



ANATOMÍA NATURAL VERSUS ANATOMÍA ARTIFICIAL EN LA ENSEÑANZA DE LA CIENCIAS

Soportes visuales e innovaciones tecnológicas

Natural versus artificial anatomy in science education.
Visual supports and technological innovations

ALICIA SÁNCHEZ-ORTIZ¹, EMANUEL STERP MOGA¹, ÓSCAR HERNÁNDEZ-MUÑOZ¹
¹ Universidad Complutense de Madrid, España

KEYWORDS

Artefact
Artificial anatomy
Educational tool
Educational contexts
Material culture
University heritage
Scientific heritage

ABSTRACT

In this paper, we carry out a historiographical review of the manufacture of artificial anatomies that were widely demanded as didactic tools in the teaching of nature, between the late eighteenth and early twentieth centuries. We analyse the educational and social contexts that favoured the wide diffusion of this type of artefacts in the trade of scientific culture and describe the manufacturing techniques. The conclusion is that these artefacts, the fruit of human ingenuity, are material sources of extraordinary value for understanding the construction and evolution of science, advances in pedagogical resources and technological innovations

PALABRAS CLAVE

Artefactos
Anatomía artificial
Herramienta educativa
Contextos educativos
Cultura material
Patrimonio universitario
Patrimonio científico

RESUMEN

En este trabajo realizamos una revisión historiográfica sobre la fabricación de anatomías artificiales que fueron ampliamente demandadas como herramientas didácticas en la enseñanza de la naturaleza, entre finales del siglo XVIII y principios del XX. Se analizan los contextos educativos y sociales que favorecieron la amplia difusión de este tipo de artefactos en el comercio de la cultura científica, y se describen las técnicas de manufactura. Se concluye que estos artefactos, fruto del ingenio humano, son fuentes materiales de extraordinario valor para comprender la construcción y evolución de la ciencia, los avances en los recursos pedagógicos y las innovaciones tecnológicas.

Recibido: 22/ 07 / 2022

Aceptado: 20/ 09 / 2022

1. Introducción

Los estándares de una filosofía demostrativa se fueron desarrollando durante el siglo XVIII hasta llegar a establecer las bases de un modelo de enseñanza que mantendrá estrechos vínculos con la instrumentalización científica y técnica. La cultura material, que en otro tiempo había sido objeto de admiración en los salones aristocráticos donde se exhibían las “colecciones de las maravillas”, paso entonces a formar parte de nuevas orientaciones pedagógicas con la finalidad de difundir los saberes a audiencias muy diversas (Bertomeu-Sánchez y Simón-Castel, 2012). Artesanos, artistas, fabricantes, comerciantes y científicos compartieron un mismo propósito para lograr este objetivo final.

El desarrollo de una cultura científica se estimó fundamental para conseguir el avance de la sociedad y así alcanzar los nuevos ideales de un mundo en pleno progreso. Se asumió que el uso de los especímenes y objetos reales, y en su defecto las imágenes o los modelos tridimensionales, podía ser un procedimiento de apoyo efectivo para la transmisión del conocimiento.

Con este enfoque, los docentes que trabajaban en las universidades y los centros de enseñanza promovieron una programación de contenidos educativos orientados a la integración del estudio de la naturaleza e implementaron prácticas pedagógicas basadas en la observación y la experimentación que permitieron dejar atrás el modelo memorístico anterior (Anderson, 2004). Este cambio a un tipo de enseñanza más experimental implicaba una participación activa del estudiante. La combinación del sentido auditivo, el visual y el táctil adquirió un valor didáctico de gran impacto en la instrucción del alumnado. En las aulas, al tiempo que los estudiantes escuchaban las explicaciones del profesor, se familiarizaban con la naturaleza a través de la observación visual de las estructuras anatómicas representadas en formas y colores sobre diferentes soportes en piezas que se podían desmontar.

Esta manera de instruir por los ojos, enormemente atractiva y útil, se introdujo en los programas docentes; el profesor invitaba a sus estudiantes a observar con detenimiento y atención. Las lecciones magistrales de este se compaginaban con demostraciones experimentales en las que se empleaban materiales de todo tipo (herbarios, láminas murales, grabados que ilustraban los tratados más relevantes, anatomías artificiales, animales taxidermizados, preparados en alcohol, etc.). Dado que los especímenes sufrían rápidamente procesos de descomposición o putrefacción, con la consecuente modificación de sus estructuras anatómicas, era preciso encontrar técnicas de trabajo que contribuyeran a mantenerlo estable el mayor tiempo posible. Los modelos artificiales tridimensionales proporcionaron un material ilustrativo que solventaba esta dificultad y ofrecía grandes ventajas frente a las tradicionales imágenes bidimensionales contenidas en los tratados de anatomía humana, animal y botánica, o en las láminas murales que se colgaban en las paredes de las aulas.

Los fabricantes especializados en este tipo de materiales científicos ofrecían sus anatomías artificiales en cera, yeso, madera, papel maché, elaboradas en una gran variedad de tamaños, calidades y precios, con el fin de adecuarse a las necesidades específicas de las distintas instituciones educativas y también a sus presupuestos. Sus productos circulaban dentro de un comercio cultural que se mantuvo en plena expansión desde el siglo XIX hasta principios del siglo XX.

Las instituciones educativas podían adquirir este tipo de material científico a través de proveedores de los fabricantes y los profesores recibían en sus centros los objetos manufacturados que solían llegar acompañados de manuales e instrucciones detalladas recogidas en los catálogos (Bertomeu-Sánchez, et al., 2011). La comercialización de estas herramientas formó parte de un próspero mercado de material científico destinado a universidades, centros de enseñanza secundaria, museos, coleccionistas, anticuarios, etc. Los fabricantes mantuvieron una correspondencia fluida con los centros educativos para atender del mejor modo posible las demandas recibidas.

Sin duda alguna, la producción masiva de este tipo de objetos que fue llevada a cabo por las distintas casas comerciales a través de procesos de imitación y seriación, facilitó a los gobiernos de los diferentes países, la aplicación de políticas centralizadas para una educación homogénea. Se estableció de ese modo un comercio internacional de productos científicos con características similares, destinados a centros de enseñanza europeos y americanos, que ayudó a implementar el uso de representaciones visuales como apoyo en los contenidos docentes de las materias.

Dentro de las estrategias de difusión, los fabricantes solían presentar sus innovaciones en las exposiciones universales y también por medio de noticias recogidas en los periódicos. La obtención de premios y menciones contribuía a aumentar el prestigio y garantizaba nuevos pedidos. Fue también una forma eficaz de forjar una idea de universalización en las disciplinas de la ciencia y de la educación.

Este modelo pedagógico, estrechamente vinculado con la fabricación de artefactos, entró en crisis durante el primer tercio del siglo XX al ser desplazado por los nuevos sistemas de enseñanza que incorporaron los avances tecnológicos de la industria. La mayoría de aquellos objetos perdieron su funcionalidad y acabaron siendo retirados de las aulas para ser abandonados en almacenes hasta que en los últimos años han conseguido despertar en diferentes sectores sociales un nuevo interés patrimonial. Prestigiosas universidades de Europa y América, así como centros de enseñanza conservan entre sus colecciones un importante patrimonio científico de valor inestimable para conocer la evolución de las ciencias y de la educación.

2. Objetivos

El objetivo general de este trabajo consiste en demostrar el papel que tuvieron los artefactos tridimensionales en la difusión de un modelo de enseñanza universal basado en unos ideales democráticos que buscaban difundir el conocimiento y hacerlo accesible a un amplio espectro de la población.

Como objetivos secundarios se plantea la contextualización de las anatomías artificiales para conocer las funciones y usos de estos dispositivos, cuáles han sido las técnicas de manufactura empleadas en la fabricación de los mismos y las causas que determinaron la elección de unos materiales en lugar de otros. De igual modo, se revisan los diferentes actores implicados en la producción y comercialización de los mismos.

Por último, se pretende poner de manifiesto el valor patrimonial que estos objetos tienen en el momento actual por ser fuentes primarias que ofrecen una dimensión cultural de la ciencia y de la tecnología.

3. Metodología

Para elaborar este artículo, se ha hecho una revisión historiográfica de la creación y evolución de los dispositivos didácticos para la enseñanza de las ciencias naturales, prestando atención a los modelos tridimensionales.

Se ha consultado un variado conjunto de fuentes documentales, entre las que destacan las propias piezas conservadas en las colecciones científicas de universidades, centros de enseñanza secundaria y museos.

Como fuentes primarias, se han examinado documentos de archivo, encargos de obras, listados de compra de materiales, correspondencia entre los fabricantes de dispositivos para la enseñanza y científicos relevantes del período histórico analizado, noticias recogidas en la prensa de la época y en revistas científicas. Se ha revisado la información recogida en los catálogos comerciales de cada fabricante por contener descripciones pormenorizadas sobre los dispositivos que conformaban las distintas colecciones, así como se han analizado los datos de las guías explicativas escritas por especialistas de cada disciplina que, con sus conocimientos, colaboraban estrechamente en la elaboración de dichas producciones.

Dado que las exposiciones universales e internacionales supusieron en la segunda mitad del XIX ámbitos de extraordinario impacto social en donde las empresas mostraban sus nuevos inventos en busca de un reconocimiento que les garantizase el apoyo preciso para distribuir sus productos dentro y fuera de sus países de origen, se ha considerado conveniente llevar a cabo la consulta en diferentes bases de datos para extraer información al respecto.

La información aportada por los catálogos, así como la derivada de la celebración de exposiciones internacionales, es de gran relevancia para comprender cuáles fueron las trayectorias de las redes comerciales y la repercusión que tuvo la circulación de estos artefactos en la sociedad.

4. Resultados

4.1 Anatomía natural versus anatomía artificial. Artefactos de cera

Los avances científicos relacionados con el cuerpo humano alcanzaron su culminación en el período de la Ilustración con el surgimiento de una nueva mirada guiada por los ideales estéticos y morales dominantes en la sociedad de la época. El aprendizaje anatómico pasó a formar parte de un proyecto global de educación cívica y numerosas escuelas de medicina y veterinaria incluyeron en sus instalaciones gabinetes anatómicos donde anatomistas y escultores trabajaban conjuntamente para la construcción de modelos artificiales didácticos. El objetivo de tal empresa era superar la escasez de cadáveres sustituyéndolos por un simulacro del cuerpo que contribuyese a mostrar, de la manera más eficaz y verosímil posible, su funcionamiento interno (Kemp y Wallace, 2000). Para lograrlo se experimentó con diversos tipos de materiales y se realizaron maniqués de hueso, tela, madera y cartón (Marković y Marković, 2010; Olry, 2000), si bien no se obtuvieron unos resultados plenamente satisfactorios. En esa búsqueda atrajo la atención una sustancia barata habitual en los talleres de los artistas para la elaboración de los bocetos de sus obras antes de elaborarlas en un material noble final como el mármol o el bronce, que también era utilizada por los anatomistas en las técnicas de inyección vascular junto con otras sustancias para prolongar la conservación de los tejidos diseccionados. Pronto el interés por los modelos anatómicos en cera se extendió en el ámbito médico y las peticiones de este tipo de artefactos a los talleres de los artistas se hicieron habituales.

La realización de modelos anatómicos con la técnica de la ceroplastica permitió superar el ambiente desagradable de las salas de disección de la época, así como las limitaciones de las representaciones bidimensionales de las ilustraciones y grabados contenidos en los tratados de anatomía. El exponente de este arte alcanza su máxima expresión en la Italia de finales del siglo XVIII, con la creación, en 1771, de las colecciones del Imperiale Regio Museo di Fisica e Storia Naturale, por orden del Gran Duque Leopoldo II de Habsbourg-Lorraine (Poggesi, 2009). Desde su inauguración, esta institución dispuso de un taller –activo desde 1771 hasta la segunda mitad del 1800-, en el que se crearon miles de modelos que no solo cubrían las demandas locales sino que se enviaban a universidades, centros de enseñanza y museos de todo el mundo. La época de mayor esplendor se remonta al periodo en el que el gabinete estuvo dirigido por el renombrado historiador natural y anatomista,

Felice Fontana (1730-1805), y a la fructífera actividad de los escultores Clemente Susini (1754-1814) y Francesco Calenzuoli (1796-1829). Sus creaciones tenían como finalidad principal servir de herramientas en la enseñanza de la anatomía, pero supusieron también una continuación de la tradición artística italiana, especialmente de las antiguas tiendas de los *ceraioli*. La excelente calidad técnica que lograron plasmar en cada una de las figuras, siempre bajo la supervisión de un anatomista que ilustraba y corregía los pequeños detalles, llevó a que las mismas fueran calificadas por sus contemporáneos como auténticas “*obras de arte*” y “*representaciones plásticas*”; además, a los artífices se les conocía como “*modeladores*” o “*artistas*”. Y ciertamente lo son porque estos modelos anatómicos se crearon bajo estrictas convenciones estéticas (Maerker, 2006; Dacome, 2017). El artefacto final era una escultura coloreada que combinaba volumen modelado y superficie policromada, de modo que la práctica escultórica y la pictórica mantenían una relación de dependencia mutua. La coloración otorgaba a la escultura inanimada la capacidad de volver a la vida al estar “*hecha de carne*” (fig.1). Sus valores estéticos y su utilidad fueron constantemente apreciados por personajes relevantes de la época que consideraron estas ceras superiores a cualquier otro tipo de demostración, ya fuesen ilustraciones o incluso el propio cadáver.

Esta asociación entre la cera y la carne es un ideal cultural que los escultores han sostenido en el tiempo. Cuando se pretendía elaborar una obra que mostrará verosimilitud, la cera siempre era el material seleccionado por sus cualidades plásticas –orgánica, dúctil y maleable-, y por su rico simbolismo asociado a los ciclos de vida y muerte, así como a la simulación o engaño por medio de un simulacro del cuerpo. Las ceras policromadas eran el medio perfecto para transformar la superficie escultórica en una piel que podía retirarse como si se estuviese asistiendo a una disección para acceder al interior del cuerpo y descubrir su funcionamiento.

España no fue ajena a esta necesidad de contar con anatomías artificiales y la adquisición de las mismas coincide con la creación de los reales colegios de cirugía, entre los que destacó el Real Colegio de Cirugía de San Carlos (Madrid) que por expreso deseo del monarca Carlos III debía contar con una colección de modelos anatómicos en cera y otros materiales para la instrucción de los futuros cirujanos.

Figura 1. a) Modelo anatómico “La Parturienta”; **b)** Modelo anatómico de un feto a término. Juan Cház y Luigi Franceschi. Cera policromada. (Siglo XVIII). Colección del Museo de Anatomía Javier Puerta. Universidad Complutense de Madrid.



Fuente: Luis Castelo, 2016.

4.1.1 La técnica de la ceroplástica anatómica

Los materiales y procedimientos técnicos utilizados en los gabinetes anatómicos se mantuvieron fieles a la tradición del arte de la ceroplástica italiana (Poggesi, 2009). Los modeladores y sus ayudantes solían elegir cera de abejas blanqueada o cera de abejas virgen como ingrediente principal y añadían a la pasta una serie de aditivos (resinas naturales, grasas animales y vegetales) con objeto de modificar sus propiedades físicas para adaptarla

a los requerimientos de cada una de las fases del proceso creativo. A mediados del siglo XIX, se incluyeron en las recetas la parafina y la estearina.

A partir de una paleta muy reducida de colores, estos hábiles artesanos fueron capaces de obtener la reproducción fiel de cualquier órgano o parte del cuerpo. Si se deseaba imitar el color natural de la piel, se mezclaba albayalde (óxido de plomo blanco) con bermellón en unas proporciones adecuadas. El color rojo oscuro se conseguía con laca florentina y el rojo más luminoso con bermellón y óxido de plomo (minio). Las tonalidades azules se obtenían con azurita o azul de Prusia. El verde se lograba con verdigris o cardenillo (óxido de cobre verde) y el amarillo con la cúrcuma. Los tonos parduzcos eran logrados a partir de tierra sombra de Colonia o de Cassel, y el negro era extraído del hollín de pino y de la brea de Borgoña. Si se precisaba volver más opaca la pasta cérea de modelado, se añadía cerusa o blanco de plomo. Los pigmentos se molían finamente en una moleta, se le adicionaba una pequeña cantidad de aceite y unas pocas gotas de trementina, y se almacenaban para su uso posterior.

Las pastas céreas se vertían en capas sucesivas dentro de moldes de yeso. Dependiendo de la pieza a reproducir y de su complejidad, se utilizaba un único molde o se requería de varios para cada elemento. Si se trataba de construir una figura de tamaño natural de un despellejado (fig.2), la primera fase consistía en hacer primero un boceto en cera o en creta de un hombre vivo, desnudo y con los músculos bien marcados en función de la postura que el anatómico hubiese considerado más adecuada para el fin perseguido.

Figura 2. a) Despellejado; **b)** *Torso linfático*. Juan Cház y Luigi Franceschi. Cera policromada. (Siglo XVIII). Gabinete anatómico del Real Colegio de Cirugía de San Carlos. Colección del Museo de Anatomía Javier Puerta. Universidad Complutense de Madrid.



Fuente: Luis Castelo, 2014.

A continuación, se recurría a preparados naturales, pero como no se disponía de métodos de conservación, el anatomista necesitaba una cantidad considerable de cadáveres para hacer disecciones exactas que sirvieran de modelo a los escultores en su trabajo de modelado. Se elaboraban de manera independiente cada parte del cuerpo humano (cabeza, tronco y extremidades) y estas servían para obtener los moldes de yeso correspondientes de los que se obtendrían las piezas de cera. Extraído el positivo en cera de las matrices, se montaba el conjunto de las mismas sobre un armazón metálico y se unían entre sí con un poco de pasta cérea caliente. El escultor llevaba a cabo la eliminación de las imperfecciones, marcas y rebabas existentes con ayuda de espátulas metálicas, calentadas previamente, y finalizaba pasando por encima un pincel blando impregnado en esencia de trementina. Procedía entonces a imitar los diferentes detalles bajo la atenta mirada del anatomista que le iba orientando durante el proceso para alcanzar una imitación lo más realista posible. Las arterias, venas, vasos linfáticos y nervios se trabajaban con un alambre, con hilo fino o de seda que se impregnaba en cera y se colocaba cuidadosamente sobre la superficie del modelo. El proceso concluía con la aplicación de una película de protección.

Aunque la cera era un material ideal para la representación de la anatomía humana, animal y vegetal, la complejidad en la técnica de elaboración de los modelos, resultado de un trabajo artesanal, lento y costoso, la

extrema fragilidad que dificultaba la interacción práctica durante las clases y su tendencia a deteriorarse por la acción de agentes medioambientales, fueron factores determinantes que llevaron a la búsqueda de nuevos materiales con los que responder a la demanda cada vez mayor de los educadores.

4.2. Los fabricantes de modelos artificiales (siglos XIX-XX)

Ante este nuevo reto, los artesanos continuaron experimentando con distintos materiales y preparaciones que les permitieran la creación de dispositivos tridimensionales más resistentes a la manipulación y que pudieran ser producidos en serie para hacerlos asequibles al público.

La competencia se estableció con rapidez entre diferentes empresas, francesas y alemanas, que produjeron modelos artificiales con estos requerimientos. Los fabricantes prestaban especial atención a los avances o descubrimientos como resultado de las investigaciones técnicas de la época y los iban incorporando en los modelos que producían (Maerker, 2013; Mandressi y Talairach-Vielmas, 2015).

4.2.1. Los ingeniosos modelos clásicos del Doctor Auzoux

Sin duda alguna, entre todos estos comerciantes del siglo XIX destacó la figura de Louis Thomas Jérôme Auzoux (1797-1880). Doctorado en 1822 por la Universidad de Medicina de París, orientó su pasión hacia la anatomía sobresaliendo en esa disciplina tras haber podido formarse junto al gran cirujano Guillaume Dupuytren (1777-1835), que impartía clases en el Hospital Hôtel-Dieu. La dificultad de aprender la anatomía natural debido a la escasez de cadáveres y a la rapidez de su descomposición -que el mismo comprobó al asistir a las disecciones en las clases de la universidad-, le hizo plantearse el reto de sustituirlos por anatomías artificiales. Para ello toma ideas de las piezas de juguetes y marionetas elaboradas en papel maché que se vendían en las tiendas de la época.

Aunque la técnica de elaboración del papel se desarrolló en China durante la dinastía Han, entre el 202 a.C. y el 220 d.C. Habría que esperar hasta el siglo XVI para que en Europa se fabricara el primer cartón comercial. Fue primero en Francia y después en Inglaterra donde el papel maché alcanzaría un gran impulso por medio de la construcción de objetos destinados a un uso decorativo, probablemente por influencia del gusto imperante hacia las lacas chinas procedente de Oriente. La técnica de esta época era demasiado lenta y costosa. El papel rasgado se ablandaba al calor, se remojaba en agua, luego se introducía en moldes de madera. Se añadían capas de pasta, mezclada con arcilla roja, hollín y aceite. Una vez secado, el objeto resultante se pulía y laqueaba. A principios del siglo XVII, este material despertó el interés de los artesanos franceses que ven en él infinitas posibilidades creativas con fines comerciales. Comienzan entonces a fabricar cabezas de muñecas y de maniqués con la técnica del moldeado. Cuando la producción del papel pasó a hacerse a gran escala, ya alrededor de mediados del siglo XVIII, se ampliaron sus ámbitos de aplicación a la elaboración de objetos mobiliarios y ornamentales de todo tipo (cajas de rapé, estuches, cigarreras, bandejas de té, sillas, alacenas, etc.).

Auzoux no es ajeno a la moda parisina del momento y llevado por su gran capacidad creativa e ingenio, visita diferentes talleres de artesanos para conocer los componentes que utilizaban en la preparación de las pastas, los tipos de pulpa de papel elegidos y las técnicas de manufactura que empleaban (Chanal, 2014). En su pensamiento está ya la idea de fabricar un muñeco humano desmontable que sirviera como sustituto del cadáver en las demostraciones de anatomía. En 1819, comienza a experimentar con distintos materiales hasta que consigue finalmente obtener un resultado satisfactorio que cumple con todas sus expectativas. Este primer prototipo lo dedica a la representación de un *miembro abdominal* compuesto por el pie, la pierna y la parte inferior del abdomen, que elabora con papel maché y monta sobre un esqueleto real. Muy probablemente se inspiró en los modelos artificiales construidos por el doctor Jean François Ameline (1763-1835) combinando cartón y huesos, que él mismo tuvo la ocasión de observar en una visita a su taller en Caen (Cocks, 2013; Ameline, 1820). Ameline había presentado su invención ante la Société de Médecine de Caen, en 1816, en el Athénée des arts y en la Société de Médecine de París, así como ante la comisión del Consejo Real de Instrucción Pública, en 1821, y aunque su esfuerzo fue valorado, pronto su maniquí fabricado a partir de un esqueleto natural revestido de músculos, órganos, vasos y nervios hechos de cuero y cartón dejó de interesar ante la innovación técnica lograda por su competidor. Auzoux concluye su anatomía artificial en 1820, y dos años después lo presenta ante los eruditos en la Académie Royale de Médecine de París. Pero esta primera tentativa no convence a los asistentes y recibe algunas críticas por los defectos anatómicos que aprecian en ellos y la distancia existente entre los colores de la superficie y los propios de la naturaleza. Comprende entonces la doble necesidad de contar, por un lado, con personal especializado en arte para lograr materializar sus artefactos y, por otra, de mantener un contacto constante con los hombres de ciencia para conocer los avances en cada una de las disciplinas y poderlos incorporar en la producción de los mismos. Continuará dedicado a esta labor en los siguientes años hasta que consigue, en 1825, fabricar su primer hombre clásico que será objeto de mejora con otro nuevo modelo, finalizado en 1830, esta vez compuesto de 126 piezas desmontables, frente a las 66 del anterior, y de 1115 detalles anatómicos (fig.3 a y c).

Figura 3. a) Cuadro sinóptico del hombre clásico completo, 1869; **b)** Fábrica de Auzoux en Saint-Aubin-d'Écrosville; **c y d)** Moldes para la fabricación de modelos clásicos; modelo de hombre clásico de Auzoux. Musée de l'Écorché Le Neurenberg.



Fuente:

a) Wellcome Library Archive, 2019. **b)** Fototipia colección BIU Santé Médecine. Commons.wikimedia.org, 2012; **c y d)** Frédéric Bisson, 2017.

La elección de optar por un material barato como la pasta de papel maché, el sistema constructivo de modelo clásico desmontable y la fabricación en serie fueron determinantes en la nueva trayectoria que tomaría la anatomía artificial. Durante una sesión de presentación en la citada academia, celebrada el 5 de julio de 1825, los miembros de la misma elaboraron un informe en el que se determinó que estas piezas podían simplificar mucho el estudio de la anatomía y sustituir los cadáveres en los lugares donde no era posible obtenerlos (Auzoux, 1858). El mismo Auzoux describió su novedosa aportación, esta vez como resultado del estudio de la anatomía comparada, plasmada en forma de un caballo clásico. Se trata de un cadáver menos desagradable, del que se pueden separar una a una todas las partes como en una verdadera disección, y volver a colocarlas en su sitio, en pocos minutos, con gran facilidad, tantas veces como lo requieran las necesidades, para que se comprenda bien el juego y el mecanismo de cada órgano, consiguiendo así hacer que el estudio de la anatomía sea más sencilla y menos desagradable. España no fue ajena a la fama que alcanzaron los modelos clásicos del Dr. Auzoux. El médico Manuel Hurtado de Mendoza reconoció la valía de los mismos en su célebre recoge en su *Tratado elemental completo de anatomía general o fisiológica*: Cada una de sus piezas anatómicas es una verdadera obra maestra, es la naturaleza misma; no hay en ellas un solo músculo, una arteria, una vena que no estén tan perceptibles como en el cadáver... (Hurtado, 1830, p. 42).

Inventor ingenioso y gran erudito, dispuso de una extraordinaria habilidad empresarial para adaptar su producción a los descubrimientos científicos de cada momento. Abrió una fábrica en su ciudad natal de Saint-Aubin-d'Écrosville y contrató como obreros los habitantes locales, a los que impartía clases de anatomía (Degueurce, 2012: 58). Sus productos no dejan de recibir constantes elogios por parte de la Real Academia de Medicina y consigue que sus modelos sean recomendados para su uso en los reales colegios, las escuelas secundarias y otros establecimientos públicos. Este fabricante mantuvo una acertada política comercial a través de la venta por catálogo, contando con distribuidores locales, además de disponer de numerosos contactos gracias al apoyo de las autoridades educativas. La buena crítica que obtiene de científicos de gran prestigio le ayuda a alcanzar un reconocimiento internacional a través de la muestra de sus productos en las exposiciones universales.

A comienzos de la década de 1840 diversifica su producción y junto a las piezas de anatomía humana fabrica modelos de animales, en especial el caballo, como resultado del interés que en ese momento existía por el estudio de la anatomía comparada en las instituciones de enseñanza y en los hospitales (fig.4). El caballo completo constaba de 127 piezas y 3635 detalles anatómicos y era más caro y complejo que el de hombre (Degueurce, 2012; Degueurce y Philip, 2015; Auzoux, 1858).

Figura 4. a y d) Tabla sinóptica del caballo clásico de Auzoux; **b)** Lección del profesor James Law en la Universidad de Cornell (Nueva York); **c)** Indicaciones para la manipulación de las piezas.



Fuente: **a y d)** Gallica.bnf.fr/BnF, 2015; **b)** Commons.wikimedia.org, 2014; **c)** Elaboración propia, 2022.

En 1860, Auzoux lanza una nueva serie de modelos botánicos clásicos dedicados a los estados de su germinación y/o floración, que elabora para el estudio de las ciencias naturales, en concreto la botánica descriptiva, comparada y aplicada. Algunos de estos artefactos pudieron ser contemplados en la Exposición Universal de Londres, celebrada en 1862 y en la Exposición Universal de París, dos años más tarde. El público y los eruditos quedan fascinados por las calidades estéticas que los dotan de gran realismo. Con ello responde a las nuevas necesidades derivadas de expansión que experimentó la Botánica y la Agricultura dentro de los estudios de la Historia Natural. Introduce modelos a gran escala cuyos detalles anatómicos amplificaban posibilitaban observar las estructuras externas e internas de los vegetales como se haría bajo la lente de un microscopio.

Estos nuevos modelos clásicos posibilitaban explicar la estructura de una flor, contemplar sus diferentes partes y comprender las relaciones existentes entre ellas mediante una visualización y manipulación de los mismos. Solventaban de ese modo las limitaciones que tenían los herbarios, ya que aunque si permitían la conservación de las plantas, no eran los métodos más idóneos para comprender la organización y función de la organización interna; además, algunas plantas y hongos solo estaban disponibles en ciertas estaciones del año. Estas colecciones se verían completadas con los modelos de setas y champiñones, que comienza a producir desde 1869.

Los modelos son solicitados por facultades de ciencias naturales, medicina y farmacia, así como por institutos, colegios, hospitales militares y museos de todo el mundo. Los pedidos se fueron incrementando paulatinamente y para dar respuesta a la demanda, Auzoux puso a disposición de los interesados dos tipos de artefactos, unos, elaborados con todo detalle, de calidad excepcional, destinados a las universidades, por su elevado coste de producción, y otros, con tamaños más reducidos, construidos con estructuras más sencillas, orientados a las escuelas de secundaria, aunque también se incluían en los catálogos de venta modelos en alquiler. Estos objetos se podían adquirir por separado o formando parte de colecciones completas. Sus precios oscilaban entre los 15 francos franceses y los 3000 francos (modelo del hombre) o los 4000 francos (modelo del caballo). No solo es novedoso el sistema empleado en la fabricación de sus modelos, sino también que estos fueran comercializados acompañados de un cuadro sinóptico que servía de guía de desmontaje y montaje como si se asistiera a una disección, lo que además suponía un autoaprendizaje por parte del usuario.

Cuando Auzoux muere en París el 5 de mayo de 1880, se produce un cese en la incorporación de nuevos modelos clásicos dentro de las colecciones que la empresa comercializaba. Amédée Montaudon y, más tarde su sobrino, Jean Montaudon, establecen un plan de diversificación en la producción de la fábrica con la finalidad de intentar solventar las dificultades económicas como resultado del frenazo en las exportaciones debido a la crisis de 1929 en Estados Unidos y a la 2ª Guerra Mundial. No resultó efectivo y en 1926, traspasan el negocio a Henri Barral.

4.2.2. La técnica innovadora del Dr. Auzoux

La técnica desarrollada por Auzoux, las características, componentes y sistema constructivo han sido ampliamente descritos (Grob, 2000; Motel, 2004; Ruiz y Degueurce, 2009). El secreto de la confección de sus piezas residía en una mezcla de pasta de papel y de corcho. En 1825, el propio Auzoux describía con estos términos la técnica con la que fabricaba sus modelos:

La matière dont elles sont composées est de nature végétale; elle est presque aussi dire que le bois, mais moins cassante, ce qui est dû à un peu d'élasticité dont elle jouit même après la dessiccation la plus complète: par sa nature elle n'a rien à craindre des insectes ni des variations de la température atmosphérique (Auzoux, 1825, p. 5).

El proceso comenzaba cuando un obrero encolaba tiras de papel desgarrado alrededor de las paredes internas del molde para crear una carcasa –con un máximo de cuatro capas superpuestas–, sobre la que, a continuación, vertía una pasta denominada *terre* compuesta por papel, engrudo de harina o de almidón, estopa picada, blanco de Meudon (carbonato cálcico) y corcho triturado que previamente había sido amasada por un sistema de mazos operado por un caballo. Con esta pasta se iban rellenando los moldes que, en función del peso de la pieza, podían ser de escayola o de metal e ir fijados a un soporte de madera. Algunas piezas metálicas, a modo de estructuras auxiliares, eran introducidas en diferentes puntos para dotar de estabilidad al conjunto. La amalgama obtenida, aún en estado húmedo, se adaptaba a las formas del contenedor. El propio autor se expresó al respecto en los siguientes términos:

Dans l'état frais elle est molle et susceptible de prendre et de conserver toutes les formes les plus déliées, avantage qui m'a permis de donner des reliefs absolument identiques et de faire tout qui a rapport à la myologie, à l'angéologie, à la néurologie, à la splanchnologie, et à l'ostéologie (Auzoux, 1825, pp. 5-6).

Los obreros fabricaban cada una de las dos caras del volumen de la pieza en un molde diferente elaborado con metal fijado sobre planchas de madera de haya (fig.3c). Era esencial respetar los tiempos de secado para proceder al desmoldeado, pues si se realizaba cuando estaba todavía húmeda la pasta, se corría el riesgo de que se deformaría y de igual modo, un exceso de secado podría conllevar a que alguna parte del modelo se dañara al quedarse adherida a las paredes del molde. La operación continuaba mediante la unión de las dos partes, el cierre de los moldes y su prensado en una prensa de sidra modificada en la que se mantenían durante varias horas para conseguir compactar la mezcla y que penetrara por todos los espacios y huecos internos.

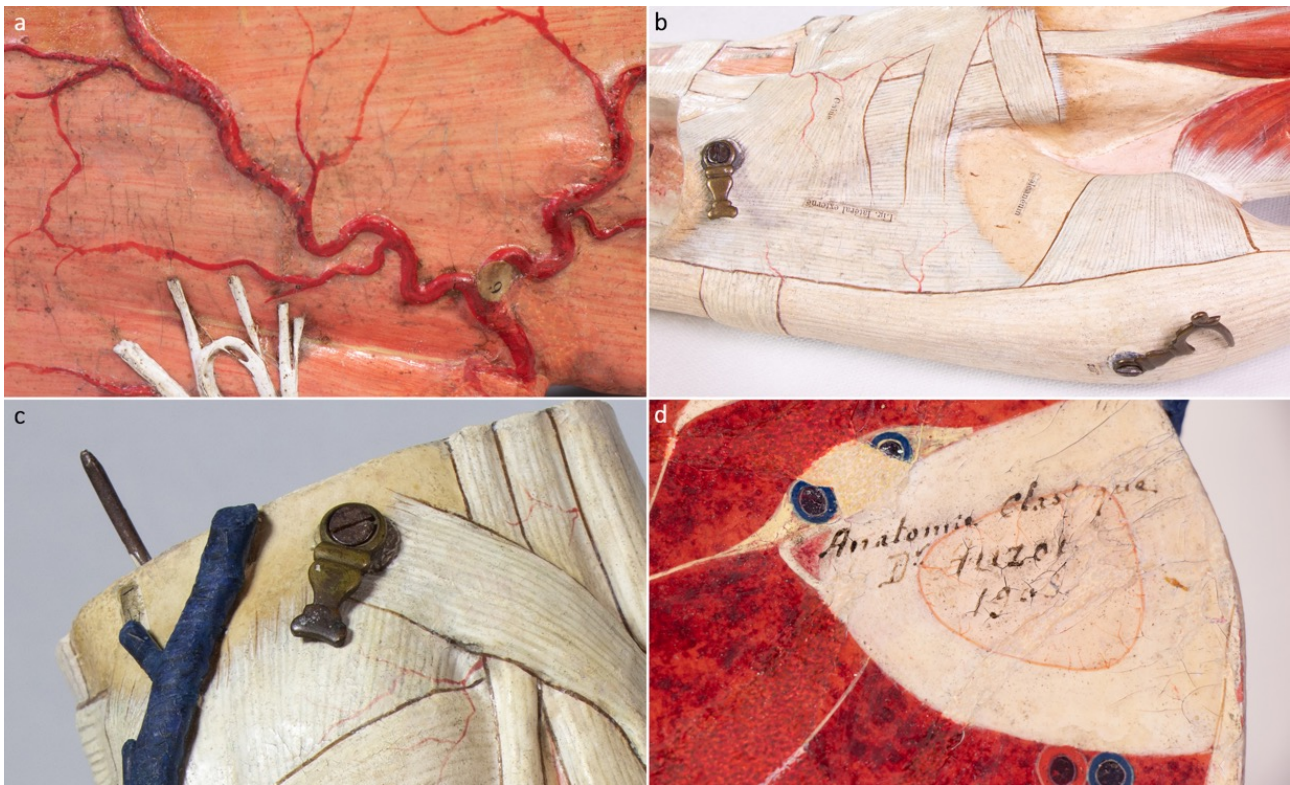
Desmoldeada la pieza, la etapa siguiente se centraba en las labores de montaje que consistían en proceder a unir los diversos elementos por medio de hilos de metal. El operador también llevaba a cabo la eliminación de posibles rebabas en las zonas de las juntas mediante el lijado de las mismas, y cubría las imperfecciones de la superficie con tiras de papel encolado.

Comenzaba entonces el proceso de policromado que se realizaba con sumo esmero para lograr una imitación realista de los detalles (fig. 5 a). La paleta cromática se reducía a unos cuantos colores: blanco de plomo, azul de Prusia, bermellón y amarillo de cromo; estos pigmentos eran cuidadosamente molidos en un mortero hasta obtener la consistencia deseada. Las fibras musculares y los tendones se simulaban a punta de pincel. Los nervios y vasos sanguíneos se elaboraban con cáñamo trenzado e hilos metálicos que se recubrían de capas de papel y se pintaban con azul o rojo según fueran venas o arterias; estos elementos se fijaban al soporte general con pequeños clavos manteniendo de ese modo su posición en el conjunto. La totalidad de la superficie era protegida con una película de gelatina animal procedente de la vejiga natatoria del esturión de Rusia.

Bisagras y pernos de hierro o de cobre servían para la sujeción de las piezas más pesadas (fig.5 b y c). La última etapa consistía en la colocación de los distintos tipos de etiquetas que servirían para identificar el orden de desmontaje y montaje. Una pequeña mano con el dedo índice extendido se adhería sobre la superficie de la pieza susceptible de ser desmontada. Una etiqueta con una pequeña leyenda indica el nombre de la zona anatómica. Letras alfabéticas y números inscritos en etiquetas circulares indican los detalles; estos últimos, se vinculan con los que aparecían en las instrucciones contenidas en una tabla sinóptica que se enviaban acompañando al modelo tridimensional (fig.5 b y c). El número de orden aparece siempre fijado sobre la extremidad en la que está ubicado un gancho curvo y sirve para indicar cómo se deberá operar para separar las piezas. Para conseguir desplazar una pieza es suficiente con girar cuidadosamente el gancho de unión y a continuación realizar un ligero movimiento de arriba hacia abajo de modo que quede fuera la punta metálica de unión entre ambas piezas. Para volver a montarla, basta con observar el número que se corresponde con la pieza, ubicado próximo al agujero que debe recibir el perno.

Una vez verificado el resultado alcanzado, se procedía a firmar la escultura. Auzoux firma sus primeros modelos con su nombre y la fecha de ejecución, pero en las producciones posteriores comienza a añadir una leyenda *Auzoux Dctr. Fecit anno....* o bien *Anatomie clastique du docteur Auzoux* (fig.5 d).

Figura 5. a) Policromía; b y c) Detalle de pernos y etiquetas; d) Firma.



Fuente: Elaboración propia, 2021.

4.3. Los otros fabricantes de anatomías artificiales

4.3.1. Manufactura Brendel

La técnica del papel maché en la construcción de artefactos para la enseñanza de las ciencias no fue exclusiva del Dr. Auzoux. A partir de 1866, otro fabricante alemán, Carl Robert Brendel (c.1821-1898), comenzó a elaborar modelos didácticos para el estudio de la botánica medicinal, aunque pronto extendería la producción a modelos para uso agronómico, botánica sistemática y anatomía vegetal.

Junto a su hijo Reinhold, abrió una fábrica, situada primero en Breslavia y, más tarde, en Berlín. Sus artefactos se muestran en la Exposición hortícola Internacional de Hamburgo y obtienen un aclamado reconocimiento por la extraordinaria calidad técnica alcanzada en cada detalle anatómico y por la precisión y el rigor en la representación de la naturaleza. Esta compañía recibirá varias menciones y premios en ferias internacionales y sus modelos botánicos formarán parte de instituciones de educación superior, secundaria y museos de historia natural de todo el mundo.

El sistema de distribución de los modelos se basaba en la venta a través de catálogos ilustrados (Brendel, 1885; 1890; 1900). A cada modelo se le asignaba su escala, se indicaba si era desmontable y se aportaba un listado con el precio que variaba en función de la calidad artística. Además, se ofrecía a los posibles compradores la opción de elegir entre modelos fabricados con sumo rigor de detalles, propuestos para las escuelas superiores (universidades, academias, institutos, colegios) o una serie más simple y económica diseñada para las escuelas de enseñanza básica.

Sus productos los convierten en los principales competidores de los modelos del Dr. Auzoux. Si bien ambos fabricantes ofrecían en sus catálogos de venta piezas agrandadas y desmontables con fines pedagógicos, existen algunas diferencias dignas de mencionar. La casa Brendel recurrirá a una diversidad de materiales (papel maché, madera, yeso, ratán, gelatina, vidrio, plumas, etc.) en la manufactura de sus modelos e incluirá en su catálogo modelos de plantas locales, así como especies exóticas, tropicales o raras. Por su parte, los artefactos elaborados por la empresa de Auzoux estarán fabricados con un reducido número de materiales (papel maché, gelatina, corcho) y ofrecerá modelos vegetales para el estudio de la botánica propia del territorio francés, con interés agronómico (fig.6).

Figura 6. a) Listado de modelos botánicos R. Brendel; **b)** Diversidad de materiales empleados en la elaboración de los modelos.



Fuente: **a)** Commons.wikimedia.org, 2022; **b)** Elaboración propia, 2019.

En cuanto al proceso de elaboración, la casa Brendel empleaba el uso de moldes con la finalidad de poder ofrecer series idénticas de un mismo modelo. El componente principal era la pasta de papel maché que utilizaban para construir el soporte escultórico. En la mayoría de los casos, el modelo artificial dispone de un armazón metálico interno que sirve de apoyo al conjunto de las piezas, a la vez ensambladas entre sí con alambres. Cada detalle era recreado con suma observación del espécimen natural eligiendo para ello aquel material que permitiese imitar el color y la textura. Las capas de color se aplicaban con la técnica del óleo sobre un aparejo blanco de yeso y cola animal. Para favorecer la observación y comprensión de las estructuras, un número significativo de estos objetos disponían de partes desmontables.

Tras la muerte del fundador de la casa, el 22 de enero de 1898, el negocio pasó a manos de su hijo, Reinhold (c. 1861- 1927). En los siguientes años, la fábrica cambió en varias ocasiones de ubicación hasta quedar instalada finalmente, ya en 1925, en Neumarkt (Polonia). En ese período, las técnicas constructivas originales de los modelos del Dr. Auzoux fueron abandonados porque la manufactura era muy compleja y no resultaba competitiva, siendo sustituida por una forma de producción más modernizada, lo que provocó una disminución en la calidad del producto final. Durante la Segunda Guerra Mundial y como consecuencia del origen judío de la familia, está fue clausurada, si bien los modelos Brendel continuaron fabricándose a través de la Sociedad *Phywe AG* de Göttingen.

4.3.2. Les Fils d'Émile Deyrolle

Jean-Baptiste Deyrolle (1784-1841), descendiente de una familia de tapiceros, se traslada en 1828 a la ciudad de Bélgica para trabajar como taxidermista en el Museo de Ciencias de Bruselas. En ese ambiente de naturalistas crecen sus hijos y el mayor de ellos, Archille, decide abrir una tienda en París dedicada a objetos científicos aprovechando el contexto social del momento caracterizado por el apogeo de los viajes de aventureros, explorados y científicos, ávidos de descubrir los secretos de la naturaleza. En 1866, su nieto Émile Deyrolle tomó el relevo de su padre y llevado por su gran visión comercial amplió su ámbito de acción internacionalizando su producción para hacer que la ciencia fuera accesible a toda la sociedad. Al comprender que esta tenía que ser enseñada con ayuda de todos los medios visuales posibles, se especializó en la comercialización de sus productos, actualizó los catálogos de la empresa y realizó una hábil campaña para publicitar los modelos. A partir de 1896, los modelos comercializados por la empresa son firmados con la leyenda *Les Fils d'Émile Deyrolle* en alusión al negocio familiar llevado desde entonces por los hijos del nieto fundador. Elaborados con papel maché y escayola, la mayoría de los modelos son clásicos para cumplir con su función didáctica en la demostración de la anatomía floral durante las clases de botánica (Marín Murcia, 2018). Al igual que otros fabricantes, estos dispositivos se ofrecen acompañados de una guía que contiene leyendas explicativas para la interpretación de las piezas, con dibujos esquemáticos y enumeración de las estructuras de cada elemento, en la que también se indicaba la escala

del modelo con respecto al original (fig.7). En la actualidad, la casa comercial sigue ofreciendo material didáctico de calidad en su sede de París. Entre la oferta de piezas se encuentran organismos y estructuras botánicas (dedicados tanto a la representación de la anatomía de las flores), así como otros modelos que muestran ciclos completos de crecimiento de estas.

Figura 7. a y b) Catálogo razonado Les Fils d'Émile Deyrolle, Enseñanza técnica, 1910; **c)** Talleres de la fábrica; **d)** Modelo botánico clásico en papel maché pintado.



Fuente: **a, b y c)** Fondos antiguos de los gabinetes, siglo XIX. IES Canarias Cabrera Pinto, 2017; **d)** Christies.com, 2019.

4.3.3. Vasseur-Tramond

En 1870, Gustave Tramond (1845-1905) estableció su taller de objetos artificiales en cera en la rue de l'École-de-Médecine, cerca del antiguo anfiteatro; esta proximidad le garantizó disponer de restos de cuerpos diseccionados y huesos que empleó para la construcción de sus modelos de cera, lo que les dotaba de un gran realismo. La calidad de sus productos le hizo ganar numerosos premios en las exposiciones universales de 1875, 1878, 1889, 1900. A principios del siglo XX, la empresa pasó a manos del yerno de Tramond, N. Rouppert, que siguió fabricando maquetas hasta la guerra de 1914 y convirtió la marca en *Maison Tramond, N. Rouppert, sucesora*. En 1929, la empresa fue comprada por Henri Barral, también propietario de los Etablissements du Docteur Auzoux. A la muerte de Henri Barral en 1952, su hijo Bernard Barral se hizo cargo de ella (Le Minor y Puygrenier, 1989).

Los artesanos de la casa Tramond trabajaban en estrecha colaboración con profesores de anatomía de las universidades para ajustar cada modelo a las indicaciones precisas que estos les facilitaban. El catálogo de venta incluía modelos cuyos precios oscilaban entre 100 y 450 francos franceses, dependiendo de la importancia y complejidad técnica de la pieza a elaborar.

En cuanto al procedimiento de manufactura, este consistía en fundir pastas de cera para aplicarlas sobre las estructuras óseas compuestas por huesos desecados, con un minucioso control tanto de la transparencia como del color para lograr la imitación de la piel y de los órganos internos. Los planos muscular, adiposo y tegumentario son enteramente de cera, más o menos diáfana, cuyos matices son muy ricos. Las diferentes partes que componen cada modelo muestran los planos propios de una disección. Para facilitar la observación de los detalles anatómicos, los elementos musculares seccionados se sujetaban con ganchos o alfileres tal y como se hacía con los especímenes reales. Las piezas eran mostradas con una tela blanca plegada que revelaba al estudiante solo las zonas a ser observadas (fig.8 a).

Figura 8. a) Modelo anatómico Tramond; **b)** Modelo de torso para la enseñanza. Jozef Steger, diseñado por Carl E. Bock.



Fuente: **a)** María M. Serna, 2022; **b)** 1stDibs, 2021.

4.3.4. Empresa Steger

En la década de 1880, Franz Josef Steger (1845-1938), un técnico alemán bajo la dirección del profesor Wilhelm His (1831-1904) de la Universidad de Leipzig, e inspirado en los dibujos anatómicos de Carl Ernst Bock (1805-1874), revolucionó el mercado del comercio de modelos anatómicos en la década de 1880 al desarrollar un método rápido y preciso para producir modelos de yeso de París con un alto grado de hiperrealismo (Spencer 2008; Cornwall y Smith, 2014). Este material era duradero, asequible y posibilitaba obtener unos resultados con el mismo grado de eficacia que cualquiera de los otros productos anteriores (fig.8 b). Los nuevos artefactos fueron desarrollados por Steger abarcando una amplia variedad de especímenes anatómicos que se presentan en varios estados de disección. Al igual que hicieron sus predecesores, la venta de los mismos se realizaba por catálogo y a través de proveedores que los distribuían a nivel internacional. Rápidamente sus modelos se volvieron muy populares y fueron producidos para responder a la demanda desde finales de la década de 1880 hasta principios de 1930, cuando terminaron por ser sustituidos por los fabricados con plástico (Narang, et al., 2021).

4.3.5. Casa comercial SOMSO

En 1876, el modelista Marcus Sommer fundó, en Sonneberg (Turingia, Alemania), los talleres SOMSO® para la fabricación de modelos anatómicos que en un principio construyen con papel maché siguiendo procesos de elaboración artesanales. A partir de 1880, se centró en la fabricación de un amplio surtido de modelos de frutas y de setas, para más tarde ampliar sus colecciones a modelos anatómicos, zoológicos y botánicos. La empresa SOMSO® ha continuado funcionando en manos de sus descendientes y cuenta en la actualidad con un reconocimiento mundial. Produce, en colaboración con académicos, departamentos de anatomía en universidades y en hospitales, modelos tridimensionales de plástico.

La fabricación de cada uno de los modelos que comercializa es fruto de un trabajo especializado que combina las técnicas industriales con el oficio manual. Las piezas que componen cada modelo son ensambladas y pintadas a mano por personal altamente cualificado, garantizando así la calidad final, lo que les otorga un acabado de extraordinaria calidad y carácter único que responde a los requerimientos científicos pero también les aporta un valor estético (fig.9).

Figura 9. Modelo anatómico clásico de vaca. Escayola policromada.



Fuente: Luis Castelo, 2022.

5. De artefacto pedagógico a objeto artístico patrimonial

A principios del siglo XX, las técnicas de construcción preindustriales fueron abandonadas debido a que la complejidad en la manufactura de los objetos era elevada e impedía ser lo suficientemente competitiva para resultar rentable a los fabricantes que, a pesar de sus esfuerzos, terminaron por rendirse ante la llegada del plástico, un material de producción sencilla y muy resistente, que supuso una evidente competencia difícil de superar.

Por otro lado, el devenir de las prácticas en las aulas y del progreso científico, con la incorporación de nuevas técnicas de investigación y de representación de los seres vivos, acabaron por volver inútiles a muchas de las herramientas y artefactos que antaño fueron tan demandados. Los docentes comenzaron a percibirlos obsoletos frente a los nuevos dispositivos y esto llevó a que fuesen apartados de las aulas y amontonados en repisas dentro de vitrinas, o en almacenes sin prestarles la menor atención ni cuidado, donde han permanecido en un lento letargo, acumulando capas de polvo y de olvido.

En la actualidad, estos objetos presentan estados muy variables. En algunos casos, su fragilidad y deterioro están ligados a la funcionalidad original que ejercieron en el pasado, cuando ocuparon un puesto relevante como dispositivos didácticos en los laboratorios durante las clases magistrales y, en consecuencia, fueron manipulados constantemente por los estudiantes y los docentes. Los modelos clásicos se han degradado como consecuencia de desmontajes y montajes forzados, que acabaron por dañar sus mecanismos y deformar alguna de sus piezas. Pero ha sido, sobre todo, el comportamiento desigual de la enorme diversidad de materiales utilizados -cera, resinas naturales, pigmentos y colorantes, pelo natural, fibras vegetales, tejidos, papel maché, madera, metal, etc.-, combinados entre sí, la que ante unas condiciones adversas de conservación, ha desencadenado procesos de alteración que han puesto en serio peligro su pervivencia en el tiempo (fig.10).

Figura 10. Detalles de diferentes tipologías de daños comunes en colecciones científicas de anatomías artificiales.



Fuente: Elaboración propia, 2020.

Con todo y a pesar de haber perdido en la mayoría de los casos su función originaria, estos artefactos han sido capaces de mantener inalterable su singular encanto, lo que ha llamado poderosamente la atención de investigadores sobre la cultura material y también de algunos artistas contemporáneos. Poseedoras de una gran belleza plástica, de un alto rigor científico y de un incuestionable valor didáctico, estas esculturas son prodigios técnicos resultantes del intercambio de saberes entre la ciencia y el arte. Estos maravillosos artefactos conforman un corpus singular y son, en sí mismos, fuentes primarias para estudiar desde múltiples aspectos la evolución de las ideas. Así, su valor original de herramienta docente ha cedido paso a nuevos significados para acabar siendo sustituido por su nuevo valor patrimonial. Reconocer estos valores se convierte en una tarea esencial para garantizar su preservación.

6. Conclusiones

Ha quedado demostrado que los científicos trabajaron en colaboración con los artesanos y fabricantes de diferentes casas comerciales para crear réplicas de los seres vivos, eligiendo aquellos materiales que se adaptarán mejor a una representación lo más fiel posible del espécimen.

Durante el siglo XVIII, los modelos de cera fueron herramientas fundamentales para el estudio de la anatomía humana, animal y botánica. Sin embargo, el método de elaboración completamente artesanal suponía un proceso largo, laborioso y costoso, con el que solo se conseguía construir un número muy limitado de copias destinadas a cubrir la demanda de instituciones relevantes en la época.

El impulso didáctico que recibieron las disciplinas de la medicina, la veterinaria, la zoología y la botánica durante la mitad del siglo XIX, llevó a la necesidad de disponer de una serie de nuevos dispositivos que permitieran a los docentes mostrar a sus estudiantes disecciones virtuales. Surgió así una nueva producción de modelos artificiales estandarizados, fabricados con materiales más económicos, destinados a la enseñanza de las ciencias naturales. La estrecha colaboración entre científicos de diferentes disciplinas (medicina, veterinaria, botánica), con artesanos, modeladores, escultores, pintores, así como fabricantes y comerciantes, favoreció una producción enormemente amplia de dispositivos, producidos con una gran variedad de materiales, enfocados a cubrir una demanda en las aulas cada vez mayor. La revisión de las técnicas de manufactura ha permitido conocer cómo los fabricantes seleccionaron estos materiales y cuidaron hasta el más mínimo detalle en el proceso de elaboración para alcanzar resultados de elevado rigor científico y de extraordinarias calidades estéticas. Modelos que aunque producidos en serie disponen de unos acabados realizados a mano que hacen de cada uno de ellos, una pieza única, en la que el valor pedagógico, el realismo científico y la belleza plástica se aúnan para dar como resultado un singular patrimonio que merece ser preservado.

7. Agradecimientos

Este estudio se ha realizado dentro del marco del proyecto I+D+i (Ref.: PGC2018-098396-B-100) de la Universidad Complutense de Madrid, "Metodologías innovadoras en conservación-restauración de colecciones científicas con modelos didácticos de botánica, anatomía humana y animal basadas en tecnologías 3D", financiado por el Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades (España), y gracias a los fondos de la Beca Predoctoral FPI (Ref. PRE2019-087870) financiada por el Ministerio de Ciencia e Innovación (España), el Fondo Social Europeo FSE y la Agencia Estatal de Investigación.

Referencias

- Ameline, J.F. (1820). *Mémoire sur l'utilité des pièces d'anatomie artificielle chirurgicale*. A. Leroy. Imprimeur du Roi.
- Anderson, R. (2004). The Idea of the Secondary School in Nineteenth-century Europe. *Paedagogica Historica: International Journal of History of Education*, 40(1/2), 93-106. <https://doi.org/10.1080/00309230310001649207>
- Auzoux, L. (1825). *Notice sur les préparations artificielles de M. Auzoux*. L'auteur. Rue du Paon.
- Auzoux, L. (1858). *Leçons élémentaires d'anatomie et de physiologie humaine et comparée*. Labé.
- Bertomeu-Sánchez, J.R., Cuenca Lorente, M., García Berlmar, A., y Simón-Castel, J. (2011). Las colecciones de instrumentos científicos de los institutos de enseñanza secundaria del siglo XIX en España. *Historia de la educación*, 30, 167-193.
- Bertomeu-Sánchez, J.R., y Simón-Castel, J. (2012). Viejos objetos y nuevas perspectivas historiográficas. La cultura material de la ciencia en las aulas del siglo XIX. En L. López-Ocón Cabrera, S. Aragón y M. Pedrazuela Fuentes (Eds.). *Aulas con memoria. Ciencia, educación y patrimonio en los institutos históricos de Madrid (1837-1936)* (pp. 49-72). Doce Calles.
- Brendel, R. (1885). *Erläuterungen zu den Botanischen Modellen von Robert Brendel in Berlin. Verfasst von Dr. A. Tschirch*. Unger.
- Brendel, R. (1890). *Verlagsanstalt für Lehrmittel: Verzeichnis von plastischen Lehrmitteln für den Unterricht in der Anthropologie, Zoologie, Mineralogie und Mikroskopie*. Unger.
- Brendel, R. (1900). *Preisliste über Botanische Modelle gefertigt und heransgegeben*. Golden Medaille.
- Chanal, N.P.J. (2014). *L'anatomie clastique de Louis Auzoux, une entreprise aux XIX^{ème} siècle*. [Tesis Doctoral]. École Nationale Vétérinaire d'Alfort. <https://theses.vet-alfort.fr/telecharger.php?id=1742>
- Cocks, M. M. (2013). Dr Louis Auzoux and his collection of papier-mâché flowers, fruits and sedes. *Journal of the History of Collections*, 26(2), 229-248. <https://doi.org/10.1093/jhc/fht036>
- Cornwal, J., & Smith, c. (2014). Anatomical models by F.J. Steger (1845-1938): the University of Otago Collection. *Eur. J. Anat.* 18(3), 209-211.
- Dacome, L. (2017). *Malleable Anatomies. Models, Makers and Material Culture in Eighteenth-Century Italy*. Oxford University Press.
- Degueurce, Ch., & Add, P. (2015). The Mannequins of Dr. Auzoux, An Industrial Success In the Service of Veterinary Medicine. *Journal of Plastination*, 27(1), 18-28.
- Degueurce, C. (2012). *Corps de papier: l'anatomie en papier mâché du Docteur Auzoux*. La Martinière.
- De Chadarevian, S., & Hopwood, N. (Eds.) (2004). *Models: The Third Dimension of Science*. Stanford University Press. Stanford.
- Grob, B. J. W. (2000). *The world of Auzoux. Models of man and beast in papier-mâché*. Leiden Museum Boerhaave.
- Hurtado de Mendoza, M. (1830). *Tratado elemental completo de anatomía general ó quirúrgica, de anatomía patológica ó médica, con arreglo al estado actual de esta ciencia y progresos que ha hecho en estos últimos años*. Imprenta Garcia.
- Kemp, M., & Wallace, M. (2000). *Spectacular bodies: The art science on the human body from Leonardo to now*. Hayward Gallery.
- Le Minor, J.M., & Puygrenier, J. (1989). La collection de cires anatomiques de l'École du Service de Santé des Armées de Lyon. *Hist Sci Med*, 23(2), 131-138.
- Marković, D., & Marković Živković, B. (2010). Development of anatomical models-chronology. *Acta Med Med*, 49(2), 56-62.
- Maerker, A. (2006). The anatomical models of La Specola: Production, Uses, and Reception. *Nuncius*, 21(2), 295-321.
- Maerker, A. (2013). Anatomizing the Trade: Designing and Marketing Anatomical Models as Medical Technologies, ca.1700-1900. *Technology and Culture*, 54(3), 531-562.
- Marín Murcia, J.P. (2018). La enseñanza de la Botánica y los modelos anatómicos de Les Fils d'Émile Deyrolle. *Aula, museos y colecciones de ciencias naturales*, 5, 113-130.
- Mandressi, R., & Talairach-Vielmas, L. (2015). Modeleurs et modèles anatomiques dans la constitution des musées médicaux en Europe, XVIII^e-XIX^e siècle. *Revue Germanique Internationale*, 21, 21-40. <https://doi.org/10.4000/rgi.1509>
- Motel, J.J. (2004). *L'anatomie clastique et le musée de L'ecorché d'anatomie du Neubourg*. Barc.
- Olry, R. (2000). Wax, Wooden, Ivory, Cardboard, Bronze, Fabric, Plaster, Rubber and Plastic Anatomical Models: Praiseworthy Precursors of Plastinated Specimens. *Journal of the International Society of Plastination*, 15 (1), 30-35.
- Poggesi, M. (2009). La collezione delle cere anatomiche. En G, Barsanti & G, Chelazzi (Eds.). *Il Museo di Storia Naturale dell'Università degli Studi di Firenze. Vol.I. Le collezioni della Specola: zoologia e cere anatomiche* (pp. 81-106). Firenze University Press.

- Narang, P., Raju, B., Jumah, F., Kanti Konar, S., Nagaraj, A., Gupta, G., & Nanda, A. (2021). The Evolution of 3D Anatomical Models: A Brief Historical Overview. *World Neurosurg*, *155*, 135-143. <https://doi.org/10.1016/j.wneu.2021.07.133>
- Ruiz, G., & Degueurce, Ch. (2009). Les modeles d'Anatomie clastique du docteur Auzoux au Musee de l'Ecole Veterinaire d'Alfort. *Bulletin de la Société Française d'Histoire de la Médecine et des Sciences Vétérinaires*, *9*, 35-49.