

Dibujo de microfósiles, algo más que ilustración. Propuesta para realizar un dibujo desde el microscopio

Drawing microfossils: more than illustration. A proposal to draw from microscope

MARÍA LERÍA¹ Y ROSER MASIP¹

¹ Facultad de Bellas Artes, Universidad de Barcelona. C/Pau Gargallo s/n. E-mails: marialeria@ub.edu, rmasipbo@ub.edu

Resumen Este trabajo presenta una defensa del rol que ha desempeñado el dibujo en el estudio y divulgación de las Ciencias Naturales, que va más allá de la mera ilustración. El objetivo de este estudio es proponer algunos hitos históricos del dibujo científico, destacando el carácter diferenciador frente a imágenes obtenidas con otros medios. Se defiende que el dibujo ha marcado de algún modo la historia de las Ciencias Naturales, especialmente en micropaleontología. Se ejemplifican algunas estrategias de representación gráfica y se explica cómo se han aplicado. Finalmente, se propone una actividad dirigida a dibujar a mano alzada, a partir de una imagen obtenida con microscopio electrónico, con dos niveles de complejidad. Por un lado, se propone el dibujo de una diatomea, dirigido a profesorado de secundaria; por otro, un dibujo más complejo de una estructura tridimensional de un radiolario.

Palabras clave: Diatomea, dibujo científico, ilustración en Ciencias Naturales, microfósil, microscopio, radiolario.

Abstract *The present paper is an allegation of the role of drawing in the study and divulgation of natural sciences. The act of drawing implies more than just to illustrate. The objective of this work is to propose a historical summary of scientific drawing. We highlight its descriptive nature compared to other mechanical means used to obtain images. Drawing, somehow, has shaped natural sciences history, particularly in micropaleontology. We present some strategies on graphic representation and how they are applied. Finally, we propose an activity designed to hand drawing from an electronic microscope image. In a first activity, addressed to Highschool students, we propose to draw a diatom; in a second one, a more complex structure of a radiolarian.*

Keywords: *Diatom, microfossil, microscopy, Natural Sciences illustration, radiolaria, scientific drawing.*

INTRODUCCIÓN

El avance de la micropaleontología está relacionado con la evolución de las técnicas de microscopía y fotografía, pero también ha influido en el progreso de esta ciencia la manera de representarla, por medio del dibujo, realizado por científicos y artistas.

La construcción de la imagen contribuye, en sí misma, a la aprehensión del conocimiento y el desarrollo científico. El dibujante debe adquirir conocimiento de la materia a tratar. De ahí que haya dibujantes especializados en diferentes ámbitos. Por ejemplo, se puede consultar un listado de especialidades en la web de la asociación americana de ilustradores “Guild of Natural Science Illustrators”,

donde también aparece una división por diferentes técnicas de ilustración que se pueden desarrollar. A su vez, cada disciplina científica tiene sus propios códigos o convenciones (Mishra, 2004, 193).

Desde el punto de vista de la investigación científica, mostramos que el dibujo es, en ocasiones, una herramienta insustituible para analizar, y posteriormente, mostrar (ilustrar) las características de los elementos de estudio. Desde el siglo XV hasta la aparición de la fotografía, el dibujo era el único medio para divulgar gráficamente el conocimiento. Más adelante, conviviendo con novedosas tecnologías, tanto de tratamiento como de generación de imágenes, ha seguido vigente un interés hacia la representación dibujada de información científica.

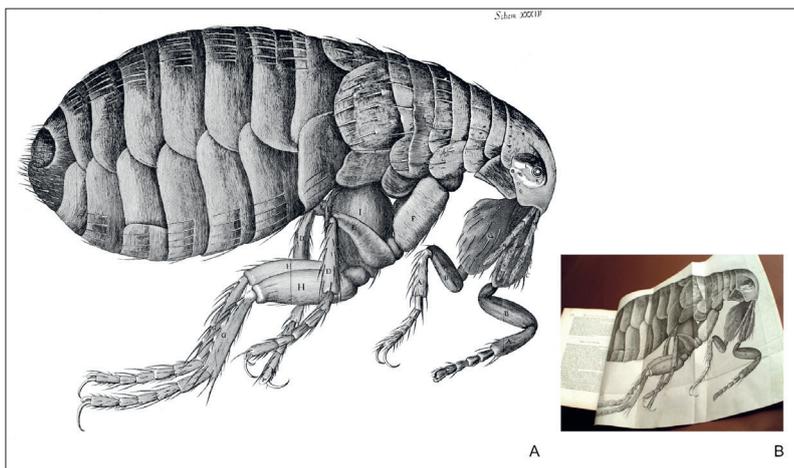


Fig. 1. A: Pulga *Ceratophyllus fasciatus*, de Hooke (1665, lámina 34). B: Vista de la lámina anterior, desplegada (Wellcome Library, London).

Existen numerosas publicaciones para el aprendizaje del dibujo científico (por ejemplo: Hanna, 1931). En lengua española existen diversas guías que pueden ayudar a profundizar en los conceptos de ilustración en ciencia (Cespedosa, 2009; Cocucci, 2000; incluida una tesis doctoral, Hernández 2010). Todas ellas aportan buenas bases de dibujo, desde un objetivo amplio, para aplicarlas a diversas disciplinas, como botánica, zoología, etc. En inglés se han publicado guías muy elaboradas, como las de Wood (1994) y Hodges (1989).

En este trabajo proponemos una actividad de dibujo, guiada paso a paso, dirigida a que el profesorado de secundaria pueda ofrecer pautas para dibujar con éxito un microfósil a partir del microscopio o lupa binocular.

CIENCIA, DIBUJO Y MICROSCOPIO

Divulgación de las Ciencias Naturales

La revolución científica del siglo XVIII supuso un hito en el progreso de la ciencia dos avances tecnológicos clave. Por un lado, la mejora y perfeccionamiento de las técnicas de reproducción mecánica de texto e imágenes: permitieron el abaratamiento de las copias de textos científicos, y con ello la amplia divulgación del conocimiento. Por otro, el mayor desarrollo de la óptica, descubriendo objetos y aspectos de los mismos que no estaban al alcance de la vista, debido a su pequeño tamaño.

No necesariamente la innovación tecnológica conlleva una representación precisa. Es importante distinguir entre la evolución de la técnica de reproducción y la expresión gráfica por medio del dibujo. En muchas ocasiones el preciosismo de la técnica no se corresponde adecuadamente a la representación. “La importancia artística de un medio expresivo no radica en ninguna cualidad del propio medio, sino en las cualidades del cerebro y la mano que lo usan” (Ivins, 1953, 168).

En Ciencias Naturales, el interés de parte de numerosos tratadistas en definir y clasificar los objetos científicos, fomentó el uso del dibujo. El primero en expresar el interés hacia la variedad y la enumeración de características formales de los restos encontrados al excavar la tierra, fue Ulises Aldrovandi (Italia, 1522-1605), precursor de la Geología. Además, se enfatizaba en la importancia de la observación

visual como dato objetivo para definir especies y generar una clasificación (Vai y Cavazza, 2006, 53). *Musaeum Metallicum* (1648) es uno de los grandes tratados póstumos de Aldrovandi. En él se puede apreciar la importancia de la representación gráfica en Ciencias Naturales, incluso Aldrovandi confesó haber requerido asistencia de pintores para realizar sus dibujos:

“No se puede hacer nada mejor, para conocer plantas y animales, que retratarlas del natural. (...) para no interrumpir mis estudios, he tenido pintores a mi alcance continuamente”. (Aldrovandi, 1572, en Baucon, 2008, 17).

Rol del coleccionista-microscopista

Indispensable para entender un momento en que la investigación en ciencia empezaba a apreciar características que no era posible percibir a simple vista, es la célebre obra editada en el año 1665, *Micrographia*, del inglés Robert Hooke (1635-1703). Supuso una gran revolución, porque incluye los primeros dibujos a gran escala de organismos completos vistos al microscopio. Es llamativo el hecho de que pocos ejemplares originales conservan uno de los grabados desplegables, una pulga a gran escala (Fig. 1, A y B), posiblemente eran sacados del libro por su atractivo. La particularidad de este dibujo reside en que está elaborado a partir de dibujos parciales, (visiones parciales derivadas de la limitada área de visión del microscopio), unidos y armonizados en un dibujo completo. Es de los primeros dibujos que requería un análisis exhaustivo de la forma, en un momento en que la impostura estética era férrea, y por otro lado un ejercicio de globalidad que incluyera todos los detalles. Es decir, el ejercicio clave es captar la forma global, general del individuo, no solo parcialmente, incluyendo en esa forma general los aspectos particulares y parciales que se observan en el visor del microscopio. Solo a partir de una visión de conjunto se puede situar correctamente el detalle. Podríamos compararlo con la reconstrucción de un puzzle, del cual es necesario conocer la imagen completa para poder situar correctamente los fragmentos.

Expediciones

Las expediciones naturalistas desde Inglaterra y también desde España supusieron un gran impulso para el avance científico, y está relacionado con el dibujo y la pintura. Paulatinamente se fue generando un cambio importante desde la mentalidad mística medieval hasta una visión más naturalista y pragmática. Un ejemplo de la influencia del imaginario colectivo, dirigido por mitologías, se hace patente en dibujos como la sirena-foca, registro de los primeros viajes a las Américas, conservado en el Archivo de Indias (Fig. 2). Progresivamente, la imagen evolucionó a una búsqueda de la fidelidad visual o un alto grado de iconicidad. En este contexto (mediados-finales del s.XVIII), la tarea del dibujante era imprescindible. En los primeros viajes aún no se había inventado la fotografía, y era el dibujo la única forma de registrar visualmente las observaciones de los científicos. Además, requería un trabajo de reconstrucción e imaginación en muchas de las disciplinas. En la reproducción de imágenes botánicas, por ejemplo, los pinto-

res debían dibujar en la misma imagen la floración y los frutos, cuando no sería posible ver en un mismo instante más de uno de los momentos, así como partes no visibles, como el interior del fruto y la flor o las raíces de una planta, siendo un claro ejemplo de la relevancia del dibujo para recrear en una misma imagen tiempos y espacios diferentes (Fig. 3). Como ejemplo, la expedición Malaspina (1789-1794) es una de las expediciones científicas más importantes que partieron de España en el siglo XVIII. De los dibujantes que participaron en ella ha hecho un profundo estudio Sotos (1984), con una recopilación de material gráfico de la expedición y la biografía y pormenores de los pintores contratados, destacan representaciones en el área de botánica.

Dibujo, fotografía, ilustración

A continuación, entramos a defender el rol del dibujo y su capacidad para representar de manera objetiva y sintética la forma, distinguiendo el acto pensante de dibujar frente a la obtención de imágenes por procesos mecánicos. Además de buscar la objetividad, a través del dibujo se pueden fomentar características artísticas y creativas, que añaden valor a la ilustración.

El dibujo en micropaleontología debe ser considerado como un factor epistémico, porque es uno de los actores principales en el desarrollo mismo de esta ciencia (Ortega 2002, 82), por eso defendemos que su función divulgativa, didáctica y documental es *a posteriori* de su función investigadora. Por otro lado, es interesante ver los niveles de realidad que se le aplican a la imagen, es decir, hasta qué punto una imagen puede ser considerada como la plasmación de lo que es verdad, términos de objetividad que deben ser intrínsecos para la imagen que transmite una información científica.

A los diversos documentos gráficos generados en el estudio y la divulgación de la ciencia se han llamado con mucha frecuencia *ilustración científica*. Esta terminología implica un prejuicio, al concebir a las imágenes como subsidiarias de una teoría escrita, relegando dicha imagen a un mero valor decorativo. Sin embargo, en muchos casos no es así, ya que las imágenes asumen una función tanto o más importante que las palabras. Después de analizar diversos textos y las conclusiones de nuestra propia investigación, consideramos que el término *ilustración científica* debe ser sustituido por el más adecuado de *imagen científica*, ya que implica que es una parte fundamental e integradora de conocimiento. La imagen en este terreno no sólo es usada para acompañar a un texto, sino que la misma imagen configura el contenido, construyendo la teoría.

Por otro lado, las referencias visuales en ciencia, como el dibujo o la fotografía, ocupan un lugar que no es solamente el de glosar una información escrita, sino que aportan un contenido formal imprescindible y son utilizadas también durante el proceso de investigación, no siempre diseñadas a posteriori para traducir las ideas escritas. En Estados Unidos está extendido el uso del término Scientific Visual Communication para referirse a una disciplina que abarca desde dibujos representativos de la naturaleza a conceptos e ideas expuestos en gráficos (Hernández, 2010, 37).



Fig. 2. Dibujo a tinta localizado en un manuscrito de Martín de Acosta, del año 1533, en el Archivo de Indias, Sevilla, cuya descripción es "peje", pez en castellano antiguo.

Cuando esta imagen es obtenida por medio de una acción voluntaria, intencionada y dirigida, "dibujando", entonces esta imagen científica puede denominarse *dibujo científico*. No son meras representaciones de la imagen que se obtiene ante la vista. Dicha imagen es efímera, cambia según la luz o la posición, y puede ser parcial o incluso engañosa. El acto de dibujar supone realizar una selección, modificación e interpretación del mundo visible.

El grado de realidad de una representación elaborada no es comparable con la fotografía, que representa un instante y un único punto de vista. En la representación gráfica dibujada, se pueden recrear de manera sintética distintos puntos de vista y en

Fig. 3. Ilustración botánica de *Buddleia Nappii*, en Doering et al., 1881 (Lám. 8, Figs. 1-6).

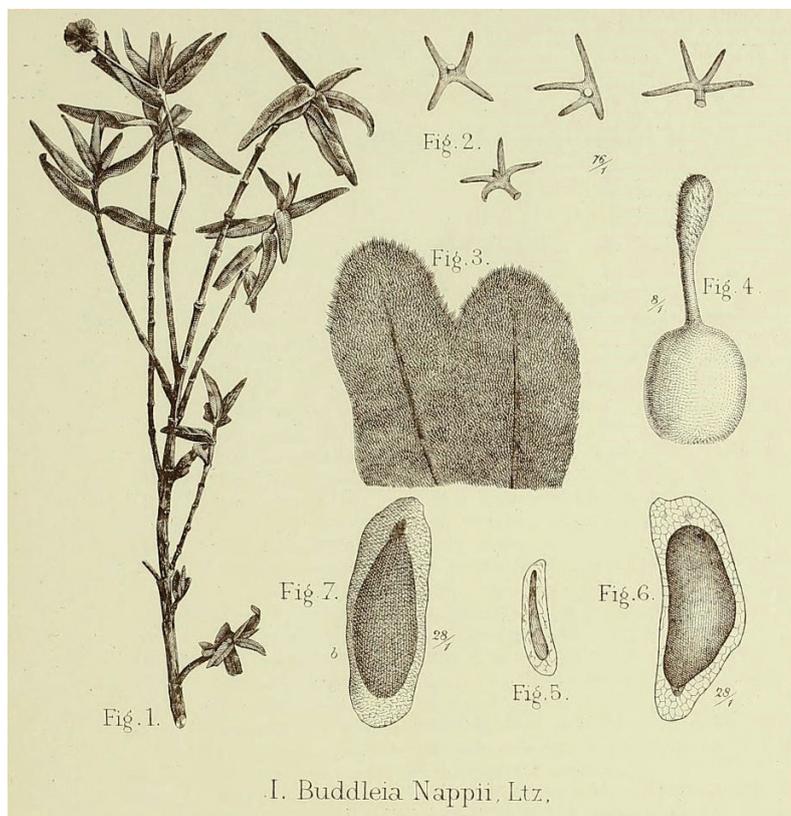
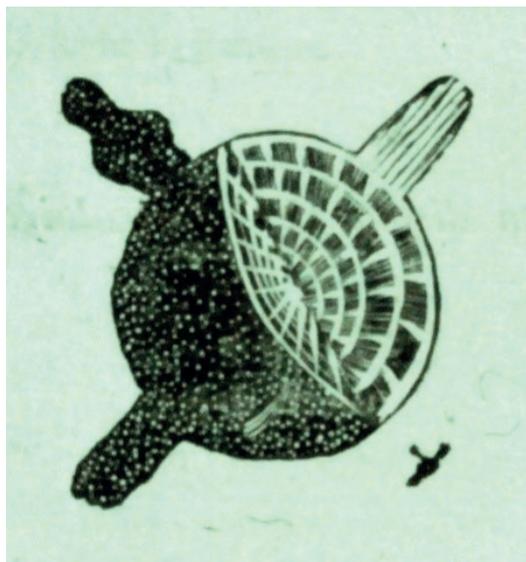


Fig. 4. Dibujo en el que se utiliza como escala gráfica el ejemplar a tamaño natural (en la parte inferior derecha) (De Monfort 1808, Lám. 37).

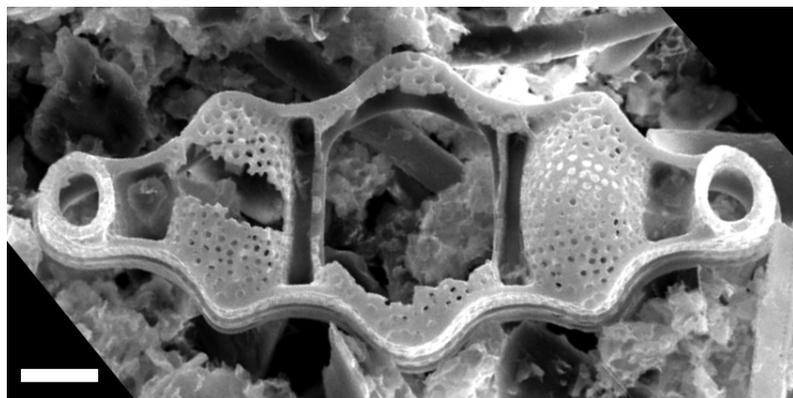


distintos instantes. No se trata de hacer una confrontación dialéctica en la que se opone la capacidad de la fotografía para generar conocimiento frente a la del dibujo. Los recursos fotográficos han supuesto un gran avance en el conocimiento científico, tanto por facilitar la divulgación como por ser un vehículo en sí mismo de una realidad que en muchas ocasiones no es accesible al ojo desnudo. Ambas técnicas son complementarias. Es la similitud de la imagen fotográfica con la experiencia visual la causa de que se le otorgue a la fotografía un nivel alto de veracidad, como comentábamos antes. Este hecho, en un ambiente científico, que busca la fiabilidad frente a la subjetividad de las sensaciones, hace que sea utilizada junto con el dibujo, invariablemente. “El dibujo tiene la característica de generar el pensamiento visual de forma directa e inmediata.” (Gámiz Gordo, 2003, 24).

Especificidades del dibujo al microscopio

De la tesis de Hernández (2010, 39-44), que repasa las características de la imagen científica en general, extraemos algunos aspectos, aquellos que tienen que ver con el dibujo aplicado al estudio de microfósiles complejos: carácter didáctico, normalización, objetividad, economía, rigor, focalización, univocidad. A estos aspectos añadimos otros dos que consideramos importantes: uno de ellos es el atractivo estético, un ingrediente que es valorado como placer visual, exceptuando escasos ejemplos.

Fig. 5. Modificado de Pineda et al. 2021, 14, Fig.15, C.



Hay otro factor que es importante en el caso de los microfósiles: el tamaño al que se realiza el dibujo. Debido a su tamaño milimétrico, es necesaria su ampliación de unas 20 o 50 veces para que los rasgos sean identificables a la vista. Además, el dibujo se debe realizar a un tamaño doble del que será representado, porque la anatomía se dibuja con más facilidad, y el detalle en el resultado final quedará reducido con una línea también más delgada, por lo que no pierde resolución. La necesidad de un tamaño muy ampliado es un requisito para obtener un resultado exitoso.

La información acerca del tamaño del fósil representado es sumamente valiosa, por eso se debe usar siempre una escala. Es un elemento de comparación que nos permite establecer relaciones de tamaño y adaptar éste a una medida abarcable para su correcta visualización. Es una de las convenciones que aporta más objetividad al dibujo científico, porque la medida representada debe ser proporcional al original. Normalmente, es expresada de forma numérica o gráfica. Es la relación que existe entre el objeto real y su representación gráfica, de forma que, siguiendo a la inversa dichos parámetros, se podría obtener una muestra de escala natural, es decir, de su tamaño real.

La escala gráfica más común se presenta como rectas divididas en un número de partes iguales, o solo un segmento. La medida del segmento representa la medida en el plano, es decir, es también una relación de igualdad. Para aplicar una escala a un dibujo, se utiliza un método gráfico basado en el Teorema de Tales, mediante el uso de reglas o escalímetros. En la historia de la investigación en micropaleontología encontramos a menudo referencias directas al tamaño real, dibujando junto al holotipo un ejemplar a tamaño natural, así se ve a simple vista la ampliación a la que ha sido objeto el dibujo (Fig. 4). En las imágenes obtenidas con un microscopio electrónico, aparece por defecto un segmento, indicando la proporción, junto a la imagen (ver Fig. 5).

Dicha escala gráfica, representada por un segmento, resulta mucho más útil para el estudio micropaleontológico, porque, al estar incluida en la fotografía o dibujo, su información permanece constante, aunque se modifique el tamaño de ésta al reproducirla.

PROPUESTA DE DIBUJO AL MICROSCOPIO

En este apartado se propone la práctica de dibujo a partir de una imagen obtenida con microscopio electrónico. Se aportan las bases sobre las cuales se debe comenzar el dibujo, como los materiales y algunas observaciones generales, para luego especificar el proceso en dos niveles de aplicación, llamados “caso A” y “caso B”. El caso A, puede ser de utilidad para aplicar con estudiantes de secundaria, el caso B es de mayor complejidad, y necesita conocimientos previos de dibujo, como geometría e interpretación de la luminosidad.

El proceso explicado representa solo una guía orientativa, que podría ampliarse, modificarse y completarse, según el nivel conceptual y práctico de la persona a la que se dirija el ejercicio.

Materiales

El primer paso consiste en la observación del ejemplar, y para ello necesitamos una herramienta con una buena óptica, dependiendo del tamaño del fósil puede ser un microscopio o una lupa y una buena luz. Si se trata de un microscopio electrónico, las imágenes obtenidas son fotografías digitales a un tamaño muy ampliado, especificado con una pequeña escala gráfica en cada imagen. Desde el momento de la observación, ya se suelen hacer anotaciones (dibujos), que facilitan un análisis de las observaciones morfológicas.

Para realizar los dibujos previos, necesitaremos disponer de un espacio con buena luz, papel (DIN A4), regla de 30 cm., lápiz grafito nº B o 2B, goma; en los casos que presentamos también es necesario disponer de un compás y escuadras. Para el caso A, también será necesario una lámina fina de acetato, una carpeta con pinza y un rotulador indeleble fino (0,5).

Finalmente, para la elaboración de la lámina del caso A, hemos escogido papel vegetal formato DIN A4, goma de borrar para grafito y lápices de grafito de dureza B. Para el caso B, una técnica pictórica versátil, que permite rectificaciones y transparencias: el gouache, sobre un papel adecuado, de un gramaje aproximado de 200 gr/m².

Observaciones a partir del microscopio electrónico

Lo más importante para comenzar un dibujo científico es el estudio y la observación. Dibujar es una forma de pensar, y la mano obedece a la mente, según el análisis que se haya hecho de la forma. El dibujo, estrictamente, es un conjunto de líneas y manchas, ordenadas sobre un soporte. Según sea la disposición de dichas formas gráficas, y el conocimiento del observador, logran representar una forma y unos volúmenes, ya sean reales o inventados. Es fundamental tener unos conocimientos mínimos del microfósil que se va a estudiar, para conocer y distinguir los aspectos morfológicos clave que determinan su clasificación. Por eso, es muy útil disponer de documentación teórica, así como ver dibujos y fotografías de anteriores publicaciones.

Caso A

Para el primer caso de estudio, presentamos la imagen incompleta de una diatomea. En este caso, *Biddulphia* sp. Las diatomeas son algas unicelulares (*fitoplacton*) que generan una pared celular de sílice opalino, con una amplia variedad de formas. Las conchas cristalinas se acumulan en depósitos, útiles para el filtrado (tierras de diatomeas). Distinguir su estructura facilitará la clasificación. Su cuerpo (*frústula*) se compone de dos mitades, unidas estrechamente. Los rasgos significativos de esta diatomea se pueden observar sobre un mismo plano, porque en este caso un plano de planta es suficiente para su clasificación. Al eliminar la información tridimensional, se simplifica mucho la labor de dibujo. Nos centraremos en la relación de tamaños, proporción largor ancho, y la disposición de los poros. El ejemplar que tenemos se distingue por su simetría axial (Fig. 5).

Para realizar este dibujo se ha tenido en cuenta el nivel del estudiante al que va dirigido. Proponemos un procedimiento que omitiría la observación de proporciones (relación alto-ancho), necesario para

copiar a mano alzada, pero de gran complejidad. La propuesta podría usarse para replicar la forma con un mayor grado de éxito; usando cuadrícula de ampliación. La mayor dificultad consistirá en interpretar las formas desaparecidas por la fragmentación y en distinguir aspectos universales de accidentales.

Se propone realizar una cuadrícula en un papel transparente, como una lámina de acetato. El tamaño de la cuadrícula debe ser mayor que el de la fotografía que nos sirve de base para el dibujo, para que la cuadrícula cubra totalmente la figura a representar. El espaciado de la cuadrícula (tamaño de los cuadrados) dependerá del grado de detalle que queramos copiar, teniendo en cuenta que, para una imagen impresa como mostramos, con un diámetro mayor de unos 15 cm. puede ser más que suficiente realizar la cuadrícula de 1cm. Es útil que el dibujo de la cuadrícula sea en algún color que destaque sobre la imagen (fig. 6A).

Necesitaremos otra cuadrícula, sobre papel o cartulina de tamaño DIN A4, que servirá de base para realizar el dibujo final. El tamaño de la cuadrícula vendrá determinado por el tamaño al que se desea realizar el dibujo final. Lo más importante a tener en cuenta es que tenga el mismo número de cuadrados por cada lado que la cuadrícula anterior, para poder ampliar correctamente el dibujo. Un error muy común es dividir cada lado en x partes, de modo que no tiene por qué coincidir la medida de cada lado, resultando en una división rectangular, en lugar de cuadrada. Y se coloca un papel vegetal de la misma medida (DIN A4) sobre la 2ª cuadrícula, asegurando que no se moverá, por ejemplo, colocando con pinzas sobre una tabla o carpeta. Es mejor evitar usar cinta adhesiva, porque estropea el papel.

A partir de este momento, el proceso es laborioso, pero sencillo. Se deben ubicar los límites externos de la forma, relacionando ambas cuadrículas, como si se tratase de un eje de coordenadas. El reto más complejo aquí será la idealización de la forma, consistirá en interpretar las partes fragmentadas y completarlas. Al presentar simetrías axiales, es muy fácil interpretar los fragmentos ausentes para poder completarlos. Se recomienda comenzar dibujando el contorno externo, emitiendo la información tridimensional que aparece en la fotografía (Fig. 6 B), para ir completando el dibujo progresivamente, procurando que mantenga un aspecto simétrico, algo libre, para respetar el aspecto de naturalismo (no hay formas exactamente simétricas en la naturaleza) (Fig. 6, C y D).

El último paso será realizar un ligero sombreado en las zonas más oscuras y resaltar, ya sin cuadrículas, las formas más características, buscando un ligero contraste para realzar la forma (Fig. 6 E). Es necesario colocar el papel vegetal dibujado sobre un papel blanco, para que se pueda ver bien el dibujo y fotografiar, escanear o presentar. Mostramos el dibujo que realizó el adolescente de 14 años (A.G.L.), antes de recibir las instrucciones para el uso de la cuadrícula (Fig. 6 F).

Caso B

En el segundo caso, veremos un radiolario (Fig.7), concretamente clase Polycystinea, Subclase Spumellaria, familia Actinommidae. Es un protozoo

Fig. 6. A: Muestra de la "cuadrícula 1" sobre la imagen; B: comienzo del dibujo, con los contornos, se observa la superposición del papel vegetal sobre la "cuadrícula 2"; C y D: Proceso de replicación-ampliación, siempre realizado sobre la cuadrícula; E: vista final del proceso; F: dibujo realizado copiando la imagen original, antes de recibir instrucciones. Todos estos dibujos están realizados por A.G.L., (adolescente de 14 años).

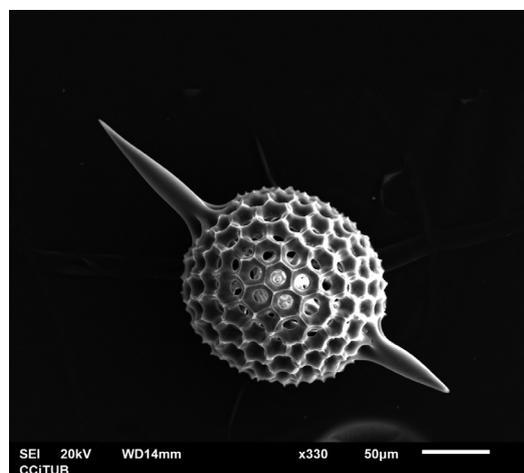
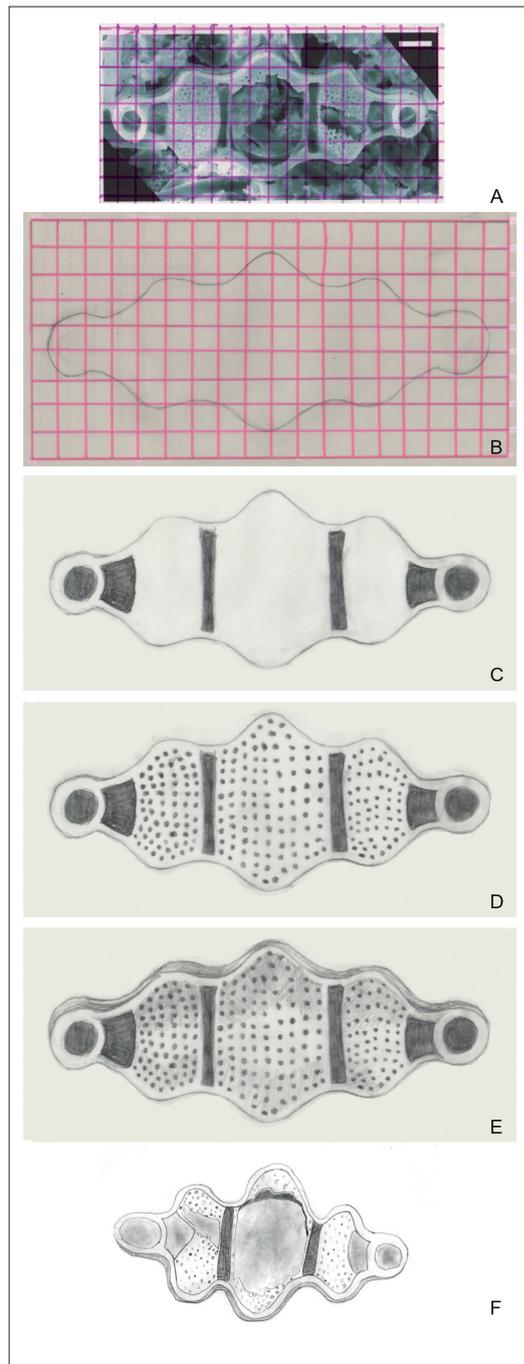


Fig. 7. Fotografía a partir del microscopio electrónico, correspondiente a un radiolario. Cedida por Victoriano Pineda, usada para su trabajo Pineda et al., 2021 (imagen inédita).

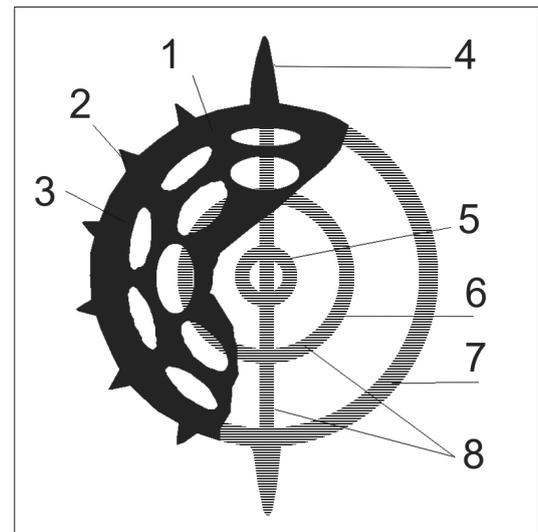


Fig. 8. Esquema del esqueleto de un radiolario. 1- cáscara cortical, 2- espina secundario, 3- poro, 4- espina principal, 5- primera cáscara medular, 6- segunda cáscara medular, 7- cáscara cortical, sección, 8- barras y cáscara. Esquema simplificado y modificado de <https://es.wikipedia.org/wiki/Radiolaria>.

marino, que genera una concha de sílice opalino. Al fosilizarse, presenta una forma esférica, perforada, con una microesfera central. Ambas están atravesadas y unidas por espinas (Fig. 8).

Dibujos previos: encaje y esbozos

El objetivo del dibujo es la elaboración de un modelo universal, claro y conciso, que exprese con rigor la morfología del microfósil estudiado, independientemente de los posibles desperfectos que presente la muestra, como fragmentaciones, anomalías, roturas o ausencia de material. En esta primera fase de dibujo, se realiza una detallada observación, análisis de la forma y síntesis de la misma. Es el estadio más importante del proceso. Se deben identificar los caracteres más significativos del microfósil, distintivos de la especie a representar. Es importante diferenciar las características individuales o accidentales, que no deben aparecer en el modelo dibujado (como fragmentos o incursiones de otros fósiles o minerales, fracturas o material desprendido); de los aspectos universales, que son los que se pretenden dibujar. Por lo tanto, no se trata de copiar fielmente la fotografía, sino de interpretarla lo más objetivamente posible, para mostrar un ejemplar "ideal", completo.

Encaje

Se deben hacer diferentes pruebas de encaje, para buscar la forma más sintética de representar el microfósil. Es fundamental buscar la forma general, global, la relación de tamaños y posición de los ornamentos o elementos estructurales.

El encaje no es más que una guía que ayuda a representar la forma de los objetos. Hay formas que se perciben como de gran complejidad. Encajar significa saber analizarlas, comprenderlas y sintetizarlas mediante formas simples, muy sencillas de trazar (óvalos, círculos, cuadrados...) que servirán de base para el dibujo. Aprender a esquematizar mediante

formas geométricas facilita enormemente el dibujo. Una buena visión de las formas del objeto es una ventaja a la hora de enfrentarse a la representación de cualquier objeto o motivo sobre un papel blanco.

El encaje del objeto a dibujar debe servir también para establecer las medidas o proporciones entre el elemento a dibujar y sus partes. (Fig.9, A-C).

Lo más significativo es que la cáscara cortical del radiolario presenta una forma esférica. Sus perforaciones (poros), están distribuidos formando una red de hexágonos irregulares. Las espinas están distribuidas en las tres dimensiones, y continúan desde la cámara interior hasta el exterior. Nos remitimos a la construcción de esta figura geométrica y su posición sobre un cuerpo esférico, lo cual va a servir de fundamento para construir la imagen (Fig. 9D).

Los esquemas se realizan con un lápiz de dureza media, con muy poca presión, para poder rectificar fácilmente. Tampoco se presta demasiada atención al acabado, porque es un esquema de trabajo previo, para asegurar la comprensión y plantear posibles soluciones de imagen. La correcta aplicación de la estructura permitirá conseguir forma y volumen en el dibujo y, no menos importante, diseñar la disposición espacial, para mostrar claramente la estructura.

Construcción de un hexágono regular

La apariencia externa del radiolario que se pretende ilustrar, se puede representar como una red estructurada de hexágonos. La construcción de un hexágono regular inscrito en una circunferencia es un ejercicio básico de geometría. Es una buena oportunidad para organizar ejercicios transversales con el profesorado de Visual y Plástica.

La esfera como estructura formal

Como base del dibujo, se deben situar los espacios que ocuparán los hexágonos sobre una esfera, adecuando su tamaño, posición y deformación derivada de la perspectiva cónica. Posteriormente, se aplicarán irregularidades, para dar más naturalidad al dibujo.

Para ello, deberemos tener en cuenta cómo se distribuye la unidad formal de la red (hexágono) sobre el volumen tridimensional (esfera como forma global del cuerpo del radiolario), mediante las relaciones correspondientes entre planta y alzado (Fig. 9, E).

Volvemos a trabajar conceptos de dibujo geométrico, recordando que, a partir de la relación entre planta y alzado de una esfera, se puede observar que:

- 1.- La verdadera magnitud de las medidas visuales en una esfera solamente se dan en diámetros y radios.
- 2.- Cualquiera de las medidas visuales que no pertenecen a diámetros y radios, no se visualizan en su verdadera magnitud, lo cual significa que, a medida que se van desplazando desde el centro de la esfera a sus límites, irán disminuyendo progresivamente.
- 3.- En función de lo dicho y referido a la aplicación de los conceptos de los anteriores puntos 1 y 2 en la ilustración del radiolario, la red de hexágonos que modelan su superficie externa se verá afectada

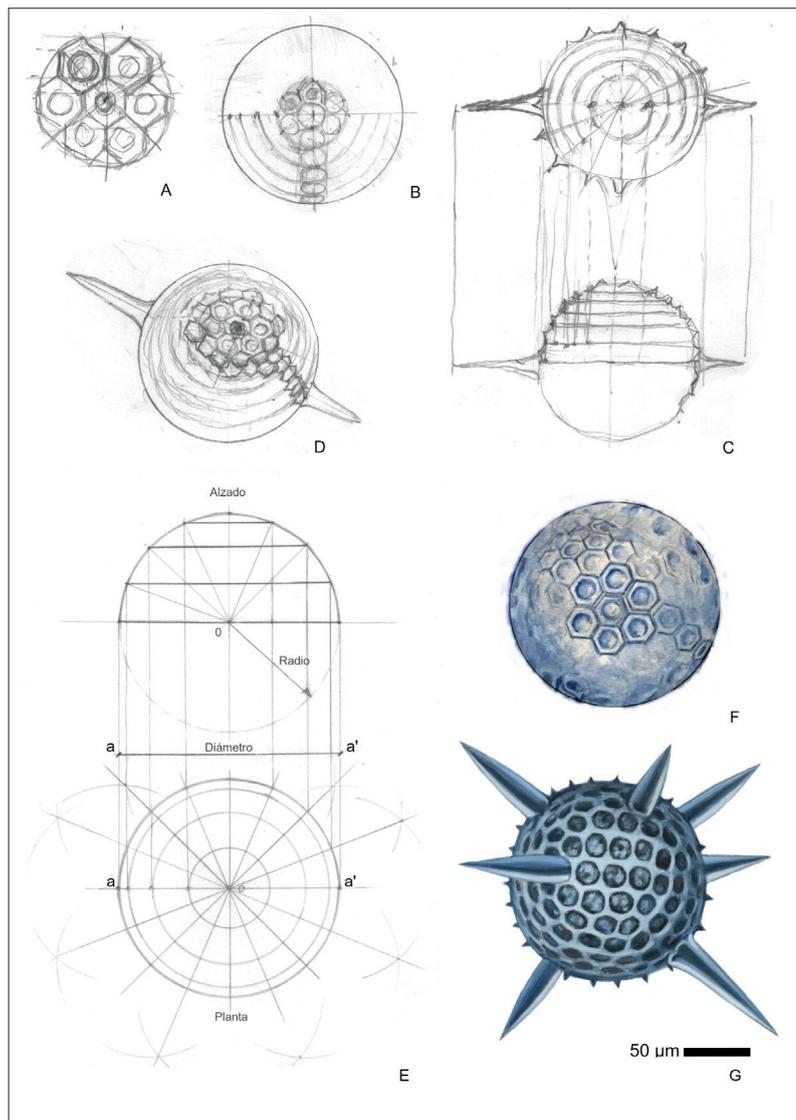


Fig. 9. A-D: Dibujos donde se sintetizan las ideas principales que se deben mostrar. Se muestra la aplicación de la red hexagonal y su distribución en el cuerpo esférico (cáscara cortical) del radiolario. El centro de las formas hexagonales ayudará a situar los poros. E: Proyección de la planta y alzado de una esfera, donde se aprecia la relación de posición y tamaño dependiendo de la situación espacial, aplicando conceptos de geometría. Dibujo a lápiz sobre papel, elaboración propia. F: Primera ilustración representativa de la red de hexágonos distribuida sobre la cáscara cortical del radiolario. Técnica acuarela sobre papel. Elaboración propia. G: Ilustración de un radiolario. En ella observamos cómo se ha completado el proceso de la adaptación de la red hexagonal a la cáscara cortical del radiolario. Las formas hexagonales, una vez situadas, se han desdibujado para dar mayor realismo al radiolario. Mediante la aplicación de un punto de luz, se ha establecido el claroscuro necesario para la obtención del volumen de la cáscara y poros. Técnica gouache sobre papel. Elaboración propia.

por la disminución visual según se encuentren los hexágonos, más o menos cercanos a los límites de la esfera.

Concreción de las formas. El esbozo

El esbozo es el paso que se realiza entre el encaje (formas geométricas simples) y el dibujo definitivo. Es un dibujo mediante líneas sencillas, que ayuda a prever el dibujo completo y acabado. No suele tener un carácter definitivo, pero puede incluir las primeras manchas de claroscuro. Estos primeros contrastes permiten una aproximación preliminar a las indicaciones del volumen definitivo. El esbozo

es, junto al encaje, la manera más segura de plantear el dibujo. Los trazos iniciales dan lugar a otros más firmes que se completan con una elaboración continua del trazo.

La red de hexágonos estrictamente geométrica y regular deberá adaptarse progresivamente, mediante un proceso coherente, dando una forma irregular a los diferentes poros, buscando la naturalidad en la representación. Aunque guardan una relación entre ellos, no son hexágonos regulares y no tienen el mismo tamaño (Fig. 9, F-G).

Las sombras y la escala de grises: valoración, modelado y contrastes

Para lograr que los dibujos generen la ilusión de tridimensionalidad, se consigue utilizando correctamente el sombreado. Este proceso se basa en la percepción de cambios de luminosidad, dichos cambios se denominan valores de gris. Las sombras se producen cuando a un objeto llega un haz de luz y ésta invade su superficie. No se reparte de la misma manera sobre el objeto, por eso aparecen las escalas de valores. Con cada medio y técnica de dibujo se pueden realizar intensidades o gradaciones de gris diferentes, para poder representar las sombras. El aspecto más naturalista del dibujo se alcanza con un sutil modelado de dichos valores de gris, detectando las transiciones: bruscas en cambios de plano, secciones, sombras arrojadas o aristas, y suaves cuando es una forma redondeada.

Finalmente, los contrastes y acentos representan el efecto que se produce al destacar un elemento visual (tonalidad oscura, por ejemplo) en comparación con otro muy distinto (punto de luz, tonalidad clara) en un mismo motivo o entre el motivo y su alrededor. En dibujo el acento significa aquello que proporciona volumen importante a los objetos o acento de aspectos concretos.

Color y acabado para ilustración

Si por una parte se ha dejado claro que debe comprenderse visualmente su estructura formal (*cáscaras corticales, poros, espinas*), para entender lo que se dibuja y posteriormente se ilustra, es necesario también elegir la técnica de color adecuada para conseguir resultados eficientes y atractivos.

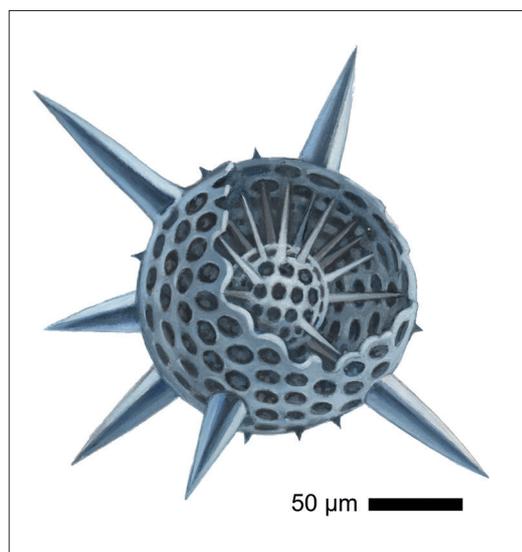


Fig.10. Ilustración terminada de un radiolario seccionado, mostrando su primera y segunda cáscara, espinas y poros correspondientes. Técnica gouache sobre papel. Elaboración propia.

En la primera ilustración preparatoria (Fig. 9, F) el colorido general ha sido dado con acuarela. Esta técnica permite expresar fácilmente el claroscuro con capas de color transparente, empezando por las zonas más luminosas y oscureciendo progresivamente.

En las ilustraciones siguientes (Fig. 9, G y Fig. 10) y dado que el nivel de resolución y complejidad aumentan, se ha optado por la utilización de la técnica de gouache, menos difícil que la acuarela, caracterizada por la opacidad de sus colores, es decir, al ser éstos poco o nada transparentes, permiten rectificaciones (tapar errores para seguir trabajando encima), si se precisa.

Se aplicó un gouache ligero, diluido, todavía translúcido en las primeras capas, que se han completado con capas sucesivas, mediante retoques de gouache mucho más espesos para completar la forma, siempre dentro de la gama cromática escogida. Precisamos algunos aspectos: una de las características principales de la técnica elegida, es que el mismo color puede adquirir aspectos diferentes: diluido en agua, es relativamente transparente y brillante, el mismo color más espeso, menos aguado, es mate y opaco. Como se ha dicho, el gouache permite retoques y se puede borrar parcialmente mediante lavado (aplicación de agua limpia sobre aquella parte que se desee borrar y corregir). Aplicado de forma densa permite tapar completamente aquello que no se desea conservar. Dado que se trata de una técnica húmeda, se requiere un papel de un gramaje medio (200 g/m² en adelante), algo rugoso y poroso, que sea capaz de absorber cierta cantidad de agua sin arrugarse. Tanto en la acuarela como en el gouache, no se debe insistir en la misma zona del papel mientras está húmedo, porque se puede desprender la fibra del papel.

Para la ilustración definitiva se opta por representar un radiolario idealizado, con un fragmento extraído para poder mostrar el interior de la cáscara y se pueda apreciar la continuidad de las espinas y la cápsula interior. Este es el aspecto más complejo del dibujo, porque requiere dominio de la perspectiva cónica y mucha capacidad de visualización e ideación.

Se aplica volumen mediante el claroscuro, teniendo en cuenta que la iluminación ha de ser desde arriba y de izquierda a derecha, porque es el sentido habitual, en la cultura occidental, de representar la incidencia de la luz. En este caso se han aplicado los conceptos del sombreado de superficies curvas, concretamente a una esfera, produciéndose la lógica y suave degradación de tonos que va desde la máxima luz, a la más profunda sombra. En este punto del proceso también es deseable la interacción con el profesorado de Visual y Plástica, al ser un proceso de mayor complejidad, que requiere el conocimiento de la técnica.

En nuestro caso, la aplicación del volumen ha implicado un complejo proceso de degradados, debido a los poros que presenta la superficie del radiolario, y también por la explicación del grosor de la concha y las profundidades interiores observables a través de los poros. En este último momento es cuando se enfatiza el detalle, la precisión de la forma y el aspecto acabado, buscando la naturalidad y crear sensación realista de iluminación y el accidente de la forma.

CONSIDERACIONES FINALES

Se ha expuesto la importancia de la evolución de la ilustración científica en paralelo al desarrollo de otros medios visuales (fotografía, microscopio...), sus relaciones y complementariedad. Las particularidades de la micropaleontología hacen que dibujar sea una parte imprescindible de la investigación. Hemos visto cómo el dibujo ayuda a conocer, a aprender y a explicar complejas morfologías. El éxito de un buen dibujo no depende tanto de habilidades manuales, destrezas que se pueden educar, sino de observación y síntesis. Independientemente de la técnica elegida, es necesario comenzar con apuntes, bocetos que reflejen el conjunto, no el detalle. Es verdad que son útiles los conceptos del dibujo realista o figurativo, como son la elección de puntos de vista, la valoración de claroscuro, además de las convenciones establecidas para cada ámbito. Mediante un proceso de abstracción y síntesis, el dibujo final en tres dimensiones aspira a una aproximación figurativa, similar a la apariencia que pudiera tener un objeto visible. El dibujo no es de tipo naturalista, de "copia" de la naturaleza, sino que corresponde a un modelo idealizado, fruto de un proceso de abstracción que integra y sintetiza los distintos aspectos observados. Todo el proceso concluirá de forma exitosa si se es capaz de encontrar la diferencia entre lo global y accidental, entre forma general y detalle, y añadir mucha práctica y paciencia.

AGRADECIMIENTOS

Esta investigación fue financiada por la Agencia Estatal de Investigación [PID2020-112964RB-I00/AEI] y [PID2020-118999GB-I00/AEI]; el Instituto de Desarrollo Profesional de la Universidad de Barcelona [REDICE20-2483]; y el Programa de Investigación, Innovación y Mejora de la Docencia y el Aprendizaje de la Universidad de Barcelona [2021PID-UB/001].

Agradecemos a Victoriano Pineda la cesión de las imágenes de radiolario y diatomea y su ayuda en la aclaración de dudas y a Hugo Corbí por sus inestimables consejos en la elaboración de este trabajo.

BIBLIOGRAFÍA

- Aldrovandi, U. (1572). *Discorsnaturale di UlisseAldrovandi, philosopho e medico*. Manuscrito.
- Aldrovandi, U. (1648). *MusaeumMetallicum in libros III distributum*. Bolonia, Italia: BaptistaeFerronij.
- Baucon, A. (2008). Italy, the Cradle of Ichnology: the legacy of Aldrovandi and Leonardo. *Studi Trent. Sci. Nat., Acta Geol*, 83, 15-29.
- Cespadosa Rivas, A. (2009). El dibujo científico. Ilustración de una publicación científica. *Innovación y experiencias educativas*, 22, 35.
- Cocucci, A.E. (2000). *Dibujo científico*. Córdoba, Argentina: Sociedad Argentina de Botánica.
- Doering, A., Holmberg, E., Berg, C. Lorentz, P. G., Niederlein, G. (1881). *Informe oficial de la comisión científica agregada al Estado Mayor de la expedición al Río Negro (Patagonia): realizada en los meses de abril, mayo y junio de 1879 bajo las órdenes del general Julio A. Roca*. Buenos Aires: Ostwald y Martínez.
- Gámiz Gordo, A. (2003). *Ideas sobre el análisis, Dibujo y Arquitectura*. Secretariado de publicaciones de la Universidad de Sevilla.
- Hanna, G.D. (1931). Illustrating Fossils. *Journal of Paleontology*, 5, 1, 49-68.
- Hernández Muñoz, O. (2010). La Dimensión Comunicativa de la Imagen Científica: Representación Gráfica de Conceptos en las Ciencias de la Vida. Tesis doctoral, Universidad Complutense de Madrid.
- Hodges, E. R. S. (1989). *The guild handbook of scientific illustration*. Nueva York: Van Nostrand Reinhold. Edición consultada: 2003. Hoboken, Nueva Jersey: John Wiley.
- Hooke, R. (1665). *Micrographia, or some physiological descriptions of minute bodies made by magnifying glasses. With observations and inquiries thereon*. Londres: Martyn and Allestry, The Royal Society.
- Ivins, W.M.Jr. (1953). *Prints and Visual Communication*. Cambridge (Massachusetts). (Traducción consultada: 1975. *Imagen Impresa y Conocimiento*. Barcelona: Gustavo Gili).
- Mishra, P. (2004). The role of abstraction in scientific illustration: implications for pedagogy. En *Visual Rhetoric in a Digital World: A Critical Sourcebook*. Carolyn Handa, Ed. Nueva York: Bedford-St. Martin's, 177-94.
- Montfort P., D. de (1808). *Conchyliologie systématique et classification méthodique des coquilles*. Vol. 1, XXXVII, 146. París: SchoellParís: Schoell.
- Ortega, M.L. (2002). Una propuesta para el análisis de las imágenes científicas en la formación del profesorado: una aproximación socio-epistemológica. *Investigación y Desarrollo*, 10, 1, 76-99.
- Pineda, V., Gibert, L., Carrazana, A., Ibáñez-Insa, J. y Sánchez-Román, M. (2020). Interevaporitic deposits of Las Minas Gypsum Unit: A record of Late Tortonian marine incursions and dolomite precipitation in Las Minas Basin (eastern Betic Cordillera, SE Spain). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 564, 1-18.
- Sotos Serrano, C. (1984). *Los pintores de la expedición de Alejandro Malaspina*. Madrid: Real Academia de la Historia.
- Vai, G.B. y Cavazza, W. (2006). Ulisse Aldrovandi and the origin of geology and science. En: *The origins of Geology in Italy*. (Eds.: G.B. Vai y W.G.E. Caldwell). Geological Society of America Special Papers, 43-63.
- Wood, P. (1994). *Scientific Illustration*, 2nd edition. Nueva York: John Wiley e hijos. ■

Este artículo fue recibido el día 20 de enero de 2021 y aceptado definitivamente para su publicación el 25 de abril de 2021.