

MODELOS TRIDIMENSIONALES DE FORAMINÍFEROS FÓSILES DE LUKAS HOTTINGER

María Lería*

mlieriemo7@alumnes.ub.edu

Carles Ferràndez-Canyadell**

carlesferrandez@ub.edu

Manuel Ruiz-Ortega***

manuelruizortega@ub.edu

Universitat de Barcelona

RESUMEN

Este trabajo está centrado en la relación que existe entre arte y ciencia desde el punto de vista del uso de la ilustración científica como herramienta de divulgación. El profesor Dr. Lukas Hottinger (1923-2011) fue un experto en un grupo de microorganismos: los foraminíferos. Fue un científico creativo y prolífico, con una gran habilidad para explicar con imágenes la compleja estructura interna del esqueleto de dichos seres. A partir del estudio pormenorizado de los dibujos en sus más de doscientas publicaciones científicas, se analiza el uso de la representación gráfica en ciencia, concretamente en paleontología, y cómo ha evolucionado y se ha adaptado a las nuevas tecnologías. Se muestra una vez más la importancia de crear un dibujo en tres dimensiones como herramienta indispensable para conocer y explicar los aspectos más complicados del esqueleto de seres microscópicos. Mostramos cómo el ingenio y el talento artístico de científicos dedicados al estudio de los foraminíferos, como Lukas Hottinger, hacen de estas ilustraciones un elemento único e incomparable para la transmisión del conocimiento en micropaleontología. Los resultados reafirman la indiscutible importancia de una buena base de conceptos y técnica de dibujo para expresar ideas con claridad.

PALABRAS CLAVE: ilustración científica, micropaleontología, dibujo, representación gráfica.

ABSTRACT

«Three-dimensional models of fossil foraminifera by Lukas Hottinger». This work focuses on the relationship between art and science, from the point of view of scientific illustration as a popularisation tool. Professor Lukas Hottinger (1923-2011) was an expert on a group of microorganisms, foraminifera. He was a creative and prolific scientist, highly skilled at explaining the complex internal structure of the skeletons of these creatures through images. With an in-depth study of the drawings in more than two hundred scientific publications, the use of graphic representation in science is analysed, specifically in Palaeontology and how it has progressed and adapted to new technologies. It once again illustrates the importance of creating a three-dimensional drawing as an essential tool for discovering and



explaining the more complicated aspects of the skeletons of microscopic beings. We show how the skill and artistic talent of scientists that study foraminifera, like Lukas Hottinger, make these illustrations unique and incomparable elements for transferring knowledge in micropaleontology. The results confirm the undeniable importance of solid concepts and drawing techniques to express ideas with great clarity.

KEY WORDS: scientific illustration, micropaleontology, drawing, graphic representation.

1. INTRODUCCIÓN

Hay diversas áreas de conocimiento, por ejemplo la arquitectura, en las que la representación gráfica es indispensable, un lenguaje con su propio código y sintaxis. Se ha demostrado en innumerables tratados la importancia de esa herramienta insustituible que es el lápiz, como recoge el intenso compendio sobre el dibujo en arquitectura de la Universidad de Sevilla, de Gámiz (1).

«Pensar dibujando y dibujar pensando» es una práctica que ayuda a conocer, entender y explicar las formas visibles. Actualmente hay tecnologías de obtención y tratamiento de la imagen que están altamente desarrolladas. Gracias a ellas se ha permitido conocer a gran escala detalles que en ocasiones sólo han confirmado lo que grandes observadores del siglo XIX ya habían descrito. Nos podemos preguntar si aún es necesario aprender a crear una imagen con los conceptos y conocimientos tradicionales de dibujo para explicar los detalles que ya se obtienen con este tipo de imagen. Es decir, cuestionamos la importancia, hoy en día, de aprender a dibujar para ilustrar unos seres microscópicos que se aprecian mejor en un microscopio electrónico de barrido o por medio de microtomografías computerizadas de rayos X (2), que consiguen plasmar imágenes de muy alta resolución, y sin duda también han resultado herramientas que han permitido un gran avance en el conocimiento de la morfología de microfósiles como los foraminíferos.

Este trabajo se enmarca en una serie de estudios sobre ilustración científica en micropaleontología, que profundizan en la necesidad de generar una imagen que defina aspectos que no se pueden apreciar a simple vista o por medio de la fotografía, óptica o de microscopio electrónico. Nos centramos aquí en el uso de la ilustración para explicar los aspectos estructurales de los foraminíferos, seres unicelulares que generan una concha mineral con una compleja estructura interna, subdividida en compartimentos a su vez subdivididos, conectados por una intrincada red de conexiones de distintos tipos y con otros elementos estructurales en las paredes o atravesando los compartimentos. Sus esqueletos no miden más de un centímetro de diámetro, aunque algunas especies pueden llegar a medir hasta 10 cm (fig. 1). Se

* Dep. de Dibuix, Facultat de Belles Arts, Universitat de Barcelona.

** Dep. D'Estratigrafia, Paleontologia i Geociències Marines Facultat de Geologia, Universitat de Barcelona.

*** Dep. de Dibuix, Facultat de Belles Arts, Universitat de Barcelona.



Figura 1. A la izquierda, un foraminífero planctónico dentro del ojo de una aguja, visto al microscopio electrónico. A la derecha, foraminíferos complejos de varios centímetros de diámetro.

trata de organismos que han evolucionado y se han diversificado a lo largo de las eras geológicas, con un registro fósil de 500 millones de años. Su diversidad morfológica es muy rica: actualmente existen unas 6.000 especies de foraminíferos y más de 50.000 especies fósiles. Su clasificación es muy útil en el ámbito de la geología para determinar las edades de los estratos a partir de las especies que contienen, existiendo escalas bioestratigráficas basadas en estos organismos. Por su capacidad de adaptación a diferentes ambientes marinos, con temperaturas y batimetrías distintas, son de gran ayuda también para la reconstrucción de los paleoambientes, importantísimos para discernir sobre el cambio climático.

COMO LOS DESCRIBEN LOS COLABORADORES DE HOTTINGER (3)

Los foraminíferos constituyen un grupo de organismos cuya abundancia en el registro fósil a lo largo del tiempo geológico, evolución, complejidad y tamaño los convierte en una herramienta privilegiada para estudiar el presente y pasado de la Tierra. Con objeto de conocer el grupo, se analizan las principales características del organismo vivo, su ciclo de vida y los condicionantes ecológicos. Pero en cualquier estudio de tipo paleobiológico el elemento básico, y el único en estado fósil, para diferenciar los foraminíferos es la concha. Además, la concha refleja un conjunto de caracteres funcionales del organismo vivo y ayuda a comprender el éxito de ciertos foraminíferos en determinados ambientes y también sus tendencias evolutivas a lo largo de la historia de la vida. Por último, se describen algunos aspectos de interés derivados del estudio de este grupo, tales como su importancia como formadores de rocas y su aplicación a la hora de elaborar escalas temporales, solucionar problemas de tipo biológico o predecir el futuro.



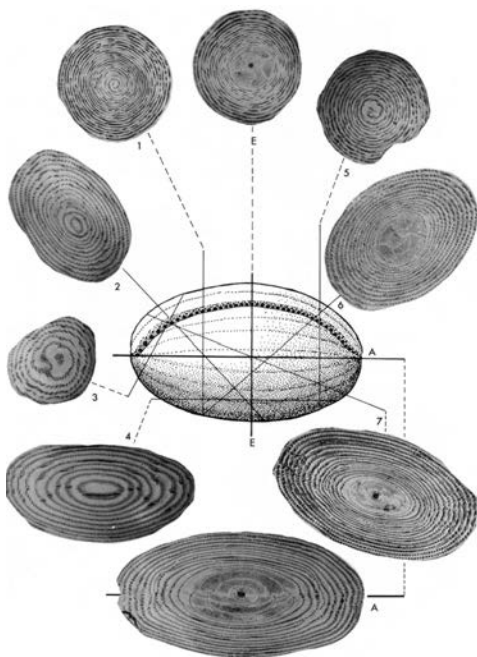


Figura 2. Ejemplo de las diferentes secciones que hacen falta para comprender la estructura interna de un foraminífero complejo, en este caso, el género *Alveolina* (17), lám. 2.

La estructura interna de la concha no es visible desde el exterior, por lo que resulta imprescindible seccionar el individuo para poder observarlo al microscopio y realizar un estudio del interior de la concha. De manera que se requieren numerosas secciones para poder entender su morfología interna.

Cuando las muestras fosilizadas se encuentran incluidas en la roca, las secciones son aleatorias, no orientadas. También pueden obtenerse individuos sueltos, extraídos de sedimentos disgregables (arenas, arcillas, margas). En ese caso se pueden obtener secciones orientadas, no aleatorias, realizando fotografías de las secciones seriadas (fig. 2).

El hecho de tener que seccionar el individuo supone la pérdida del resto de material, por lo que para estudiar cada aspecto hay que desechar una gran cantidad de muestras. La difícil tarea del dibujante que nos interesa en este estudio consiste en representar un esquema en tres dimensiones que clarifique cómo están dispuestas las cámaras y camarillas que conforman la concha, para poder clasificar las diferentes especies de foraminíferos, así como para poder interpretar la funcionalidad de los elementos estructurales.

En las últimas décadas, las nuevas tecnologías de escáner, como la tomografía computerizada, antes citada, han permitido obtener imágenes del interior del esqueleto, pero aún esta información tan útil es insuficiente para explicar con sencillez y eficacia lo que un buen modelo en 3D nos muestra a primera vista.



Hottinger ha sido un experto en foraminíferos de los más importantes en los últimos tiempos. Gracias a su inquietud por entender y dar a conocer estos pequeños organismos generó una enorme cantidad de ilustraciones que merecen ser estudiadas. Nos interesa la evolución en el proceso de representación que Hottinger llevó a la práctica en su dilatada carrera, que abarca desde los años sesenta hasta su fallecimiento en 2011, y hasta qué punto está relacionada con los avances en las técnicas de reproducción gráfica.

2. METODOLOGÍA

Este estudio está basado en una revisión bibliográfica exhaustiva que abarca más de 170 publicaciones entre libros, artículos, capítulos de libros, paneles y conferencias. Han sido consideradas más relevantes aquellas en las que L. Hottinger firma como primer autor y tienen un alto índice de citación.

Se seleccionan 30 publicaciones (del período 1963-2010) en las que la ilustración en tres dimensiones ocupa un papel primordial. Son modelos de foraminíferos complejos, cuya estructura es difícil de entender a partir del único recurso de las fotografías de las secciones.

CRITERIOS DE SELECCIÓN

Hemos seleccionado precisamente los modelos en tres dimensiones dada la complejidad conceptual de estas ilustraciones. Son dibujos que no representan un aspecto del foraminífero que se pueda observar a simple vista, sino son una abstracción consecuencia de la síntesis de múltiples secciones de ejemplares de la misma especie, así como la observación comparativa de muestras actuales (fig. 3).

Un texto de Hottinger (4) explica la dificultad de ilustrar ciertos foraminíferos, los rotalidos, y también detalla los métodos de estudio para crear las ilustraciones:

The repeated attempts to analyze rotaliid structures [Q], illustrate this difficulty and point out the need of a didactic presentation of rotaliid structures. Two methods are used in this volume to analyze and illustrate rotaliid structures in three dimensions: E. Muller-Merz studied serial sections to clear up the geometry of selected rotaliid chamber walls in fossil material filled with carbonate cement. L. Hottinger used artificial casts of hollow Neogene and Recent shells to analyze the geometry of the canal systems in true rotaliid and in some non rotaliid groups. Both approaches complement each other and illustrate together the complex morphology of selected Tertiary to Recent rotaliid Foraminifera [Q]. For such methods, the specimens must be free. Specimens captured in hard-rock and seen only in thin sections usually cannot be identified at species level. (4)



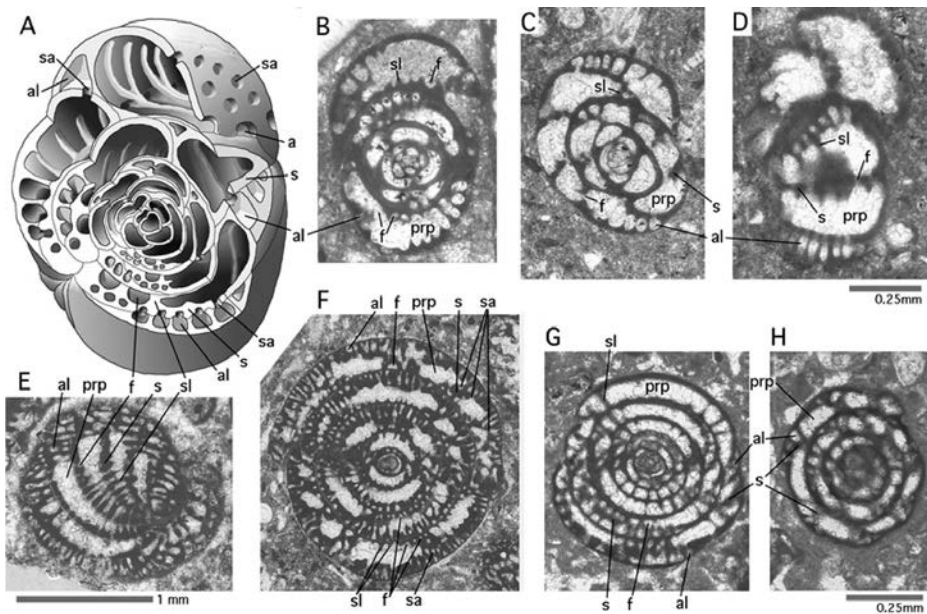


Figura 3. Para la elaboración del modelo tridimensional sintético (A) se necesitan múltiples secciones, de las cuales se eligieron las fotografías más representativas para esta ilustración (B-H). El modelo se realizó con un programa informático de tratamiento de la imagen. [Ilustración publicada en (5), modificada de fig. 9, p. 47].

3. CONTEXTO HISTÓRICO DEL ESTUDIO DE FORAMINÍFEROS

Es oportuno hacer aquí un breve recorrido histórico que explique la evolución del conocimiento de foraminíferos.

Hacia el siglo v dC., Heródoto describió que las rocas que forman las pirámides de Egipto están compuestas casi enteramente de *Nummulites*, una especie de foraminíferos bentónicos.

Pero es a partir de la aparición de los microscopios con más de una lente cuando se empiezan a conocer, describir e ilustrar los primeros foraminíferos.

Entre los estudios sobre foraminíferos de finales del siglo xvii y principios del xviii, habría que destacar el de Leopold von Fichtel y Johann von Moll (6), publicado en 1798 en latín y en 1803 en alemán, con sus bellas ilustraciones (fig. 4).

Alcide d'Orbigny (Francia, 1802-1857) fue el fundador de la micropaleontología estratigráfica, y su colección de dibujos ha sido ya estudiada (7). Otra figura relevante es Christian Gottfried Ehrenberg (1795-1876), considerado uno de los fundadores de la microbiología y la microgeología. Su obra principal es *Mikrogeologie* (8). Su colección es uno de los tesoros del *Museum für Naturkunde* de Berlín. Sus dibujos están muy bien preservados, y en la página web del museo se pueden





Figura 4. Ilustración muy detallada de Fichtel & Moll (6).
Véase en (a) el tamaño real del ejemplar.

encontrar y descargar más de tres mil originales, realizados a lápiz, tinta y acuarela, que han sido escaneados a buena resolución (9).

En la segunda mitad del siglo XIX el acontecimiento más significativo en el estudio de los foraminíferos fue probablemente la expedición oceanográfica del *H.M.S. Challenger* (1873-76). Por primera vez, esta expedición muestreaba los fondos de todos los océanos, abriendo para la ciencia un mundo nuevo. El contenido de las muestras recogidas fue estudiado por los especialistas más prestigiosos y publicado en más de 80 tomos, profusamente ilustrados. Para la micropaleontología, los tomos dedicados a los foraminíferos estudiados por Henry Brady, con la contribución de William Carpenter, son todavía hoy obras de referencia. Hasta hoy, la exactitud y la belleza de las ilustraciones de los foraminíferos en las 115 láminas litográficas del *Challenger Report* no han sido igualadas. Merece la pena que en el futuro se les dedique un estudio (fig. 5).

Otra obra relevante son las ilustraciones de Ernst Haeckel (1834-1919), una de las figuras dominantes de la biología y paleontología alemana de su tiempo.

Fue Haeckel un hombre polifacético, además de llevar a cabo una gran obra científica era artista, destacando por sus acuarelas. Su obra *Kunst-Formen von der Natur* (Obras de arte de la Naturaleza) (10) ha promovido la inspiración de más de un científico, atraído por sus bellas ilustraciones, pero en ocasiones ha sido ignorado por su grado de idealización de la forma (fig. 6). Sus dibujos fueron publicados por

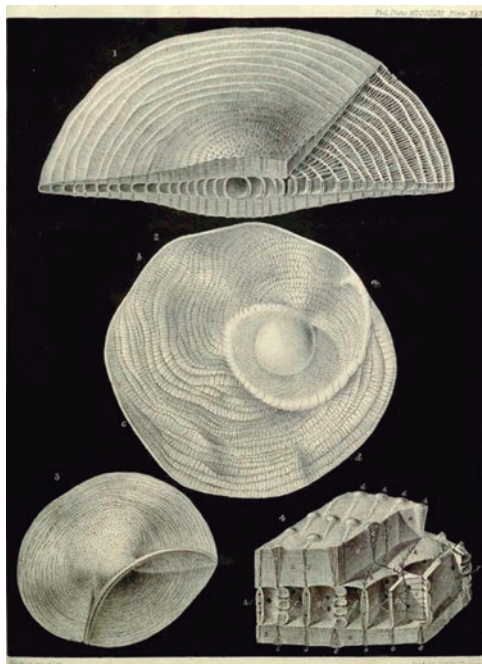


Figura 5. Ejemplo de una ilustración publicada por Carpenter (11) en 1856 (4) donde se observan un modelo de *Cyclocyeus*, representado con dos secciones perpendiculares (ecuatorial y axial, en la terminología usada en los foraminíferos) [1] y un fragmento en detalle [4]. Son de una descripción detallada muy sorprendente para los medios ópticos de los que se disponía en esa época.

primera vez en conjuntos de diez, entre 1899 y 1904, para favorecer la divulgación, al ser menos costosos, y en un volumen completo en 1904.

Además de los centros universitarios y museos, juegan un papel destacado varios servicios geológicos fundados durante este período que cuentan con especialistas en micropaleontología y publican monografías importantes. Al mismo tiempo se empiezan a utilizar los foraminíferos en la búsqueda de agua y petróleo. La micropaleontología industrial tiene lugar durante las primeras dos décadas del siglo xx, con la intensificación de la exploración de petróleo en el sur de los Estados Unidos, en el este de México y la región caribeña. Rápidamente, las grandes corporaciones se dotaron de laboratorios, empleando decenas de expertos.

Otros micropaleontólogos se establecieron como asesores independientes; el más conocido entre ellos fue Joseph Cushman, que en 1925 creó el famoso Cushman Laboratory for Foraminiferal Research. En varias universidades empezaron a ofrecer carreras en micropaleontología (por ejemplo, 1923 en la University of Texas y la University of Columbia; o en 1927, en el Instituto Politécnico de Bakú).





Figura 6. Ejemplo de una ilustración de conchas de foraminíferos publicada por Haeckel en *Kunst-Formen von der Natur* (10).

Un gran salto en el análisis de la morfología de los microfósiles tiene lugar sin duda con la introducción y el perfeccionamiento progresivo del microscopio electrónico de barrido al principio de los años sesenta, que permite estudiar la morfología de los diferentes microfósiles con una resolución hasta entonces inalcanzable. Su utilización también ha confirmado varias hipótesis, como las que el mallorquín Guillem Colom, excelente observador de gran cultura naturalista, ya había propuesto unos veinte años antes.

En la Universidad de Basilea, gracias al trabajo desarrollado por el profesor de la cátedra de Paleontología de Invertebrados Manfred Reichel, en el Instituto de Geología y Paleontología, se produce un gran avance en el conocimiento de foraminíferos, especialmente *alveolinas* y *rotálicos*.

En este último período situamos el presente estudio.

4. HOTTINGER Y SU TIEMPO. NOTA BIOGRÁFICA

Lukas Hottinger nació en 1933 en Düsseldorf, pero se escolarizó en Basilea, la ciudad donde trabajaban sus padres, ambos médicos pediatras. De su padre heredó el gusto por el arte, ya que era coleccionista de pintura y escultura. Se sintió atraído por el estudio de la paleontología y la zoología después de observar la colección de



Figura 7. Una de las últimas fotos realizadas a Hottinger, en su estudio.
Inédita, cedida por Katica Drobne y Christian Meyer.

fósiles, minerales y conchas que había guardado de un tío suyo, Carl E. Cahn-Bronner, profesor en medicina que tuvo que emigrar de Alemania en 1933 por su ascendencia judía y se exilió en Chicago hasta su muerte (12). Empezó a trabajar en 1956 con el profesor y artista Manfred Reichel en la Universidad de Basilea, en Suiza. Él fue quien lo introdujo en la representación de foraminíferos y posiblemente su más directa influencia. Con Reichel, Hottinger recoge y trata las muestras, realizando un trabajo artesanal de laboratorio para elegir el ángulo de sección más representativo para cada caso, y dibuja sus hallazgos (fig. 8).

Quizás una circunstancia que también motivó su interés por clarificar la morfología de foraminíferos y hacerlos comprensibles al público es que en 1964 fue nombrado comisario en el Museo de Historia Natural de Basilea, donde coordinó actividades entre el Museo y la Universidad y se encargó de organizar exposiciones permanentes de geología.

Fue de los primeros en trabajar con el microscopio electrónico (Scanning Electron Microscope, SEM) que se instaló en el Instituto Geológico-Paleontológico (Geologisch-Paläontologisches Institut) de la Universidad de Basilea (13). También utilizó la técnica SEM para estudiar ejemplares actuales.

Las primeras muestras del uso de dicha tecnología las encontramos en un trabajo del año 1972 (14). Su hijo Philip le ayudó a dominar el ordenador y sus diversos programas, de los que se hizo experto en el manejo, gracias a la práctica continuada, dibujando sobre fotografías, fundamentalmente con el programa de retoque fotográfico y tratamiento de la imagen Photoshop, de Adobe®.

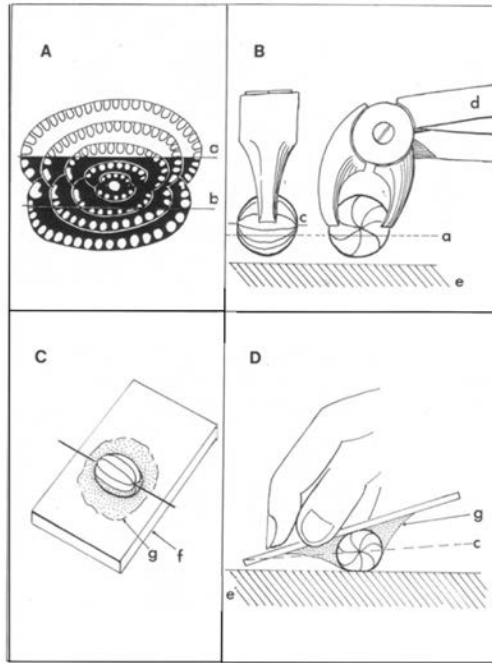


Figura 8. Figura ilustrativa dibujada por Hottinger, donde explica la realización de las secciones orientadas de foraminíferos (18), modificada de fig. 9, p. 19.

Una de las publicaciones más relevantes es un diccionario visual (5) que recopila ilustraciones realizadas por él y otros autores con el objetivo de unificar términos morfológicos de todos los grupos de foraminíferos. Hottinger, además, lo pone a disposición de todos por medio de internet, siendo de consulta obligada para aquéllos que quieran conocer y estudiar estos organismos.

En palabras de Hottinger (15), «The ultimate goal of a paleontologist should be the morphogenetic understanding of petrified biological structures». Bien, pues él consigue, más allá de su propia comprensión de dichas estructuras, hacerlas comprensibles no sólo para los especialistas sino para el público en general, por medio de sus dibujos y su interés y empeño en hacer accesible esta información visual.

5. INNOVACIÓN Y TECNOLOGÍA

Lukas Hottinger ha sido un científico que ha comenzado a trabajar con los microscopios más rudimentarios, retratando láminas delgadas usando la cámara lúcida, ha visto aparecer el microscopio electrónico y el uso cada vez más extendido del ordenador.





Figura 9: Dibujo a tinta firmado MR (Manfred Reichel) (16) modificada de fig. 7.

Se puede apreciar una evolución en sus ilustraciones que va en cierta manera guiada por la evolución de las técnicas de representación, con nuevos medios de renderización y publicación.

Hemos diferenciado distintas etapas en esta evolución a partir del determinado tipo de representación predominante, analizando las características de cada una de ellas.

HERENCIA DE REICHEL. DIBUJO A TINTA

Los primeros dibujos publicados, en artículos en los cuales él es el único autor, se caracterizan por el uso de la tinta, a mano alzada. Son dibujos de mucha precisión y esmero en los que el sombreado se ha representado con tramas de rayado, visiblemente influenciado por Reichel (fig. 9).

No hay que olvidar que los medios de publicación de una imagen en tintas planas son mucho más económicos que un dibujo de claroscuros realizado en otro medio con más gamas de claroscuro, como aguadas o lápiz, por ejemplo, que elevan el coste de reproducción. Si comparamos una de las figuras de Hottinger más parecidas a las realizadas por Reichel (fig. 10), observamos que ha seguido la misma línea de representación de Reichel, el concepto y la perspectiva para elaborar los

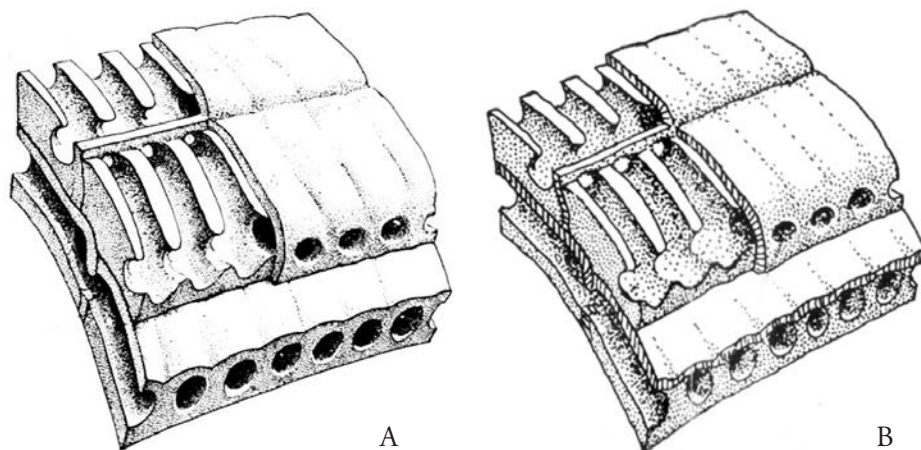


Figura 10. Comparación de dos dibujos a tinta, representando la misma sección. A la izquierda, (A), realizado por Manfred Reichel [publicado en (17), modificado de fig. 11, p. 275]. A la derecha, (B), copia realizada por Hottinger [publicada en (18), modificada de fig. 10, p. 23].

modelos en tres dimensiones, mostrando, además del volumen y las construcciones interiores, el aspecto de las secciones que aparecen al microscopio. Comprobaremos que en Hottinger se aprecia el pulso de la mano alzada, lo que indica más lentitud en el trazo, así como una valoración más contrastada, en la que predomina la línea de intersección de planos. Hottinger aporta al dibujo la diferenciación de los planos de sección, cambiando el tipo de trama en las zonas de corte.

A partir de finales de los años 60, encontramos que las tramas de rayado caen en desuso a favor del punteado. En el año 1967 Hottinger usa ambas, sombra rayada y sombra punteada, en ilustraciones que aparecen en la misma página (19). Más adelante utiliza sólo el sombreado con trama de puntos y no vuelve a aparecer en sus estudios un dibujo nuevo realizado con trama de líneas.

Dicha trama la realiza con los puntos alineados paralelos, comenzando desde los bordes, pero conserva el rayado en planos de corte, con la clara función de distinguirlos de la superficie. Es decir, no sigue un patrón aleatorio, sino que establece los puntos en hileras. La distribución lineal de los puntos hace referencia al volumen, pero no a la tonalidad, entendiéndose que el color es menos relevante.

Anecdóticamente, en una ocasión Hottinger se acercó a una ilustración que estaba realizando el entonces doctorando, Carles Ferràndez y le comentó que no estaba de acuerdo en que dispusiera los puntos aleatoriamente, porque debían seguir el perfil del área a rellenar.

Quizás para una mente científica es necesario un orden en la situación de los puntos, pero el efecto en ocasiones, en lugar de ser homogéneo, puede generar confusión. Crea un patrón que puede ser poco naturalista, dando lugar a cortes de superficie y zonas de ruido, donde el entramado se hace más denso (fig. 11).



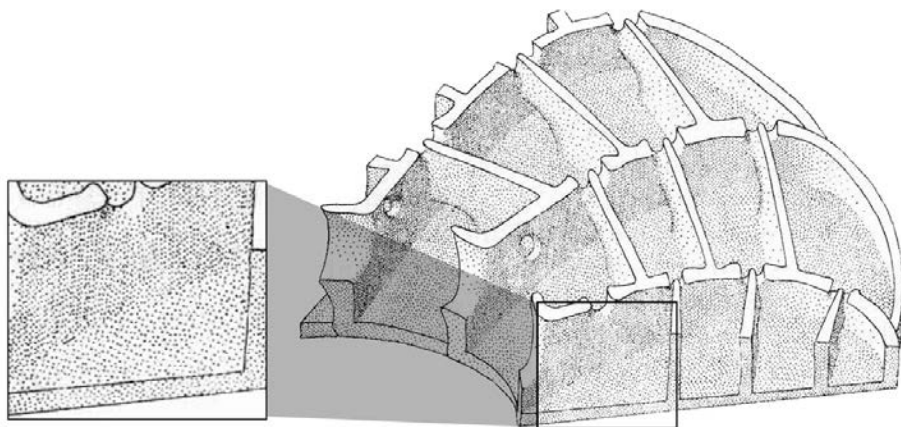


Figura 11. Detalle de una zona sombreada con puntos alineados. Destaca la disposición de las hileras de puntos reflejando los planos vertical y horizontal, trazadas en vertical y en oblicuo, pero el efecto en la imagen impresa se pierde, confundiendo así los dos planos, (19) modificada de fig. 7D, p. 26.

Autores como Hodges (20) consideran positivo el uso de un sombreado con los puntos formando hileras para enfatizar estructuras de superficie curvilínea.

En el caso de los foraminíferos de Hottinger, este tipo de hileras no siempre corresponde a la curvatura de la superficie, sino que sigue la línea periférica representada.

Como curiosidad, observamos puntos de mayor grosor en zonas donde están más dispersos, y puntos más finos donde la oscuridad es mayor, por la densidad más alta de puntos. Es posiblemente debido a que los puntos dispersos se han realizado de forma más pausada, por lo que el goteo de tinta hace que el punto sea más grueso, mientras que al tener que rellenar un área más abundante en puntos, éstos han sido realizados más aprisa, lo que da como resultado un punto más fino. Lo más conveniente hubiera sido que el grosor de los puntos fuera mayor en las zonas más oscuras, intercalándolos con puntos menos finos, creando así una trama que a la vista resulta más homogénea, como recomienda Coineau (21).

En otras ocasiones la trama de puntos es desigual y hace coincidir varios puntos, creando zonas amplias negras, lo que se denomina como «ruido» (fig. 12).

A pesar de que el estudio se ha centrado en las ilustraciones de los foraminíferos en 3D, no nos gustaría dejar de mencionar las maravillosas ilustraciones planas de secciones de foraminíferos. Ponen de manifiesto que, aunque a la fotografía se le atribuyen valores de veracidad y fidelidad a la «realidad», en ocasiones resulta necesario realizar un dibujo para enfatizar los aspectos más importantes que se quieren mostrar, eliminando información innecesaria de la fotografía. Están presentes en casi todas las publicaciones, acompañadas de la fotografía tomada de la muestra original (fig. 13).



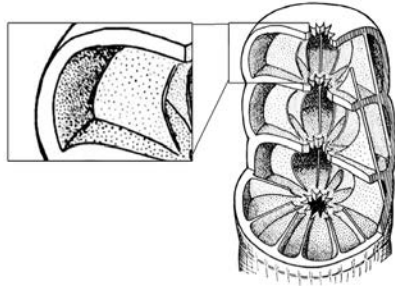


Figura 12. En el recuadro ampliado se muestra el distinto grosor de los puntos que no corresponden a una intencionalidad concreta. También se aprecia cómo en las zonas oscuras los puntos superpuestos generan una zona de «ruido» (22), modificada de fig. 1, p. 965.



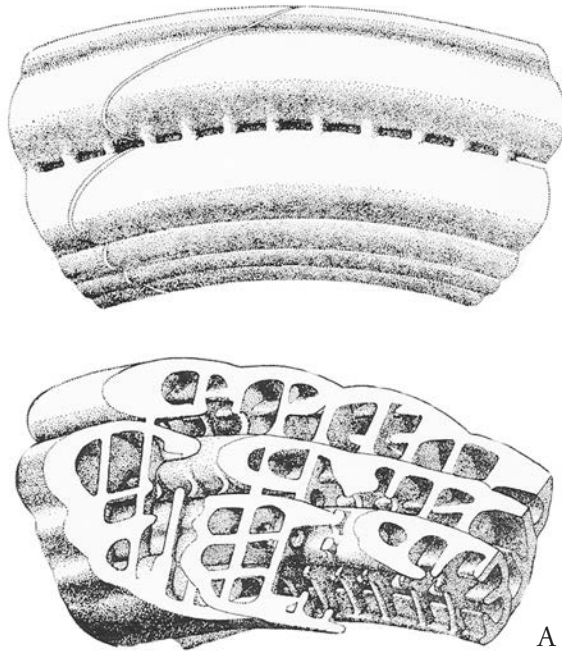
Figura 13. Ejemplo de cómo se usa el dibujo para representar aspectos que no se definen en la fotografía. A) Dibujo de una sección, modificada de fig. 7D, p. 293, realizado a la cámara lúcida. B) Fotografía tomada del microscopio, para una sección similar, modificada de Pl. 4.3., p. 305. Ambas en la misma publicación (23).

Estos dibujos ayudan al paleontólogo a comprender bien las secciones y así facilitan la creación posterior del modelo en tres dimensiones. En ocasiones, L. Hottinger realizaba fotografías ampliadas a tamaño A1 para repasar por encima las estructuras más importantes que se podían apreciar.

RETRATO DE ESCULTURAS

El profesor Reichel generó una gran cantidad de modelos escultóricos, realizados en plastilina, cerámica o escayola (24). Hottinger aprendió la técnica y creó a su vez numerosos ejemplares, los cuales sirvieron además como base para sus ilustraciones. En primer lugar, retratándolos a tinta (fig. 14), en otras ocasiones sin





A



B

Figura 14. A) Ilustración a tinta realizada por Hottinger (19) modificada de fig. 49A y B, p. 98, que representa un punto de vista retratado de la maqueta de la figura 9B. B) Modelo de yeso realizado por Hottinger, dos mitades en sección oblicua de *Cuneolina* (24), K3/C/16/2/59.

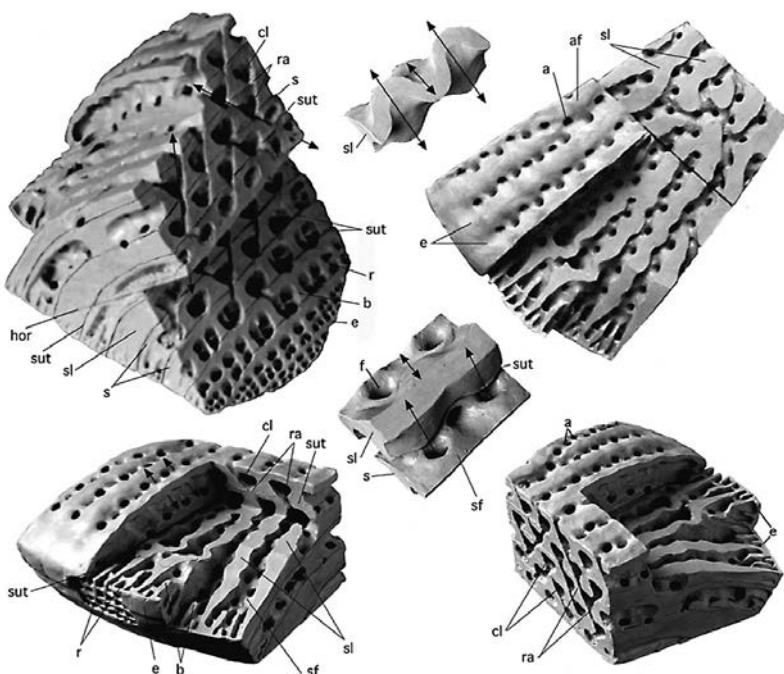


Figura 15. En el pie de foto reza: «These plasticine models sculptured in the years around 1955 by M. REICHEL (*1896- †1984) were never published» (5), modificada de fig. 71, p. 110.

más modificaciones, fotografiándolos, como se aprecia en la figura 15, donde cita expresamente que son modelos inéditos de Reichel.

Reflexionar sobre los procesos para el vaciado y elaboración de estos modelos de escultura y el punto de vista desde el que se tomaron los dibujos es un asunto interesante que bien valdría otro estudio.

ADAPTACIÓN A LAS TECNOLOGÍAS. USO DE PROGRAMAS INFORMÁTICOS

Hottinger demuestra su buena adaptación a las nuevas tecnologías poniendo en práctica el uso de los programas informáticos más avanzados que facilitan el trabajo de diseñador gráfico, a la vez que abaratan el coste de la reproducción. La dificultosa tarea del sombreado por medio de trama punteada con tintas la sustituye por los novedosos degradados vectoriales. A partir del año 2001 aparece también el uso de color en sus trabajos, modificando antiguas ilustraciones con Adobe Photoshop®, antes mencionado. Desde el año 2005 se encuentran ilustraciones donde es patente



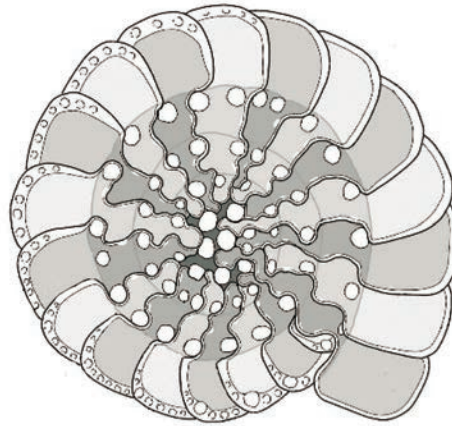


Figura 16. Gracias al uso de transparencias, con esta ilustración Hottinger consigue explicar que las cámaras se sobrepone, las últimas cubriendo a las primeras, y que los forámenes atraviesan las cámaras adyacentes, (4), modificada de fig. 9, p. 383.

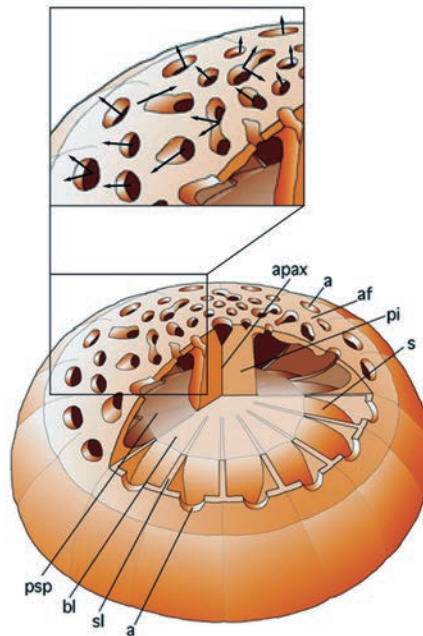


Figura 17. Observamos que el ángulo de incidencia de la luz no corresponde a un mismo foco. Las flechas muestran la dirección del degradado, diferente en cada foramen, (5), modificada de fig. 82A, p. 123.

el uso de transparencias, que aportan una visión de superposición de planos y son más elocuentes que las antiguas tintas planas que él realizaba, al explicar mejor la profundidad, aunque carecen de la visión tan pragmática del modelo en tres dimensiones (fig. 16).

A partir de este momento, no deja de trabajar con degradados lineales que utiliza para sombrear. Observamos cómo en la figura 17 ha trabajado en las sombras de los forámenes con diferentes degradados, es decir, transiciones entre dos o más colores, lo que da un aspecto de relieve.

Llama la atención que el reciente uso de programas informáticos para crear sus ilustraciones no desbanca totalmente a los dibujos originales en tinta, porque los sigue usando, ya sean dibujados por él o por otros científicos, a los que cita como referentes. En ocasiones reinterpreta las figuras ya publicadas, usando la base de dibujo en tinta, colorea y manipula las imágenes con programas informáticos, añadiendo degradados, transparencias, etc., con la función de ahorrar tiempo, por un lado, y hacer notar los avances en los descubrimientos, por otro.

Veamos un ejemplo de enriquecimiento de la ilustración en el que se han conservado planos de corte y puntos de vista (fig. 18). Ha tomado la imagen original, redibujándola y añadiéndole detalles del aspecto exterior y de la estructura interna. Observamos aquí cómo, a pesar de añadir información, puede generar confusión el uso incorrecto de los degradados lineales, en el caso en que se repiten con idéntica disposición. El dominio de la comprensión del claroscuro queda en evidencia al usar un tipo de herramienta como el diseño vectorial, en el que el empleo del tiempo está en función de los conocimientos sobre representación gráfica. Un diseño complicado requiere no sólo el conocimiento de las herramientas gráficas en sí, como son los degradados, transparencias y demás recursos de relleno vectorial, sino un conocimiento exhaustivo de cómo explicar el comportamiento de la luz en los objetos por medio del uso de los valores de claroscuro, es decir, el sombreado.

La innovadora publicación de libre acceso en internet del material recopilado en el diccionario ilustrado (5) permite la consulta inmediata y actualizada de toda la información existente sobre foraminíferos. Crea también figuras con movimiento («gifs» animados), mostrando cómo en un foraminífero la concha se secciona y se abre para dejar ver su morfología interna, una idea muy eficiente de mostrar el exterior e interior al mismo tiempo.

Podemos concluir que, siendo tan prolífico en la publicación de sus trabajos, encuentra el modo de ahorrar tiempo, reutilizando las ilustraciones ya publicadas, modificando aspectos nuevos sobre otros ya descritos, pero comenzando por la vía analógica. Como comenta su hijo Philip, también empezaba escribiendo sus artículos en papel. El profesor Christian Meyer también lo recuerda preparando él mismo sus secciones manualmente, hasta sus últimos días.



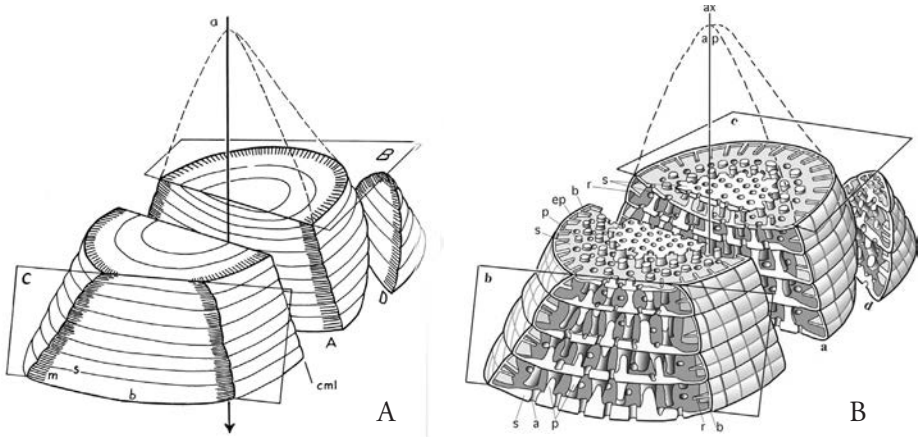


Figura 18. Tomando el mismo punto de vista y la misma concepción de la figura, Hottinger la redibuja con programas informáticos de diseño vectorial.

Existen casi 30 años de diferencia entre las dos imágenes. A) Ilustración a tinta que representa la estructura de un foraminífero cónico, (25), modificada de fig. 3, p. 206. B) Esquema del mismo tipo de foraminífero, con más información sobre su esqueleto, realizado con un programa informático de tratamiento vectorial de la imagen, (26), modificada de fig. 4, p. 515.

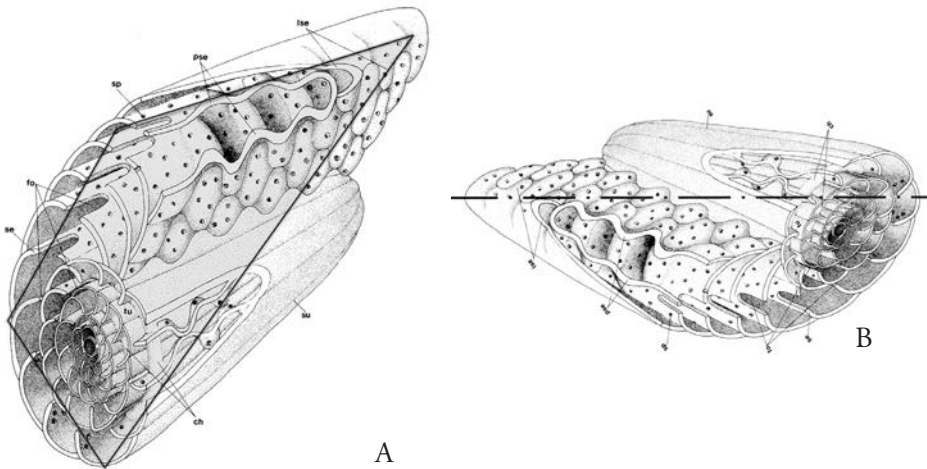


Figura 19. A) [Interesante dibujo creado por Ursula Leppig, (27) modificada de fig. 1, p. 462], realizado con punteado en tinta. En gris el trapecio simplificado que ocupa la imagen B) Propuesta de rotación de la imagen anterior hasta situarla de un modo más estable visualmente.

6. HOTTINGER Y COETÁNEOS

Observando trabajos sobre foraminíferos de científicos que han vivido en la misma época que Hottinger se aprecia que hay una clara divergencia en el modo de explicar sus hallazgos. Probablemente debido al auge de las imágenes obtenidas por medios electrónicos y de la presión para publicar en poco tiempo, son menos los científicos que recurren a generar ilustraciones elaboradas por ellos mismos, lo que demuestra que Hottinger tenía un claro interés y una gran capacidad para ilustrar visualmente sus avances en el conocimiento de la morfología de los foraminíferos. Cabe destacar aquí los trabajos de Müller-Merz, que publica en un volumen en que Hottinger es editor (28).

INFLUENCIAS EN SEGUIDORES

Es difícil encontrar micropaleontólogos capaces de seguir o mejorar la trayectoria de Hottinger como ilustrador. Hay varios ejemplos de autores que usan las ilustraciones de Hottinger.

Un ejemplo interesante lo podemos observar en una ilustración de Ursula Leppig (27), que fue doctoranda de Hottinger [la primera evidencia de colaboración con ella la encontramos en una comunicación de un congreso en 1987 (29)]. Resaltamos en esta ilustración un aspecto que no llama la atención en obras de Hottinger o Reichel, así como en sus predecesores. La figura está situada en una posición que genera inestabilidad visual, ya que forma un trapecio irregular apoyado en uno de sus ángulos (fig. 19A), seguramente con la finalidad de ahorrar espacio, aumentando al máximo el rectángulo que enmarca la imagen. Para solucionar este efecto óptico basta con trazar un eje imaginario que atraviese la imagen por su lado más largo y hacer que éste coincida con una línea paralela a la horizontal del papel, situando la zona más pesada abajo (fig. 19B).

7. CONCLUSIONES

Una de las características principales que podemos observar del estudio de las ilustraciones de Hottinger es la economía en el uso inteligente de ilustraciones previas, combinadas con sus aportaciones, ayudando a clarificar ideas. De Reichel hereda la forma de representar, el concepto de generar un modelo en tres dimensiones a partir de diferentes secciones y usando parecidos puntos de vista (figs. 10, 14 y 15). Pero él evoluciona en los medios de representación.

Las ilustraciones de punteado son muy laboriosas, él ahorra tiempo aplicando diseño gráfico con programas informáticos, lo que le ha permitido también hacer más accesible el conocimiento a otros científicos. Por otro lado, se observan pequeñas lagunas en conceptos de dibujo, como puede ser la complicación de los focos lumínicos o pequeños errores de perspectiva o sombreado (figs. 11 y 17).



Podríamos decir que el tamaño y el acceso a la imagen en su totalidad ayuda a generar una visión completa, donde detectar los posibles errores es más complicado, por lo tanto la pantalla del ordenador puede ser un límite, que se puede corregir trabajando previamente sobre superficies analógicas, para pasar a digitalizar como tramo final antes de la publicación.

Llegamos a la conclusión de que lo más importante en la ilustración científica es la concepción de la idea y cómo representarla, independientemente de la técnica utilizada, sea al dibujo en tinta o mediante el programa de tratamiento vectorial de la imagen. Pero la técnica escogida para tal fin exige un conocimiento de conceptos del dibujo realista o figurativo, como son el uso de puntos de vista, la valoración de claroscuro y, para una mayor expresividad, el color y la composición son otros aspectos a cuidar.

Concluimos, pues, que es necesaria la enseñanza de dibujo en actividades científicas como la micropaleontología y que es importante conocer las pautas gráficas imprescindibles para una comunicación visual más efectiva.

8. AGRADECIMIENTOS

Este trabajo está subvencionado por la Universidad de Barcelona. Gracias al Dr. Christian Meyer, director del Museo de Ciencias Naturales de Basilea, que tan amablemente ha puesto a disposición los fondos de Hottinger que conservan, así como al profesor encargado del área de micropaleontología, Dr. Michael Knap-pertsbusch, por su tiempo y sus pacientes explicaciones. Muchas gracias al Dr. Hanspeter Luterbacher (30 y 31) por su valiosa ayuda y su aportación en el apartado de la historia de micropaleontología de foraminíferos. Un agradecimiento especial a la familia Hottinger, su esposa Monique y sus hijos Philip, Martin y Andrea, por compartir tan generosamente sus vivencias, contactos y todo el material que aún tienen. Gracias a la fundación americana American Geophysical Union, por haber financiado la exposición de este tema en el congreso AGU 2012 Fall Meeting, San Francisco, California, en la sesión oral «Communication of Science Through Art: A Reason d'Être for Interdisciplinary Collaboration».

Recibido: 16/05/2013

Aceptado: 09/01/2014



BIBLIOGRAFÍA

- (1) GÁMIZ GORDO, Antonio. 2003. *Ideas sobre el análisis, Dibujo y Arquitectura*. Secretariado de Publicaciones de la Universidad de Sevilla.
- (2) SORIANO, Carmen *et al.* 2010. Synchrotron X-ray imaging of inclusions in amber. *C. R. Palevol* v.9: 361-8.
- (3) CALONGE, Amelia, Esmeralda CAUS y Julián GARCÍA. 2001. Los foraminíferos: presente y pasado. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra* 9.2: 144-50.
- (4) HOTTINGER, Lukas, y Esmeralda CAUS. 2007. Shell architecture in the Late Cretaceous foraminiferal Subfamily Clypeorbinae Sigal, 1952. *Journal of Foraminiferal Research* v.37 n.4: 372-92.
- (5) HOTTINGER, Lukas. 2006. *Illustrated glossary of terms used in foraminiferal research*. Carnets de Géologie, Memoir 2006/2. URL: http://paleopolis.rediris.es/cg/CG2006_M02/index.html.
- (6) FICHEL, L. von, y MOLL, J.P.C. von. 1803. Testacea microscopica aliaque minuta ex generibus *Argonauta* et *Nautilus* ad naturam delineata et descripta. Camesinainsche Buchhandlung, Viena.
- (7) VÉNEC-PEYRÉ, Marie-Thérèse. 2005. Les Planches inédites de foraminifères d'Alcide d'Orbigny. À l'aube de la micropaléontologie. Publications scientifiques du muséum. Collection Des Planches et des Mot, n.2.
- (8) EHRENBERG, Christian Gottfried. 1856. *Mikrogeologie*. Das Erden und Felsen schaffende Wirken des unsichtbar kleinen selbständigen Lebens auf der Erde. L. Voss, Leipzig.
- (9) EHRENBERG, C.H. Museo de Ciencias Naturales de Berlín, <http://download.naturkundemuseum-berlin.de/Ehrenberg/Ec%20Drawings/>.
- (10) HAECKEL, Ernst. 1904. *Kunst-Formen von der Natur*. Bibliographilchen Institut. Leipzig y Viena.
- (11) CARPENTER, William B. 1856. xxvi. *Researches on the Foraminifera*. Philosophical transactions. Part II. Plate xxx.
- (12) MEYER, Christian. 2011. *A Tribute to the Late Professor Lukas Hottinger (1933-2011)* Discurso inédito para la inauguración del Simposium Traces of Life on planet Earth. 9th. Swiss Geoscience Meeting, Zurich.
- (13) CAUS, Esmeralda, y Martin R. LANGER. 2012. Memorial to Lukas Hottinger (1933-2011), *Journal of Foraminiferal Research* v. 42 n. 1: 104-6.
- (14) HOTTINGER, Lukas. 1972. Campanian larger foraminifera from site 98, Leg 11 of the Deep Sea Drilling Project (northwest Providence Channel, Bahama Islands). En *DSDP* v.11, 595-605. Texas: A&M University.



- (15) HOTTINGER, Lukas. 1978. Comparative anatomy of elementary shell structures in selected larger Foraminifera. En *Foraminifera III*, 203-66. London: Academic press.
- (16) REICHEL, Manfred. 1941. L'Archéoptéryx. Un ancêtre des Oiseaux, *Bulletin de la Société Romande pour l'étude et la Protection des Oiseaux* n.159: 93-107.
- (17) REICHEL, Manfred. 1933. Sur une Alvéoline cénonmanienne du Bassin du Beausset, *Eclogae Geologicae Helveticae* v.26: 269-80.
- (18) HOTTINGER, Lukas. 1974. *Alveolinids, Cretaceous-Tertiary Larger Foraminifera*. Bègles: Esso Production Research-European Laboratories.
- (19) HOTTINGER, Lukas. 1967. *Foraminifères imperforés du Mésozoïque marocain* n.209 de *Notes et memoires du Service Géologique*. Rabat: Editions du Service Géologique du Maroc.
- (20) HODGES, Elaine R.S. Ed. 2003. *The Guild Handbook of Scientific Illustration*. Hoboken: John Wiley, cop.
- (21) COINEAU, Yves. 1987. *Cómo hacer dibujos científicos. Materiales y métodos*. Barcelona: Labor.
- (22) HOTTINGER, Lukas. 1963. Quelques Foraminifères porcelanés oligocènes dans la série sédimentaire prébétique de Moratalla (Espagne méridionale), *Eclogae Geologicae Helveticae* v. 56: 963-972.
- (23) HOTTINGER, L. 1966. Foraminifères rotaliformes et Orbitoïdes du Sénonien inférieur pyrénéen. *Eclogae Geologicae Helveticae* v. 59/1: 277-314.
- (24) COLLECTION OF STRUCTURAL MODELS OF FORAMINIFERA FROM MANFRED REICHEL AND LUKAS HOTTINGER. Museo de Ciencias Naturales de Basilea. URL: http://pages.unibas.ch/museum/microfossils/Colls_NMB/COLLECTN/REICHEL/FOR_MOD.html.
- (25) HOTTINGER, Lukas, y Katica DROBNE. 1980. *Early Tertiary conical imperforate foraminifera*, En *Razred za prirodoslovne vede*, v. 22 n. 3. Ljubljana: Slovenska akademija znanosti in umetnosti.
- (26) VECCHIO, Enrica, y Lukas HOTTINGER. 2007. Agglutinated conical foraminifera from the Lower-Middle Eocene of the Trentinara Formation (southern Italy), *Facies* v.53: 509-33.
- (27) LEPPIG, Ursula. 1995. *Codonofussiella* (Fusulinidae): Shell architecture and its functional meaning, *Marine Micropaleontology*, v.26: 461-67.
- (28) MÜLLER-MERTZ, Edith.1980. Structural Analysis of selected Rotaliid Foraminifera. *Memoires suisses de Paléontologie* v.10. Basilea: Société Helvétique des Sciences Naturelles, Lukas Hottinger editor.
- (29) HOTTINGER, Lukas et al. 1987. Paleobiogeography of larger foraminifera from Late Cretaceous to Early Paleogene. Póster presentado en «Internat. Symp. Evolution of the Karstic Carbonate Platform: Relation with other Periadriatic Carbonate Platforms», 1-6 de junio de 1987, en Univ. Trieste, Trieste.
- (30) LUTERBACHER, Hanspeter. 1986. *Manfred Reichel (1896-1984)*. Bulletin de la Société Neuchâteloise des Sciences Naturelles. Tomo 109: 173-178.
- (31) LUTERBACHER, Hanspeter. 2012. *Micropaleontología – pasado, presente y futuro*. Sociedad Española de Paleontología. Sóller.

