal comprobó al observar que las prolongaciones de estas células están en contacto entre sí pero sin continuidad, dando así por tierra con la teoría reticular, defendida por Golgi.

Contemporáneo de Ramón y Cajal, Ernst Haeckel (1834-1919), médico, naturalista y evolucionista alemán, en su célebre obra *Kunstformender Natur (Formas artísticas de la naturaleza)*, publicada entre 1899 y 1904, realizó cientos de grabados de alta calidad para ilustrar sus obras y apoyar su visión evolucionista del mundo (figura 6).

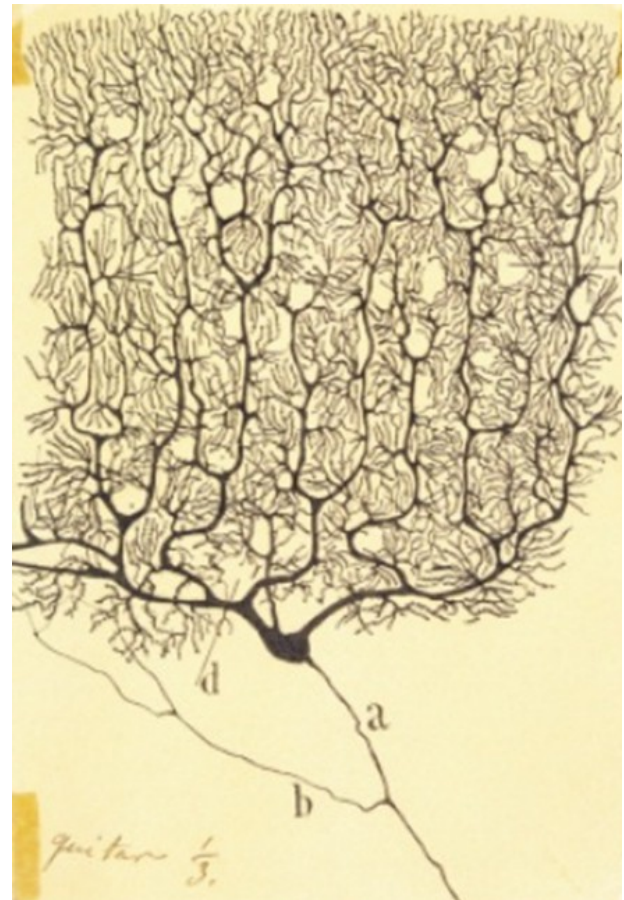


Figura 5. Dibujo de neurona de cerebelo realizado por Ramón y Cajal. A través de este dibujo el investigador ilustra un tipo de neurona, las células de Purkinje, impregnadas con el método de Golgi. El epígrafe dice: «Célula de Purkinje del cerebelo del hombre adulto. a, axón; b, colateral recurrente; d, vacíos donde se alojan células en cesta; c, huecos para vasos». Esta figura fue reproducida en la *Textura del sistema nervioso del hombre y de los vertebrados* (Ramón y Cajal 1899, 1904, figuras 10 y 365) ©Herederos de Santiago Ramón y Cajal.

Ilustración científica hoy: fotografía y dibujo, técnicas que se complementan y potencian con las nuevas tecnologías

Desde su invención en 1839, la fotografía ha ido adquiriendo una importancia cada vez mayor en la sociedad. Vemos hoy aplicaciones prácticas de las técnicas fotográficas en la industria, medicina, astronomía, arqueología, investigación científica y artes gráficas, por citar algunas.

La fotografía científica, también denominada fotografía aplicada, es un grupo de especialidades fotográficas destinadas a obtener información para la investigación o el control de procesos, en todas las ramas de la ciencia, la industria y la educación.

Monje Arenas¹ (2010) distingue dos grandes tipos de fotografía científica: ilustrativa y descriptiva. En el primer caso la fotografía tiene por objetivo ilustrar el texto y atraer fuertemente la atención del aficionado a la ciencia, del lector ocasional o del profano. Publicaciones como la revista *Muy interesante* utilizan este tipo de fotografías. Se buscan

¹ Experto en fotografía científica, Director del Gabinete de Dibujo y Fotografía Científica de la Universidad de Alcalá de Henares (<http://foto.difo.uah.es/gabinete/>).

imágenes impactantes, sensacionalistas o magnificadoras de la realidad. Por ello para su creación se utiliza mucho el fotomontaje y las técnicas de edición de imágenes.

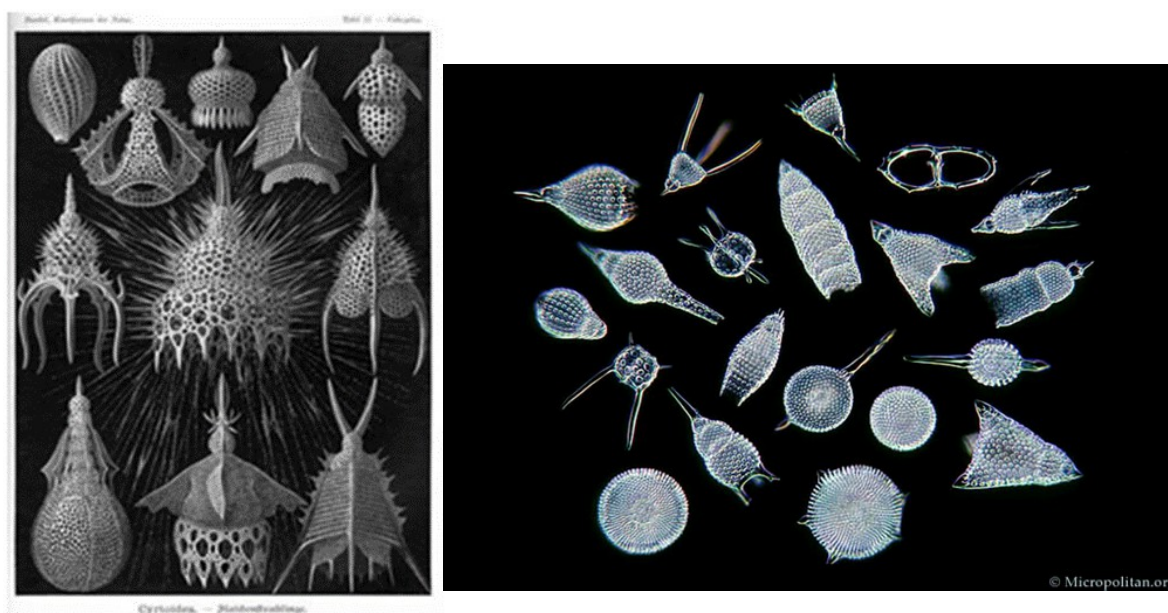


Figura 6. Dibujo y micrografía de radiolarios. En la imagen de la izquierda se observa uno de los dibujos realizado por Ernst Haeckel publicado en *Kunstformen der Natur* (1904). En la imagen de la derecha aparecen fotografías actuales de preparaciones montadas con bálsamo de Canadá. Las conchas de estos organismos miden una décima de milímetro de diámetro. De la comparación entre las imágenes podemos ver que prácticamente no existen diferencias. Haeckel combinó en su obra arte y ciencia.

En las fotografías descriptivas se procura evitar toda situación óptica o de montaje que distorsione la realidad. La foto debe ser lo más fiel posible al objeto. El fotógrafo y el científico que redacta el informe son la misma persona o coordinan las operaciones de producción fotográfica. Publicaciones, como la revista *Science*, utilizan principalmente este tipo de fotografía (figura 7).

Volviendo a la ilustración clásica, ¿qué características tiene el dibujo científico? Vimos al referirnos a da Vinci que arte y ciencia no deben ser vistos como contrapuestos. El dibujo en ciencia también es arte pero presenta una importante diferencia con el dibujo artístico: siempre debe reflejar lo más fielmente posible la realidad. Se «necesita exactitud, realismo y una gran capacidad descriptiva» (England, Hinojosa y Romero 2010). Cuando el dibujo presenta simplificaciones del objeto natural o una especie de «realismo aumentado», lo hace en concordancia con la teoría en la que está inmerso. Siempre la validación del constructo científico (incluyendo en él la ilustración que acompaña la verbalidad), es su verificabilidad, su concordancia con los hechos particulares. Lo estético en el caso de la actividad científica, es un «correlato o corolario de la verdad» (Lizárraga Gutiérrez 2004).

Podemos definir el dibujo científico como un gráfico que muestra «el resultado de una observación de la realidad y cuya finalidad es su uso por parte de la ciencia». Puede realizarse como consecuencia o resultado de un experimento científico, así como también puede hacerse a los efectos de aclarar conceptos en un texto científico (England *et al.* 2010).

Como gráfico realista que es, la iconicidad de un dibujo científico es alta. La iconicidad es una magnitud opuesta a la abstracción: el objeto tal cual es posee una iconicidad total, y la palabra que lo designa posee iconicidad nula. A mayor iconicidad más se confunde con la realidad, mayor parecido con la misma (tabla 1).



Figura 7. Tipos de fotografías científicas. En la tapa de la edición n° 333 de la revista *Muy interesante* vemos un claro ejemplo de fotografía ilustrativa. En el fotomontaje se incluye a Darwin, su barco al fondo y distintas especies animales y vegetales estudiadas por él. En el ejemplo elegido de la revista *Science* vemos una fotografía descriptiva resultante de una impresora 3D no convencional con la que se pudo elaborar un material tridimensional que imita el comportamiento de las células en los tejidos.

¿Qué es más importante incluir en una publicación científica actual: fotografías o dibujos del mundo natural? Sin perjuicio de la importancia o valor que ha ganado la fotografía en el campo de las ciencias naturales, como dice Cespedosa Rivas (2009) esta técnica «no ha podido sustituir la representación gráfica en los manuales científicos».

En textos de Entomología y de Botánica es muy común ver dibujos que al simplificar y/o resaltar ciertos detalles, facilitan la comprensión de los conceptos expuestos. Como ejemplo citamos las ilustraciones de plantas del Uruguay realizadas por Atilio Lombardo (1902-1984); son ellas una muestra de lo valioso que resulta un buen dibujo para mostrar detalles y expresar de forma clara las características de un ser vivo vegetal (figura 8).

El dibujo científico y la fotografía científica son dos técnicas que se complementan (no se excluyen), por eso la combinación de ambas suele ser muy conveniente. La fotografía oficia muchas veces como un complemento adicional al dibujo, así como éste suele ser el complemento indispensable para todo trabajo científico que incluya una fotografía. Así por ejemplo en textos de Biología es muy común combinar dibujos con micrografías para explicar organelos u otras estructuras celulares (figura 9).

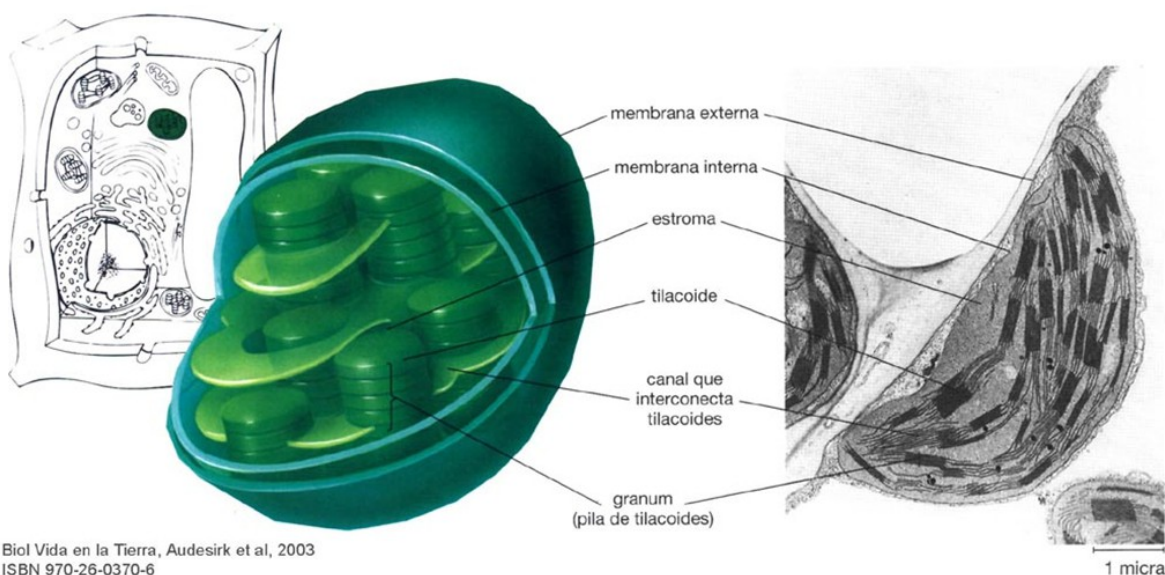
Además de estas dos técnicas de representación gráfica, la ciencia hoy utiliza otras en soporte analógico y digital. Algunos aplican el término Ilustración Científica para referirse a una disciplina que engloba un amplio abanico de técnicas de representación gráfica al servicio de la ciencia: ilustración tradicional (dibujo científico), la fotografía, el video y las nuevas tecnologías digitales que incrementan o amplían su potencialidad (Tsafirir y Ohry 2001, Hodges 2003).

Tabla 1. Escala de iconicidad decreciente de Moles. Cuanto más icónica es una imagen, más tiende a confundirse con la realidad. En el ámbito de las ciencias las imágenes mayormente corresponden a los niveles superiores de la escala de Moles.

CLASE	DEFINICIÓN	CRITERIO	EJEMPLOS
12	El propio objeto para designarse como ejemplo.	Eventual colocación entre paréntesis en el sentido de Husserl.	El objeto en el escaparate de la tienda.
11	Modelo bi o tridimensional a escala.	Colores y materiales arbitrarios.	Muestrarios fáticos.
10	Representación bi o tridimensional reducida o aumentada. representación anamorfoseada.	Colores o materiales elegidos de acuerdo con criterios lógicos.	Mapas de tres dimensiones, globo terráqueo, mapa geológico.
9	La fotografía industrial o la proyección realista sobre el plano.	Proyección perspectiva rigurosa, matices tonales y sombras.	Catálogos ilustrados.
8	Dibujo o fotografía del tipo llamado “recortado”. Perfiles en diseño	Criterios de continuidad del contorno y de cierre de la forma	Catálogos de venta por correspondencia, prospectos, fotografías técnicas.
7	Esquema anatómico o de construcción.	Apertura del cárter o de la envoltura. Respecto de la topografía arbitraria de los valores. Cuantificación de los elementos y simplificación.	Sección anatómica, sección de un motor a explosión, esquema de un cableado de un receptor de radio, mapa geográfico.
6	Vista de especie.	Disposición perspectiva artificial, de las piezas, de acuerdo con sus relaciones topológicas o de vecindad.	Objetos técnicos en los manuales de montaje o de reparación.
5	Esquema de «principio» (eléctrico o electrónico).	Sustitución de los elementos por símbolos normalizados. Paso de la topografía a la topología. Geometrización.	Plano esquematizado de la red de metro. Esquema de cableado de un receptor de TV o de una parte de un radar.
4	Organigrama o bloque esquema de programa de ordenador.	Los elementos so cajas negras funcionales, relacionadas mediante conexiones lógicas. Análisis de las funciones lógicas.	Organigrama de una empresa, operaciones químicas.
3	Esquema de formulación.	Relación lógica y no topológica en un espacio no geométrico, entre elementos abstractos. Las relaciones son simbólicas. Todos los elementos son visibles.	Fórmulas químicas desarrolladas, sociogramas.
2	Esquemas de espacios complejos.	Combinación en un mismo espacio de representación, de elementos esquemáticos (flecha, recta, plano, objeto) pertenecientes a diferentes sistemas.	Fuerzas y posiciones geométricas en una estructura metálica, esquemas de estadística gráfica.
1	Esquema de vectores en los espacios puramente abstractos.	Representación gráfica en un espacio métrico abstracto de relaciones entre magnitudes vectoriales.	Magnitudes vectoriales en electrotécnica, triángulo de las vocales.
0	Descripción en palabras normalizadas o en fórmulas algebraicas $X =$	Signos puramente abstractos sin conexión imaginable con el significado.	Ecuaciones y fórmulas. Textos.



Figura 8. Dibujo de Atilio Lombardo para la planta nativa *Trixis praestans*. En su descripción que acompaña el dibujo, el autor escribió: «ramas, pecíolos, ejes florales y pedicelos cubiertos de densa pubescencia. Hojas alternas, blandas, oval-elípticas, agudas, de base cuneada o ampliamente cuneada, largas de 10-22 cms. (...) capítulos dispuestos en subcorimbos apanojados, involucre acampanado y largo de 1 cm.; receptáculo piloso; flores isomorfas, blanquecinas, amarillentas o (Lombardo 1964) anaranjadas, corola bilabiada de casi 1 cm. de larga». Dibujo y texto se complementan muy bien facilitando el reconocimiento-identificación de la especie.



Biol Vida en la Tierra, Audesirk et al, 2003
ISBN 970-26-0370-6

Figura 9. Combinación de dibujo y micrografía de cloroplasto, tomado de Audesirk *et al.* (2003). A la izquierda se representa utilizando un dibujo el nivel más macro, la célula vegetal; se ubica en ella un cloroplasto que en el dibujo del centro se lo amplía y se lo corresponde con una micrografía (ubicada a la derecha). Con esta combinación de técnicas ilustrativas se facilita la comprensión espacial y estructural en el nivel celular.

Dibujar y fotografiar en clases de ciencias del nivel educativo medio

Hemos visto que la comunicación gráfica ha estado presente de una forma u otra a lo largo de toda la historia humana y de la construcción de las ciencias naturales. Por esto la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias no pueden realizarse al margen o por fuera de este recurso comunicativo que complementa y amplía la verbalidad. Es a través de la imagen que el estudiante «establece comunicación con el mundo y sus dimensiones sacras», al decir de Goyes Narváez (2003).

La educación formal del Uruguay correspondiente a los primeros años del nivel medio, no jerarquiza en buena forma el valor o importancia del dibujo científico para la enseñanza y el

aprendizaje de las Ciencias Naturales. A nuestro juicio esto es una debilidad que además genera dificultades en cursos superiores al momento de realizar los registros correspondientes a las observaciones del material natural.

¿Dónde y cómo incorporar el dibujo en los procesos de enseñanza y de aprendizaje de la Biología? En concordancia con la propia ciencia que los incorpora para construir el conocimiento, los docentes debemos favorecer la observación directa de la naturaleza y el registro e interpretación de los fenómenos por medio de lo verbal y de lo gráfico. Las salidas didácticas o salidas de campo son un tipo de actividad que permiten muy bien trabajar procedimientos como la observación y el registro mediante dibujo.

Al realizar una observación macroscópica de material natural, in situ o llevado al laboratorio, sugerimos:

- Observar aspectos generales, para luego detenerse en los detalles.
- Mover el material observado para obtener un registro más holístico del mismo.
- Utilizar una lupa manual o binocular para observar ejemplares pequeños, pero perceptibles al ojo humano.

Mención especial merece el conocido problema que se da en las actividades teórico-prácticas en el laboratorio, de observación al microscopio: los estudiantes no dibujan lo que ven. En nuestras aulas es común ver resultados similares al clásico trabajo de investigación de Díaz y Jiménez: ante una observación al microscopio de tejido epidérmico un porcentaje alto de los alumnos dibuja marañas indescifrables de rayas y puntos o polígonos a manera de ladrillos en una pared, o cuadriculados, tal como se observa en la figura 10 (Díaz y Jiménez 1996).

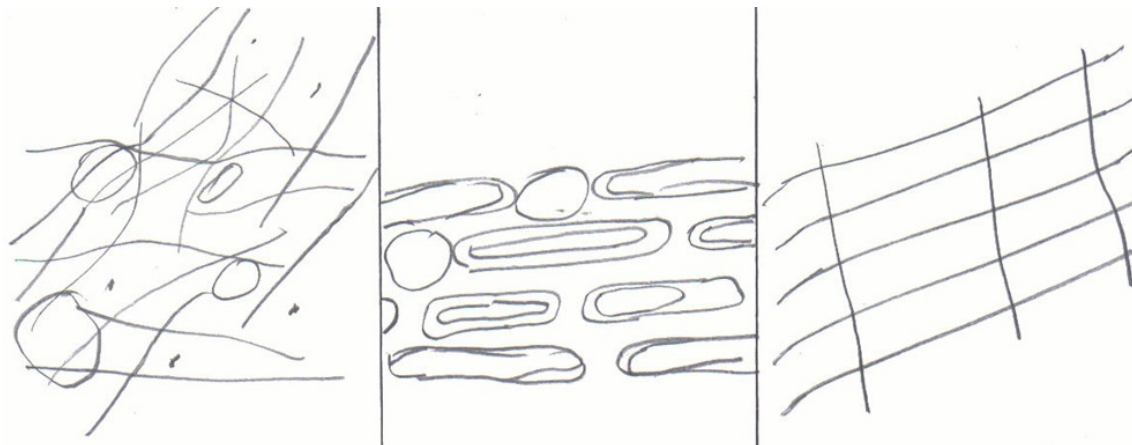


Figura 10. Dibujos de tejido epidérmico. De una misma observación al microscopio de cutícula de cebolla, estudiantes del nivel medio realizaron estos 3 tipos de dibujos. A la izquierda dibujos tipo maraña de rayas y puntos; al centro formas poligonales o rectangulares y a la derecha dibujos tipo cuadriculado.

¿Qué hacer para que la observación microscópica –y, con ella, el aprendizajes de conocimientos biológicos– sea fructífera? Veamos algunas consideraciones didácticas que consideramos relevantes atender cuando se programa realizar actividades de microscopía que incluyan dibujar lo observado.

Coincidimos con Márquez (2002) que dibujar ayuda a observar mejor el objeto natural que se estudia. Es de primer orden especificar el material que se presenta en el microscopio, más aún cuando se trabaja con preparaciones histológicas fijas (tanto en tejidos vegetales como animales). A juzgar por lo que vemos frecuentemente en las aulas, pareciera que, como dice Lucas citando a Madewar, «el profesor ha olvidado, y el propio estudiante pronto lo olvidará,

que lo que está viendo no le proporcionará ninguna información si no sabe de antemano la clase de cosa que se espera que vea» (Lucas 1995). Otras consideraciones y recomendaciones didácticas las incluimos en las tablas 2 y 3.

Tabla 2. Aspectos vinculados con el manejo del microscopio óptico a ser enseñados en actividades teórico-práctico en microscopía para nivel educativo medio.

Procedimientos de manejo del microscopio
• Procedimientos generales y básicos que refieren al buen uso y cuidado del microscopio de luz. • Si se trata de un material muy pequeño y translúcido, realizar una observación utilizando el objetivo de menor aumento en primer lugar. Ello posibilita obtener una imagen panorámica del objeto e identificar los rasgos más generales. • La observación con objetivos de mediano y mayor aumento posibilita la obtención de detalles del material. Utilizarlos toda vez que el objeto observado lo amerite. • El movimiento de los comandos de enfoque (macro y micrométrico) da cuenta de la profundidad del objeto. Utilizarlos. • Mirar con un ojo a través del ocular y con el otro ojo el papel donde se está realizando el dibujo. Si bien parece una práctica imposible, solo requiere algo de ejercicio.

Tabla 3. Aspectos vinculados con la observación del objeto a ser enseñados en actividades teórico-práctico en microscopía para nivel educativo medio.

Observación de tejidos y células
• Forma de las células (irregular, más o menos geométrica) • Tamaño de las células • Distribución en los tejidos (células libres, asociadas o dispuestas en capas) • Características del citoplasma (escaso, abundante, claro, oscuro, elementos de la ultraestructura) • Características especiales de la membrana celular (prolongaciones, uniones con otras células) • Características del núcleo (número, forma, localización, nucléolos) • Tinción usada. Para la observación de citoplasma, núcleo y fibras, la tinción utilizada es relevante a la hora del reconocimiento de estructuras. Cada tinción utilizada colorea elementos específicos y por ende se facilita la observación y el posterior diagramado.

Veamos ahora algunos puntos a explicitar referidos específicamente a la enseñanza del dibujo del material observado al microscopio:

- Colocar un título completo.
- Especificar el aumento con el que observa el objeto.
- Utilizar lápiz de mina B para dibujar, destacando profundidad del objeto observado con sombreado sencillo y claro.
- Utilizar papel blanco sin rayas.
- Hacer el dibujo en un tamaño adecuado (por ejemplo mitad de una hoja A4).
- Mediante la utilización de flechas, que no deben cruzarse, nombrar todas las estructuras que se pueden reconocer en el material observado.
- Si los elementos a dibujar se repiten en todo el campo visual, no es necesario reiterarlos para ocupar completamente el mismo. Basta con dibujar algunos cuantos.
- En caso de preparaciones fijas y coloreadas con tinciones, siempre se debe aclarar que las células son translúcidas. Coincidimos con Torres de la Llosa (1962) en evitar el uso de colores.

- Dibujar el campo de observación si los alumnos son del nivel medio básico; esto permitirá al docente guiarlos en la observación haciendo referencia a los cuadrantes (en sentido horario). En cursos de nivel medio avanzado recomendamos dar libertad al alumno sobre la utilización del campo de observación, concomitantemente a la promoción de utilizar los tornillos que permiten el desplazamiento del preparado en la platina. Apuntamos así a un mejor reconocimiento y ubicación de los elementos observados.

En la figura 11 incluimos el dibujo realizado por un estudiante de nivel educativo medio, sobre observación al microscopio en preparación fresca de cutícula o epidermis de cebolla. Se aprecia en el trabajo un buen cumplimiento de varios de los puntos que señalamos anteriormente.

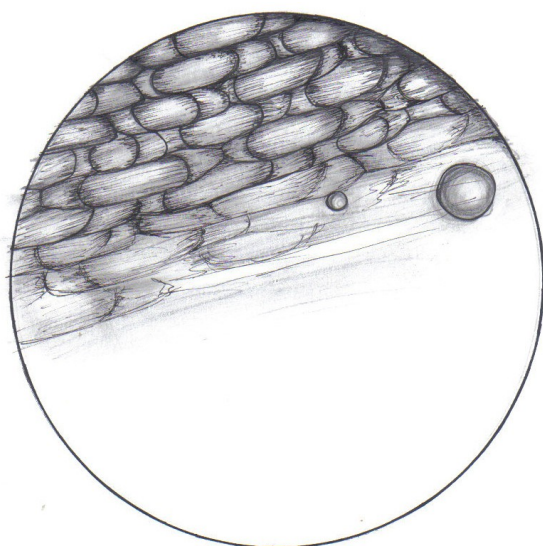


Figura 11. Dibujo de observación microscópica fresca. El material observado fue un preparado fresco de cutícula de cebolla. El dibujo reúne características señaladas como necesarias: trazo firme, tamaño apropiado, sombreado sencillo para denotar profundidad o tridimensionalidad de los objetos (células), ocupación de un sector del campo visual (dado la reiteración de los elementos) y enmarcado del mismo para orientar la ubicación de detalles o aspectos a resaltar (no aplicable a este ejemplo). Por otra parte, el estudiante incluyó en el dibujo dos burbujas de aire, artefacto de la preparación que no correspondía hacer.

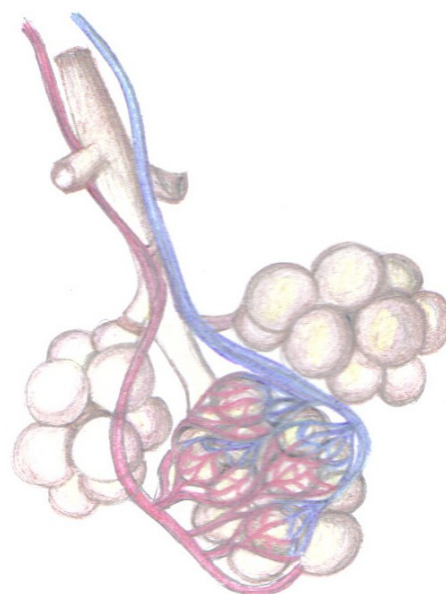


Figura 12. Dibujo esquemático de sacos alveolares. Más que una representación fiel de la realidad observable a través de un microscópico, se dibuja la estructura tridimensional de 3 sacos alveolares y para uno de ellos, se hacen los vasos sanguíneos que se entrelazan en la estructura. La colocación de flechas sobre el dibujo y la numeración de las mismas, facilita el reconocimiento de las estructuras involucradas en el proceso de la hematosi. El beneficio educativo de dibujos esquemáticos de este tipo es muy relevante: facilitar la enseñanza y el aprendizaje de complejos contenidos de anatomía y fisiología.

Otro tipo de dibujo de gran utilidad educativa es el esquemático. Correspondiendo al grado 7 de la escala de Moles (1973), los dibujos esquemático son una representación gráfica que permite describir un objeto en todas sus partes pero de manera sencilla y dejando claro la relación que guardan cada una de ellas con el todo. En él se reduce la representación gráfica de un objeto a los caracteres más significativos, en ocasiones limitados a elementos simbólicos o estructurales.

El dibujo esquemático suele ser el más conveniente para destacar lo que se considera esencial en determinado tema. Desde el punto de vista didáctico muchas veces lo importante no es la

representación fiel de lo que se está observando sino la acentuación de los aspectos biológicamente significativos, por ejemplo, a través de un dibujo que lo señale (figura 12).

Dibujos como el de la figura 12 son muy recomendables como recurso para la enseñanza de la Biología. Su uso puede darse de varias formas o maneras: hecho en la pizarra, proyectado en transparencia –clásicas de acetato o en soporte digital con las nuevas tecnologías– construido en cartelera colgante clásica, o impreso (hoja A4 o de mayor tamaño).

Estamos de acuerdo con Carlino (2005) cuando afirma que se aprende ciencias leyendo y escribiendo en ella; de manera análoga, se aprende ciencia también observando imágenes y realizándolas. Como hemos visto, la ciencia se construye desde lo verbal y desde lo gráfico. Es por esta razón muy recomendable también el uso de dibujos esquemáticos –tanto su observación como su realización– por parte del alumno; es decir, recomendable como recurso para el aprendizaje de los conocimientos científicos.

¿Qué decir del valor de la fotografía científica para la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias en la educación media? Sin reemplazar el contacto directo con el material natural (como ocurre también con el dibujo), la fotografía permite, por ejemplo, el acceso al conocimiento de los seres vivos y a su ambiente cuando la posibilidad de un acercamiento directo a ellos se ve limitado o dificultado.

Otros valores didácticos que ofrece la fotografía son: el motivacional y el registro para un posterior análisis. Tomar fotografía es motivante cuando se incorporan cuestiones de técnicas fotográficas. Al tomar fotos de los seres vivos el estudiante ha de tener en cuenta la importancia del encuadre apropiado, así como el enfoque nítido y la exposición correcta (figura 13).

Con el auge en los últimos años de los teléfonos celulares, el fácil acceso que se tiene a ellos,² y las distintas prestaciones que ofrecen, la incorporación de esta TIC al trabajo de aula es casi una obligación (Dussel y Quevedo 2010). Uno de los usos posibles de estos aparatos en las clases de ciencias, es el de cámara fotográfica para el registro de las actividades prácticas y observacionales. Hemos visto la gran utilidad didáctica de este recurso en disecciones y observaciones, macro y microscópicas, de materiales naturales, frescos y conservados, tanto de animales como vegetales (figuras 13, 14 y 15).

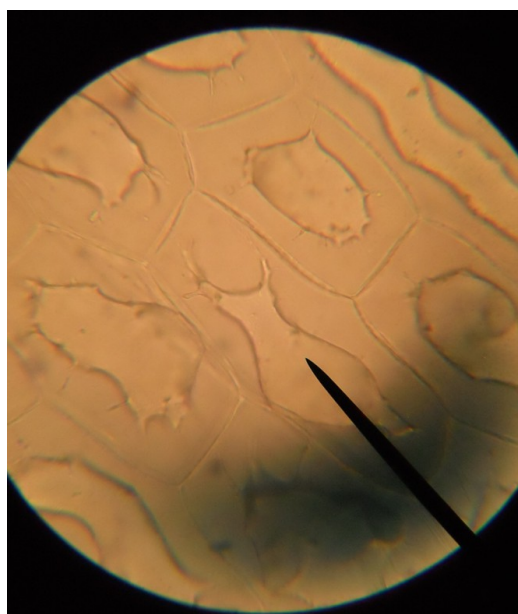


Figura 13. Micrografía de epidermis de cebolla. Preparado fresco de cutícula de cebolla en solución salina. Tanto el preparado como la fotografía fueron realizados por estudiantes de nivel educativo medio superior (o avanzado). Se utilizó un microscopio de luz sencillo, y el celular de uno de los estudiantes del grupo. No obstante la sencillez de los dispositivos tecnológicos usados, se logró capturar en la micrografía no solo estructuras de la célula vegetal, sino también la retracción de la membrana, fenómeno denominado «plasmólisis». Con la actividad se pudo correlacionar estructura con fisiología celular, modelo teórico explicativo con observación microscópica del mundo natural.

² En algunos países el número de terminales telefónicas en funcionamiento ha superado el número de habitantes. En Argentina, según el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, las líneas celulares llegan a los 58 millones y medio. Uruguay cuenta con la segunda mayor densidad de celulares por habitante de América Latina, según el informe sobre el sector de las telecomunicaciones publicado por la Unidad Reguladora de los Servicios en Comunicación: casi 5 millones de servicios telefónicos. <http://www.ursec.gub.uy/scripts/locallib/imagenes/Informetelecomunicacionesjunio2013.pdf>.

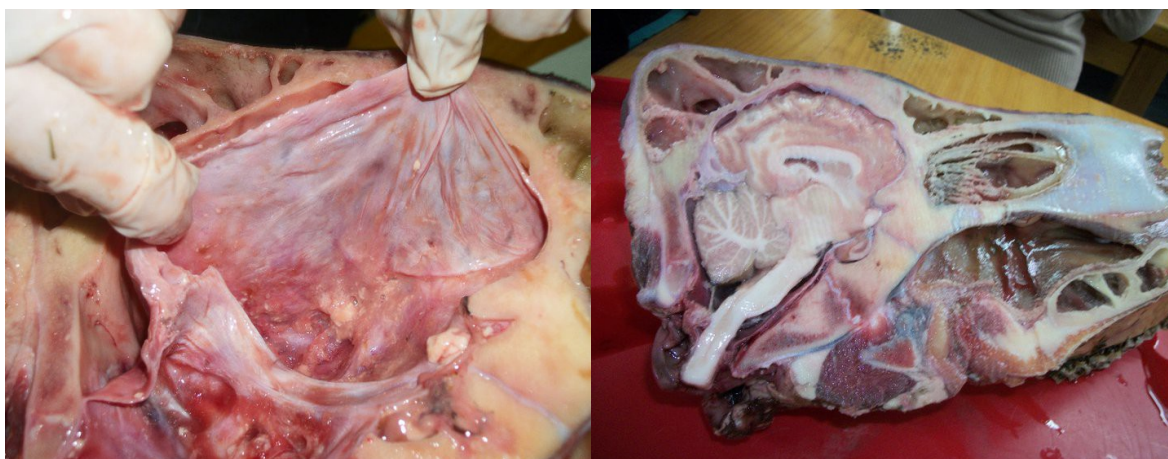


Figura 14. Fotografías de disección de encéfalo ovino. Teórico-práctico sobre sistema nervioso central de los humanos, realizado a partir de disección de material natural ovino. Las fotografías tomadas por los estudiantes fueron incorporadas en una presentación PowerPoint para explicar y recordar aspectos anatómicos y fisiológicos del sistema nervioso.

La utilización en el aula de ciencias de los celulares como cámaras fotográficas es muy aconsejable, tanto en los niveles inferiores como avanzados de la educación media. Uno de los argumentos didácticos para su utilización tiene que ver con lo motivacional. Ya en 1960 Bruner enfatizaba que «los motivos para aprender deben dejar de ser pasivos, es decir, de mantener al estudiante en estado de espectador; por el contrario, se debe partir, en lo posible, del interés por aquello que va a enseñarse y ese interés se debe mantener de modo amplio y diversificado durante la enseñanza» (Bruner 1965/1960). Es muy claro que la adquisición de conocimientos requiere la participación activa del sujeto que aprende. También es claro que la motivación es el motor de la acción de aprender ya que induce al aprendiz a realizar determinados comportamientos necesarios para que se de el proceso.

Con la inclusión del registro fotográfico en las actividades prácticas de laboratorio, se motiva al estudiante al hacerlo protagonista en las tareas que se desarrollan. Es mucho más probable que una tarea se realice con éxito cuando el alumno se encuentra fuertemente implicado, y esto es lo que conseguimos sumando la fotografía a los procedimientos manuales y mentales de la actividad experimental y observacional (figura 16).



Figura 15. Fotografía de material formolado. Los teórico-prácticos a partir de materiales naturales conservados son recomendables cuando el acceso al organismo vivo no es fácil o posible. El registro de la almeja de río observada y analizada se realizó con el celular de un estudiante; aquí también la fotografía es un potente recurso para aprender, al servir como memoria del material utilizado en clase y de las estructuras estudiadas en ese momento.



Figura 16. Fotografía y motivación en actividades de laboratorio. Tanto en el nivel educativo medio inicial como en el avanzado, la participación del estudiante observando el material, manipulándolo y fotografiándolo, incrementa su involucramiento y motivación en el trabajo de aula. Trabajar en la propia actividad de laboratorio, o en una instancia posterior, aspectos teóricos –anatómicos y fisiológicos– teniendo como referencia el material fotografiado, contribuye a que la producción conceptual sea representativa del trabajo colectivo.

Conclusiones

Hemos hecho un recorrido con base en investigación bibliográfica, reflexión y análisis de nuestra experiencia docente. Finalizamos el trabajo sintetizando cinco cuestiones vistas que, a nuestro juicio, son relevantes considerar en la formación de un docente de ciencias naturales.

1. La humanidad se comunica desde tiempos inmemoriales utilizando lo gráfico. La historia de las ciencias naturales nos muestra que también en esta actividad humana lo gráfico ha sido, y es, fundamental. La ciencia se construye utilizando la comunicación verbal y las ilustraciones acompañan y apuntalan las teorías.
2. En concordancia con la propia actividad científica, los docentes debemos favorecer en los estudiantes la observación directa de la naturaleza y el registro e interpretación de los fenómenos por medio de lo verbal y también de lo gráfico.
3. La enseñanza de las ciencias, además, no puede desconocer que se aprende ciencias leyendo y escribiendo en ellas, así como también observando, analizando y realizando representaciones gráficas de sus producciones.
4. La ilustración científica es una representación de la realidad por lo cual su grado de iconicidad es alto. El dibujo en ciencia también es arte pero a diferencia del dibujo artístico siempre debe reflejar lo más fielmente posible la realidad.
5. Además de la ilustración clásica o dibujo, la ciencia se vale de la fotografía. Las nuevas tecnologías amplían y potencian estas dos técnicas que el docente puede y debe incorporar en la enseñanza de las disciplinas biológicas. En clases teórico-práctica de laboratorio donde se observa material natural, macro o microscópicamente, el dibujo y la fotografía no deberían faltar. La motivación y el involucramiento del alumno resultantes de su participación directa en estas tareas, son razones didácticas que justifican su realización.

En el mundo actual donde los teléfonos móviles, la conexión a internet y las computadoras, son elementos a los que se accede cada vez más, su utilización es una necesidad impostergable

para achicar la brecha sociedad-escuela. Estas tecnologías permiten el manejo de imágenes (tanto autogeneradas como importadas), recurso de gran valor para aprender Biología.

Por todo esto concluimos este trabajo diciendo: construimos ciencia con y a partir de la imagen.

Agradecimientos

Agradecemos los aportes de los siguientes profesores del Departamento de Biología del Ce. R. P. del Litoral: Susana Finozzi, Mariela Martínez, Beatriz Centurión, Darío Dalmas, Gabriela Flores y Mary Do Carmo.

Referencias bibliográficas

- Audesirk T., Audesirk G., Byers B. (2003) *Biología. La vida en la Tierra*. 6ª ed. México. Pearson Educación.
- Blanco L., Gaido V. (2013) ¿Qué es la Ilustración Científica? *Mito. Revista Cultural* 1 (3 de noviembre).
- Bruner J. (1965/1960) *The process of education*. Cambridge, MA. Harvard University Press.
- Carlino P. (2005) *Escribir, leer y aprender en la universidad. Una introducción a la alfabetización académica*. Buenos Aires. Fondo de cultura económica de España.
- Cespadosa Rivas A. (2009) El dibujo científico. Ilustración de una publicación científica. *Revista Digital Innovación y Experiencias Educativas* 21 (agosto) núm. 30.
- Cocucci A. (2000) Dibujo científico. Manual para Biólogos que no son dibujantes y dibujantes que no son Biólogos. Córdoba (Argentina). Sociedad Argentina de Botánica.
- de Felipe J. (2005) *Cajal y sus dibujos: ciencia y arte*. Cap. 18 en A. M. Araguz (ed.), *Arte y Neurología*. Madrid. Saned.
- Dussel I., Quevedo L. (2010) *Educación y nuevas tecnologías: los desafíos pedagógicos ante el mundo digital. VI Foro Latinoamericano de Educación*. 1ª ed. Buenos Aires. Santillana.
- England E., Hinojosa D., Romero M. (2010) Ilustración científica en el IES Antonio de Mendoza. *Revista Pasaje a la Ciencia (Edición digital)* 13, 111-115.
- Ford B. J. (1996) *Images Imperfect, the Legacy of Scientific Illustration, Yearbook of Science and the Future*. pp. 134-157. Chicago. Encyclopedia Britannica.
- Goyes Narváez J C. (2003) Horizontes de la comunicación visual contemporánea. *Revista La Tadeo* 68, 45-56.
- Gubern R. (1996) *Del bisonte a la realidad virtual, la escena y el laberinto*. Barcelona. Anagrama.
- Hernández Muñoz O. (2011) *Ilustración científica y comunicación. Representación gráfica de conceptos en las ciencias de la vida*. Madrid. Editorial Académica Española.
- Hodges E. (2003) *The guild handbook of scientific illustration*. 2nd ed. Nueva York. John Wiley & Sons.
- Ivins J. R., William M. (1975) *Imagen Impresa y Conocimiento*. Barcelona. Gustavo Gili.
- Lizárraga Gutiérrez P. (2004) Analogías y diferencias en el proceso del descubrimiento científico y artístico. La tradición anglosajona. *Taula, quaderns de pensament* 38, 151-158.
- Lombardo A. (1964) *Flora arbórea y arborecente del Uruguay*. Montevideo. Concejo Departamental de Montevideo, Dirección de Paseos Públicos.

- Lucas A. M. (1995) ¿Por qué utilizar el microscopio? *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales* 6, 89-92.
- Márquez C. (2002) Dibujar en las clases de ciencia. *Aula de Innovación Educativa* 117, 54-57.
- Moles A. (1973) ¿Hacia una teoría ecológica de la imagen?, en *Imágenes y comunicación*, A.-M. Thibault-Laulan. Valencia Fernando Torres.
- Monje Arenas L. (2010) [La fotografía científica, o el arte de captar lo invisible](#).
- Montesinos J., Renn J. (2002) Expediciones científicas a las Islas Canarias en el período Romántico (1770-1830), en *Ciencia y romanticismo*, J. Montesino, J. Ordóñez y S. Toledo (eds.). Maspalomas. Fundación Canaria Orotava de Historia de la Ciencia.
- Ramón y Cajal S. (1899-1904) *Textura del sistema nervioso del hombre y de los vertebrados*. Madrid. Moya.
- Torres de la Llosa L. (1962) *La enseñanza de las Ciencias Biológicas*. Montevideo. Barreiro y Ramos.
- Tsafrir J., Ohry A. (2001) Medical illustration: from caves to cyberspace. *Health Information and Libraries Journal* 18, 99-109.
- Senner W. M. (1992) *Los orígenes de la escritura*. México. Siglo XXI Editores.