



Flora Artefacta. Historia, Tecnología y Conservación de la Colección de Modelos Botánicos Brendel en la Universidad Complutense de Madrid¹

Alicia Sánchez Ortiz²; Óscar Hernández-Muñoz³; Emanuel Sterp Moga⁴

Recibido: 27 de enero de 2021 / Aceptado: 15 de abril marzo de 2021

Resumen. La Universidad Complutense de Madrid cuenta con una extraordinaria colección de modelos Brendel elaborados en papel maché y/o gelatina. En el año 2020, nuestro grupo de investigación llevó a cabo el proyecto expositivo *HERBARIOS IMAGINADOS. Entre el Arte y la Ciencia*, en la sala c-arte-c del Centro de Arte Complutense, que supuso la oportunidad de restaurar una selección de 19 esculturas. El artículo ofrece una visión general historiográfica y epistemológica de estos objetos singulares para comprender cómo sus usos y funciones establecieron estrechas conexiones entre la historia de la ciencia y la producción artística. En una segunda parte se exponen las metodologías de conservación-restauración que se adoptaron, destacando la aportación de las técnicas digitales 3D en la toma de decisiones al posibilitar un conocimiento exhaustivo del objeto y ayudar a minimizar los riesgos por manipulación directa.

Palabras clave: papel maché, Brendel, modelos de enseñanza, historia natural, digitalización 3D, restauración virtual, conservación.

[en] FLORA ARTEFACTA. History, Technology and Conservation of the Brendel Botanical Model Collection at the Complutense University of Madrid

Abstract. The Complutense University of Madrid has an extraordinary collection of Brendel models made of *papier-mâché* and/or gelatin. In 2020, our research group carried out the exhibition project *IMAGINARY HERBARIA. Between Art and Science*, in the c-arte-c room of the Complutense Art Center, which provided the opportunity to restore a selection of 19 sculptures. The article offers a historiographic and epistemological overview of these unique objects to understand how their uses and functions established close connections between the history of science and artistic production. In a second part, the conservation-restoration methodologies that were adopted are presented, highlighting

¹ Los resultados de esta investigación forman parte del Proyecto I+D+i *Metodologías innovadoras en conservación de colecciones científicas con modelos didácticos de Botánica, Anatomía humana y animal basadas en tecnologías 3D*, (Ref.: PGC2018-098396-B-I00), Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades. Asimismo, se ha desarrollado con la ayuda de la beca Predoctorale FPI (Ref.PRE2019-087870), financiada por el Ministerio de Ciencia e Innovación, FSE Fondo Social Europeo y la Agencia Estatal de Investigación. Los autores quieren expresar un reconocimiento especial a la labor realizada por José María Pizarro Domínguez, PAS Laboral del Departamento de Farmacología, Farmacognosia y Botánica (Facultad de Farmacia-UCM), por su colaboración en todo el proceso de investigación y, en especial, por su entrega y dedicación en la preservación de la colección.

² Universidad Complutense de Madrid
aliciasan@ucm.es. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3358-1943>

³ Universidad Complutense de Madrid
oscarher@ucm.es. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1226-4789>

⁴ Universidad Complutense de Madrid.
emasterp@ucm.es. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0158-1084>

the contribution of 3D digital techniques in decision making by enabling an exhaustive knowledge of the object and helping to minimize the risks of direct manipulation.

Keywords: papier-mâché, Brendel, teaching models, natural history, 3D scanning, virtual restoration, conservation.

Sumario. 1. En la frontera entre ciencia y arte. 2. Artificios de botánica: tecnología y comercio. 2.1. Manufactura Brendel. 3. La colección Brendel de la Universidad Complutense de Madrid. 3.1. Materiales y técnicas constructivas. 3.2. Estado de conservación de los modelos. 4. Estrategias metodológicas de conservación: de la restauración virtual a la restauración real. 4.1. Digitalización 3D y restauración virtual para la toma de decisiones. 4.2. Procesos de conservación-restauración. 4.2.1. Tratamientos en las peanas. 4.2.2. Tratamientos en los modelos anatómicos. 5. Conclusiones. Bibliografía

Cómo citar: Sánchez Ortiz, Alicia; et al. (2021). Flora Artefacta. Historia, Tecnología y Conservación de la Colección de Modelos Botánicos Brendel en la Universidad Complutense de Madrid, en *Anales de Historia del Arte* nº 31 (2021), 103-125.

1. En la frontera entre ciencia y arte

Con el surgimiento de la biología como disciplina científica a finales del siglo XIX, su enseñanza en las aulas y los laboratorios requirió de materiales docentes que ayudasen a los estudiantes a observar las estructuras internas de los especímenes. El aprendizaje a través de la mirada, bien a través de las imágenes ampliadas captadas por la cámara fotográfica o por la observación bajo el microscopio, fue el medio estimado más adecuado para descubrir la naturaleza y favorecer la comprensión del conocimiento. Pero no siempre este instrumental estaba al alcance de todos y a la dificultad de disponer del mismo se sumaron los problemas para preservar la materia orgánica de las plantas que los botánicos clasificaban en sus herbarios; estas, al secarse, perdían sus características, los colores se desvanecían y las texturas se modificaban, lo que dificultaba la percepción de los detalles anatómicos. Comenzó entonces la búsqueda de nuevos métodos que posibilitarían crear simulacros con un alto grado de precisión y fidelidad en relación al modelo natural. Como modos para documentar y representar las diferentes especies se optó por las ilustraciones murales y los modelos tridimensionales. Para su elaboración, los artesanos se inspiraban en los dibujos hechos por los científicos y elegían sus colores a partir de un código preestablecido que se incluía en los prospectos dirigidos a los instructores.

Pronto las representaciones bidimensionales tuvieron una rápida difusión gracias a los avances en la impresión litográfica que facilitó la producción mecánica en series de láminas murales a color, con un precio razonable⁵. Sin embargo, los modelos tridimensionales se fabricaban con formas estandarizadas en cuanto a escala, forma, color y textura mediante una representación simplificada que ayudase a la comprensión de la anatomía. En ellos se combinaba la producción industrial con la artesanal, ya que sus acabados se realizaban a mano, lo que incrementaba su coste final. Mate-

⁵ Para mayor información sobre las técnicas de la ilustración botánica remitimos a Nickelsen, K. (2006). Draughtsmen, botanists and nature: Constructing eighteenth-century botanical illustrations. *Studies in History and Philosophy of Science, Part. C. Studies in History and Philosophy of Biological and Biomedical Sciences*, 37(1), 1-25; Bucci, M. (1998). Images of science in the classroom: wallcharts and science education 1850–1920. *The British Journal for the History of Science*, 31(2), 161-184. <https://doi.org/10.1017/S0007087498003240>

rialidad y visualización serán los dos elementos esenciales sobre los que se vehicule la construcción del discurso científico en las prácticas educativas.



Figura 1. A. Provost. (1855). Exposición Universal de 1855 (Palais de l'Industrie). Litografía en color. © Archivos de Saint-Gobain. París⁶.

Si bien el principal destino de estos artefactos fue cubrir la demanda procedente de las universidades y de los centros de enseñanza, también los museos, como instituciones destinadas a ejercer un papel educativo para el público, los incorporaron en sus colecciones con una función de instrucción pedagógica. La segunda mitad del siglo XVIII y los primeros decenios del XIX, fue una época caracterizada por un fervor intelectual, que abonó un fértil terreno para el desarrollo de la ciencia, la tecnología y la cultura. Un público ávido de curiosidad acudía a los museos de ciencias naturales cautivados por los nuevos descubrimientos en el Nuevo Mundo para observar las rarezas que allí se mostraban. A su vez, las grandes Ferias Mundiales mostraban los artilugios e ingenios creados por inventores de diferentes países que aprovechaban el momento para presentar sus avances técnicos (fig.1). En la elaboración de estos simulacros participaron hábiles artesanos y artistas que supieron, con ingenio y habilidad, poner la técnica al servicio de un arte de imitación de la naturaleza en un equilibrio entre la belleza plástica y los requisitos científicos. David Ludwig estima que para que un objeto material dentro del contexto de la práctica científica se convierta en un modelo requiere que se use de modo específico⁷. Según esta definición,

⁶ Fuente: <http://books.openedition.org/inha/docannexe/image/5417/img-1.jpg>

⁷ Ludwig, D. (2013). Mediating Objects: Scientific and Public Functions of Models in Nineteenth-Century Biology. *History and Philosophy of the Life Sciences*, 35(2), 139-166. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/259933343_Mediating_Objects_Scientific_and_Public_Functions_of_Models_in_Nineteenth-Century_Biology [Consulta: 21 de enero de 2021]. Para un análisis de las funciones mediadoras de los modelos tridimensionales que reflejan sus diferentes audiencias (científicos, estudiantes, público en general) remitimos a los estudios de: Reiling, H. (2003). Beter dan de natuur. En Brand, J. y de Vries, A. (Eds.), *NEO* (221-235). Utrecht: Centraal Museum; Bogaert-Damin, A.-M. (2007). *Voyage au coeur des fleurs. Modèles botaniques et flores d'Europe au XIXe siècle*. Namur: Press Universitaires; De Chadavarian, S. y Hopwood, N. (Ed.) (2004). *Models. The Third Dimension of Science*. Stanford: Stanford University Press.

podríamos considerar que los modelos artificiales de botánica se sitúan en la frontera entre artefactos y obras de arte. Como señala Bachelard aquellos, al igual que las creaciones contemporáneas, pueden ser evaluados con criterios comunes: perfección alcanzada en la imitación, grado de habilidades técnicas requeridas para su producción o su apariencia estética⁸.

2. Artificios de botánica: tecnología y comercio

En un período de tiempo comprendido entre finales de la década de 1700 e inicios de 1900, se asistió a una próspera manufactura especializada en la fabricación de este tipo de artefactos didácticos⁹. Los centros de producción estuvieron ubicados en Alemania al contar con biólogos destacados y rápidamente se exportaron al resto del mundo a través de un circuito en el que participaban científicos, artesanos, artistas, ilustradores, educadores y agentes comerciales¹⁰. En función del tipo de modelo a fabricar y del grado de refinamiento que se precisase alcanzar en las estructuras a imitar se seleccionaban los materiales. Uno de los primeros en ser empleado para estos fines fue la terracota y entre los modelos más antiguos destacan la representación de frutos que fueron enviados, desde Indonesia, al Gran Duque de Toscana, Cosme III de Medici, por el botánico Georg Eberhard Rumphius (1624-1702)¹¹. La cera, por su maleabilidad y excelente plasticidad, fue sin duda la sustancia más apreciada para plasmar con realismo extremo la naturaleza; la mayor producción se produjo en el famoso taller de La Specola de Florencia¹². Por otra parte, las características del vidrio posibilitaron la construcción de simulacros de los especímenes marinos con una imitación perfecta de la translucidez y de la coloración de los tejidos, difíciles de preservar con sus colores naturales; los más conocidos son los cuatro mil modelos de vidrio que reproducen plantas de tamaño natural, sus flores y otros detalles de la anatomía, realizados entre 1887 y 1936 por los artesanos alemanes Léopold Blashka (1822-1895) y su hijo Rudolf Blashka (1857-1939), bajo encargo de la Universidad de Harvard¹³. La producción de este tipo de objetos era destinada a institu-

⁸ Bachelard, S. (1979). Quelques aspects historiques des notions de modèle et de justification des modèles. En Delattre, P. y Thellier, M. (dir.) *Élaboration et justification des modèles. Actes du colloque Elaboration et justification des modèles*, tome 1, (3-19). París: Maloine Éditions.

⁹ Durante el siglo XIX, esta producción de modelos científicos estuvo acompañada por el desarrollo industrial de flores artificiales. El modelado de pequeños y delicados motivos florales fue una ocupación adecuada para las mujeres de la élite social victoriana. Shteir, A. B. (2007). Fac-similes of nature: Victorian wax flower modelling. *Victorian Literature and Culture*, 35, 649–661.

¹⁰ Para una información más detallada sobre los usos y las funciones que tuvieron los modelos didácticos tridimensionales y las conexiones entre ciencia, tecnología y colecciones, véase De Chadavarian, S. y Hopwood, N. (Eds.) (2004), *op.cit.*

¹¹ Raffaelli, M. (Ed.), (2009). *Il Museo di storia naturale dell'Università degli studi di Firenze. II, Le collezioni botaniche. Museo de historia natural de la Universidad de Florencia. II, Las colecciones botánicas*. Florencia: Università degli Studi di Firenze.

¹² Una colección de modelos de plantas en cera, única en el mundo, se conserva en el Erbario Centrale italiano del museo di Storia Naturale y fue realizada por los mismos artistas que elaboraron los modelos anatómicos humanos que se hayan en La Specola, el museo científico más antiguo de Europa. Véase Nepi, Ch. (1990). *I modelli di piante in cera del Museo Botanico dell'Università degli Studi di Firenze. (I manuali del Museo Botanico, 3)*. Obtenido de <https://www.sma.unifi.it/cmpro-v-p-170.html> [Consulta: 9 de enero de 2021].

¹³ Schultes, R.E., Davis, W.A. y Burger, H.S. (1992). *The glass flowers in Harvard*. Cambridge: Harvard University Glassflowers; Daston, L.J. (Coord.) (2008). *The Glass Flowers. En Thing that Talk. Object Lesson Fromm Art and Science*. New York: Zone Book, 223-254. Información específica sobre la técnica y la conservación de

ciones de estudios superiores (universidades) y a museos, y se hacía en series únicas o reproducidas en números muy limitados porque requerían de un minucioso trabajo y de un considerable desembolso económico, que solo los centros de mayor prestigio podían permitirse.

Todos estos materiales tenían también sus propias limitaciones. La madera resultaba un material pesado, costoso y laborioso. La cera, aunque químicamente estable, se mostraba sensible a las fluctuaciones bruscas de temperatura, reblandeciéndose y volviéndose quebradiza. Asimismo, la fragilidad del vidrio era responsable de su baja resistencia a los impactos y una de las principales causas de su deterioro mecánico. También el yeso, que en esa época fue otra alternativa accesible, podía resultar fácilmente dañado por golpes o caídas durante la manipulación del objeto. Por esta razón, a mediados del siglo XIX, comenzó a experimentarse con otros productos de fácil adquisición que respondiese a los requerimientos funcionales y didácticos. Con la Revolución Industrial se asistió al abaratamiento de la producción de papel y como consecuencia de ello hubo un aumento de la demanda de esta materia prima para su uso como soporte. A la pulpa de papel o tiras de este, mezcladas con trapos previamente disgregados, se le adicionaban aglutinantes y resinas naturales para aportarles cohesión y diversos aditivos para garantizar la perdurabilidad y la resistencia del producto final frente a los cambios climáticos. Su accesibilidad, bajo coste, ligereza y versatilidad hicieron que pronto se destinase a diversos usos¹⁴. Además, favoreció una producción semi-industrial y contribuyó en el campo científico a la creación de objetos de gran tamaño, dotados de piezas móviles y desarmables, conocidos como *clásticos*, del griego *klaos*. Este término fue acuñado en la década de 1820 por el doctor Louis Thomas Jérôme Auzoux (1797-1880), considerado el primero en adaptar la técnica para la realización de ejemplares desarmables del cuerpo humano, aunque también desarrolló una serie de modelos zoológicos y botánicos a partir de 1869¹⁵. Con la ampliación de la enseñanza agronómica y de la historia natural, la demanda creció y aparecieron nuevos fabricantes que, al igual que él, exponían sus creaciones en las ferias internacionales y vendían a través de catálogos y distribuidores.

2.1. Manufactura Brendel

Nacido en Polonia, Carl Robert Brendel (c.1821-1898) fundó su compañía en Breslau y en los primeros años contó con el asesoramiento científico del farmacéutico y botánico Carl Leopold Lohmeyer (1799- 1873) para la fabricación de modelos di-

los modelos puede obtenerse en Pavid, K. Colour in the collections: Blaschka glass models. <https://www.nhm.ac.uk/discover/colour-in-collection-blaschka-glass-models.html> [Consulta: 20 de enero de 2021].

¹⁴ El papel mâché era muy utilizado en la producción de mobiliario y en la decoración arquitectónica. Para mayor información remitimos a: Van der Reyden, D. y Williams, D. (1986). The Technology and Conservation of a 19th Century "Papier-Mâché Chair". En *Preprints American Institute for Conservation, 14th Annual Meeting* (125-142). Chicago; Thornton, J. (1993). The History, Technology and Conservation of architectural papier mâché. *Journal of the American Institute for Conservation*, 32, 165-176.

¹⁵ Sobre el Dr. Auzoux y sus modelos en papel mâché de botánica remitimos a los trabajos de Cocks, M.M. (2014). Dr. Louis Auzoux and his collection of papier-mâché flowers, fruits and sedes. *Journal of the History of Collection*, 26(2), 229-248; Degueurce, Ch. (2012). *Corps de papier: L'anatomie en papier mâché du docteur Auzoux*. Editions de la Martinière, 92; Olszewski, M. M. (2011). Dr. Auzoux's botanical teaching models and medical education at the universities of Glasgow and Aberdeen. *Studies in History and Philosophy of Biological and Biomedical Sciences* 42, 285-296.

dácticos de plantas medicinales. En colaboración con Julius-Ferdinand Cohn (1828-1898), director del Instituto de Fisiología vegetal de la Universidad de Breslau, amplió su producción a modelos para uso agronómico, botánica sistemática y anatomía vegetal. La primera colección de estos se exhibió, en 1865, en el Congreso Botánico Internacional de Amsterdam. En los siguientes meses, Brendel elaboró una serie compuesta por una treintena de especies diferentes que puso a la venta en mayo de 1866¹⁶, tal y como lo recoge Eugène Fournier en la sección ‘Revue bibliographique’ del *Bulletin de la Société botanique de France*:

M. Robert Brendel, Riemerzeile, n° 15, à Breslau, offre des modèles de fleurs pour l’enseignement de la botanique. Ces modèles sont en carton-pâte et autres matériaux, et considérablement grossis; ils peuvent être fort utiles pour la démonstration qui se fait à distance dans les cours. Ceux de M. Brendel ont été faits d’après les indications de M. Lohmeyer, pharmacien; M. le professeur Cohn, de Breslau, leur donne son approbation. Ils sont vendus à 1 thaler à modèle (3 fr. 75 c.) ou à 20 thalers (75 francs) la série complète [...]¹⁷.

Solo dos años más tarde, la casa comercial Brendel había ampliado su oferta considerablemente, mostrando sus nuevos artefactos en la Exposición hortícola Internacional de Hamburgo. La producción continuó activa entre las décadas de 1860 y 1920, y llegó a contar con más de doscientos modelos de diversas especies. A la extraordinaria calidad técnica y la precisión en la imitación del natural, se le sumó el rigor científico garantizado por el asesoramiento de botánicos relevantes de la época¹⁸.

Desde el comienzo de su andadura, la casa Brendel publicó sus propios catálogos ilustrados¹⁹ con el objetivo de que ayudasen a poner en circulación sus productos y lograr su venta a escuelas e institutos de todo el mundo. La información contenida en ellos seguía las convenciones de las prácticas científicas de la Botánica. La consulta de los mismos da una información muy precisa sobre la historia de la marca, la producción de sus modelos, las técnicas de fabricación y la clasificación de cada serie. 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.

¹⁶ Reiling, H. (2003), *op.cit.*, 221-235.

¹⁷ Fournier, E. (1866). Robert Brendel. Modèles de fleurs. *Bulletin de la Société botanique de France [Revue bibliographique]*, 13, 96.

¹⁸ Reiling, H. (2003), *op.cit.*; Kronsteiner, O. (2009). Robert und Reinhold Brendel. Dreidimensionale Blütenlese. En Weber-Unger, S., Kronsteiner, O. y Marchgraber, K. (Eds.), *Der naturwissenschaftliche Blick. Fotografie, Zeichnung und Modell im 19. Jahrhundert* (42-51). Viena.

¹⁹ Una explicación detallada sobre la evolución de la información contenida en los catálogos de la marca puede consultarse en Bogaert-Damin, A.-M. (2007), *op.cit.*, 176-186. Algunos ejemplos de catálogos pueden consultarse en: Brendel. R. 1885. Erläuterungen zu den Botanischen Modellen von Robert Brendel in Berlin. Verfasst von Dr. A. Tschirch. Berlin: Unger; 1890. R. Brendel, Verlagsanstalt für Lehrmittel: Verzeichnis von plastischen Lehrmitteln für den Unterricht in der Anthropologie, Zoologie, Mineralogie und Mikroskopie. Berlin: Unger; 1900-1901. Preisliste über Botanische Modelle gefertigt und herangezogen von R. Brendel, Grunewald bei Berlin. Lila: Université Lille. Obtenido de https://iris.univ-lille.fr/bitstream/handle/1908/4957/590099901_042_EEP0000001_PDF2.pdf?sequence=4 [Consulta: 16 de enero de 2021].

Cuando Robert Brendel muere en Berlín, el 22 de enero de 1898, a la edad de 77 años, el negocio pasó a manos de su hijo, Reinhold (c. 1861- 1927) que lo trasladó de Berlín a Grunewald. En los siguientes años, la fábrica cambió en varias ocasiones de ubicación hasta quedar instalada finalmente, ya en 1925, en Neumarkt (Polonia). Estos cambios de la sede, junto a las variaciones en los sistemas de clasificación taxonómica, influyeron directamente en la forma de producción de los modelos²⁰. De manera general, aquellos más antiguos, fabricados alrededor de 1880, con procedencia en Breslavia o Berlín, muestran representaciones a escala menor y tienen la peana de madera de frutal con su tono original. A diferencia de estos, los construidos en fecha posterior suelen tener un tamaño mayor, el cuerpo del modelo va montado sobre una peana con acabado negro y tienen una etiqueta impresa de color azul-verdoso. Por otra parte, la oferta de los modelos fabricados en la primera época (catálogos 1882, 1885 y 1893) era organizada según el sistema del botánico alemán August Wilhelm Eichler (1839-1887), pero a partir de 1913 en adelante se adopta el método de clasificación de Adolf Engler (1844-1930), que terminaría por imponerse en los herbarios.

Los registros y archivos de la empresa parecen haberse extraviado tras la muerte de Reinhold Brendel, a la edad de 66 años, acaecida el 17 de agosto de 1927 en la ciudad de Legnica²¹. Se desconoce si otros herederos prosiguieron con la obra de su fundador, pero ya en plena Segunda Guerra Mundial es bastante probable que el cierre definitivo de la fábrica coincidiera con la aprobación de las leyes raciales durante el período nazi del Tercer Reich, ya que la familia Brendel era de origen judío²². A pesar de ello, los modelos Brendel siguieron fabricándose por la Sociedad *Phywe AG* de Göttingen.

Prácticamente desde sus inicios, la compañía Brendel recibió varias menciones y premios en ferias internacionales²³ y sus modelos botánicos formaron parte de instituciones de educación superior, secundaria y museos de historia natural de todo el mundo²⁴. Su enorme éxito no impidió que, a partir de la segunda mitad del siglo XX, estos objetos educativos fueran reemplazados gradualmente por imágenes de alta calidad y, sobre todo, por medios digitales. Dañados por décadas de manipulación y en desuso, pasaron a ocupar el fondo de almacenes o estanterías en las aulas a la espera de un

²⁰ Fiorini, F., Maekawa, L. y Stiberc, P. (2007). La “Collezione Brendel” di Modello di Fiori ed altri organi vegetali del Dipartimento di Biologia Vegetale dell’Università degli Studi di Firenze. *Museologia scientifica*, 22(2), 259; Mayoni, M.G. (2016). Plantas de papier-mâché. Estudios técnicos y conservación de la colección Brendel del Colegio Nacional de Buenos Aires. Argentina. *Ge-Conservación*, 9, 6-20. <https://doi.org/10.37558/gec.v9i0.324>

²¹ Nissen, C. (1898). Obituary of Robert Brendel in Personal-Nachrichten. *Gartenflora*, bd, 47, 1.

²² Büttner, U. (1988). Robert Brendel. *Die Not der Juden Teilen: christlich-jüdische Familien im Dritten Reich: Beispiel und Zeugnis des Schriftstellers Robert Brendel*. Hamburgo: Christians; Reiling, H. (2009). Über Blaschkas Glasmodelle und die zeitgenössische Naturgeschichte, mit einem Anhang über Brendels botanische Modelle. En: M. Kaasch & J. Kaasch (eds.), *Natur und Kultur Verhandlungen zur Geschichte und Theorie der Biologie*, 14, 267-282. Berlín: Verlag für Wissenschaft und Bildung.

²³ Mención de honor (París 1867), medalla de oro (Moscú 1872), medalla de bronce (Viena 1873), medalla de oro (Chicago 1893) (París 1900) (Bruselas 1910), medalla de bronce (Prusia 1896), medalla de plata (Prusia 1901), entre otros.

²⁴ Valgan como ejemplo: Museo de Historia Natural de Liverpool (200 ejemplares), Universidad de Florencia (168 ejemplares), Universidad de Nápoles (109 modelos de flores y órganos vegetales), Universidad de Utrecht (140 ejemplares), Universidad de Amsterdam (190 modelos, algunos de ellos Brendel), Universidad de Borgoña (más de 150 modelos de flores), Universidad del Estado de Kazan, en Rusia (cuenta con cientos de modelos didácticos en sus colecciones).

nuevo renacer en el que su función didáctica original dejase paso a su condición de objeto patrimonial. Largo tiempo olvidados, estos modelos, resultado del ingenio humano, han despertado en los últimos años el interés en la comunidad científica al considerarlos materiales de extraordinario valor dentro de la cultura material como fuentes primarias para acercarse a la historia de la enseñanza de la botánica. Una nueva mirada permite descubrir en ellos magníficas representaciones artificiales de la naturaleza en las que el saber hacer artístico y tecnológico se aunaron en la construcción de conocimiento. En la actualidad, los artefactos que conforman las antiguas colecciones didácticas, conservadas en universidades y centros educativos de diferentes partes del mundo, han adquirido un nuevo valor como objetos patrimoniales a preservar²⁵.

3. La colección Brendel de la Universidad Complutense de Madrid

Con el objetivo de dotar a los laboratorios de material docente específico para las clases prácticas, los docentes vinculados al Departamento de Biología Vegetal fueron reuniendo instrumental que con los años pasaría a constituir un valioso patrimonio científico-técnico de la universidad²⁶. En él se conservan dos colecciones diversas compuestas por materiales utilizados para la enseñanza de la Botánica. Fueron adquiridas, a principios del siglo XX, por Blas Lázaro Ibiza (1858-1921), primer catedrático de Botánica descriptiva que pudo conocer los nuevos materiales didácticos empleados en los principales centros europeos durante su pensionado por la Junta de Ampliación de Estudios²⁷. La primera, clasificada en cinco series, fue elaborada, a finales del siglo XIX, por la firma alemana Forman y Morian, y consiste en ilustraciones impresas sobre soporte de papel con técnicas cromolitográficas realizadas a partir de los diseños de H. Jung, G. Von Koch y F. Quentell²⁸. Por medio de atractivos diseños se muestran el porte de la planta junto a detalles de la flor y del fruto, cortes histológicos y/o mecanismos de reproducción. La segunda colección, que es objeto de estudio en este artículo, procede de la casa Brendel y está compuesta por ciento noventa y seis modelos tridimensionales. Según consta en las fuentes de archivo conservadas en la institución, estos objetos se adquirieron en el año 1912 para servir como herramientas de apoyo a la docencia en el Laboratorio de Botánica Descriptiva de la Universidad Central²⁹. Coincidiendo con dicha compra se dispuso

²⁵ García, S. y Mayoni, M.G. (2013). Las colecciones de enseñanza científica como fuentes para la Historia de la Ciencia. *Revista Electrónica de Fuentes y Archivos*, 4, 110-125.

²⁶ González Bueno, A., Pizarro, J.M^a y Crespo, A. (2014). Instrumentos para la reforma de la enseñanza en la España de los inicios del siglo XX: Colección de láminas y de modelos botánicos en la Facultad de Farmacia (UCM). En *Congreso Internacional. Museos Universitarios: Tradición y Futuro*. Madrid, 3-5 diciembre (83-89). Madrid: Ediciones Complutense.

²⁷ González Bueno, A. (1981). Datos biográficos y bibliográficos del botánico Blas Lázaro e Ibiza. Lozaroa, 3, 313-338. Obtenido de <https://revistas.ucm.es/index.php/LAZA/article/view/LAZA8181110313A/11303> [Consulta: 22 de enero de 2021].

²⁸ Para ampliar la información sobre esta colección de láminas véase León Gámez, Á. (2014). *La colección de láminas del Departamento de Biología Vegetal II de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense: Inventario* [Documentos de Trabajo U.C.M. Biblioteca Histórica; 2014/02], Madrid, UCM. Obtenido de <https://eprints.ucm.es/id/eprint/24484/> [Consulta: 9 de enero de 2021].

²⁹ Factura de la Casa Torrecilla (Madrid / Barquillo, 37), emitida para la Universidad Central, Facultad de Farmacia (Laboratorio de Botánica Descriptiva), en Madrid, el 7 de mayo de 1912, para “*Portes de Irú a Madrid y entrega en la Facultad / Portes de Grunwald á Irún / Gastos de despacho de la Agencia*”. El coste total ascendió a 4.610,10 pesetas y el gasto fue aceptado por Blas Lázaro Ibiza. Archivo General de la Universidad [AGU]: caja D-1804 / Expediente “*Asignaciones presupuestarias para material científico de Botánica Descriptiva [1859-1928]*”.

la fabricación de un mueble de madera barnizada dotado de tres cuerpos y de puertas con cierre para albergarlos³⁰ (fig. 2).



Figura 2. Vista general de las vitrinas con los modelos Brendel (Autoría Luis Castelo).

3.1. Materiales y técnicas constructivas

La colección Complutense está formada por modelos de flores, semillas, tallos y frutos. Algunos de las flores se pueden desmontar en sus diferentes partes: sépalos, pétalos, estambres con anteras, gineceo, etc., así como otras permiten el estudio de la morfología vegetal para observar las diversas fases de crecimiento.

Para la construcción de los modelos se usaron moldes según el procedimiento tradicional que también se utilizaba en la elaboración de maniqués y juguetes de la época, lo que posibilitaba crear series idénticas. Tienen como componente principal el papel maché, destinado a la elaboración de pétalos, hojas, vainas y anteras, que se combinan con otros materiales en función de las estructuras a representar: madera, algodón, seda, plumas, yeso, hilos metálicos, fibras vegetales, crin de caballo, gelatina, etc. (fig. 3 a y c). Muchos de ellos cuentan con una estructura interna metálica de alambre, a modo de nervaduras, con la finalidad de permitir mantener las formas abiertas, como es el caso de los modelos de flores.

El soporte celulósico está cubierto por una preparación artesanal, de color blanco, sobre la que se han aplicado a mano los diferentes colores mediante una técnica grasa, imitando las calidades del original (fig. 3 b, d y e). Algunos de los modelos disponen de partes desmontables, ensambladas entre sí por medio de pequeños

³⁰ Se conserva otra factura emitida por el ebanista carpintero J. Manuel Rodríguez, de 10 de junio de 1912, “*Por un estante de tres cuerpos con puertas y entrepaños con sus herrajes y barnizados*”, cuya fabricación ascendió a 60 pesetas. Es probable que su función fuera albergar la colección de modelos Brendel. [AGU]: caja D-1804, *op.cit.*

ganchos metálicos. Para facilitar la observación de los detalles más pequeños, estos se representan a una escala agrandada en relación al tamaño natural de la especie elegida.



Figura 3. Modelos colección Brendel UCM. a) *Fagus silvatica* L.; b, c, d y e) Detalles de algunos modelos: *Tropaeolum majus* L. (capuchina); *Drosera rotundifolia* L.; *Theobroma cacao* L. (cacao); *Hyoscyamus niger* L. (Autoría Luis Castelo/Autoría propia).

Cada modelo está compuesto por dos secciones diferenciadas. La base, fabricada en madera torneada y lacada en negro, que porta una etiqueta impresa, de color azul-verdoso, con información detallada que incluye: nombre del fabricante (R. Brendel di Berlino), el nombre científico (en latín) de la familia botánica, el nombre vernáculo de esta en varios idiomas (alemán, inglés, francés, italiano), el número de serie y, a veces incluso el aumento de la estructura representada. A esta se une el cuerpo del modelo anatómico por medio de un elemento de encastre, también elaborado en madera torneada (fig. 3 a).

3.2. Estado de conservación de los modelos

Los procesos de deterioro que presentaban los artefactos se han ocasionado por causa del envejecimiento natural de los materiales constitutivos y tienen estrecha relación tanto con la funcionalidad y el uso para los que fueron creados como con la acción de los agentes medioambientales en un entorno inadecuado de exposición y almacenaje

donde han permanecido³¹. Las condiciones climáticas a las que han estado expuestos no siempre han sido las más favorables para su preservación. Las vitrinas antiguas que albergan los modelos Brendel, situadas en pasillos de la Facultad de Farmacia, no cuentan con los dispositivos adecuados para garantizar unas condiciones óptimas de conservación. En cuanto a las etiquetas se han identificado procesos de acidificación del papel, así como manchas en superficie y rasgados. Las partes o piezas elaboradas con papel maché son muy sensibles a la acción de la humedad. La higroscopicidad del soporte celulósico hace que se produzcan cambios dimensionales como respuesta a las fluctuaciones bruscas de HR y temperatura del ambiente. Además, las capas de color son extremadamente sutiles y frágiles, sufriendo a menudo la acción combinada de la luz, la humedad y la temperatura. Otros de los deterioros más evidentes consisten en el debilitamiento de las propiedades del aglutinante orgánico natural y en la pérdida de elasticidad de las capas pictóricas. Se observan la formación de fisuras, escamas, levantamientos y desprendimientos de estratos de color y preparación que en algunos casos han dejado al descubierto el soporte (fig. 4).



Figura 4. Selección representativa de los deterioros existentes en los modelos botánicos. (Autoría propia).

Por otro lado, los ganchos y las bisagras de metal que se emplearon para dotar al modelo de la posibilidad de ser desmontado en piezas también son un factor importante de degradación al observarse procesos de oxidación, desgastes y desajustes en la posición original. Pero como ya se ha señalado, la principal causa de deterioro es inherente a la funcionalidad original de estos artefactos, destinados a su uso en las clases y, en consecuencia, manipulados constantemente por los estudiantes y los docentes. La diversidad de materiales utilizados en la fabricación de cada modelo hace que sean herramientas muy frágiles y altamente sensibles. Se aprecian daños tanto en la estructura principal como en los delicados elementos susceptibles de romperse (espinas, anteras, sépalos, pétalos, pistilos y estambres). Algunos modelos

³¹ Presentan unos procesos de degradación similares a los de otras colecciones. Destacamos los estudios de Fiorini, F., Maekawa, L. y Stiberc, P. (2007), *op.cit.*, 259; Fiorini, F., Maekawa, L. y Stiberc, P. (2008). Save the Plants: Conservation of Brendel Anatomical Botany Models. En *The Book and Paper Group Session for the AIC 2008, Annual Meeting* (38-40). Denver (Colorado). <https://www.researchgate.net/publication/270566757> (Consulta 10/01/2021); Mayoni, M.G. (2016), *op.cit.*, 6-20.

presentan fracturas debido a algún impacto o caída, con deterioros localizados en las zonas salientes. Las diversas formas y tamaños de cada elemento representado dan como resultado una distribución irregular de pesos y provoca una cierta inestabilidad al conjunto si este se manipula de modo inadecuado. Los intentos anteriores de reparar daños en los modelos han causado nuevos deterioros por el uso de materiales inadecuados (cinta adhesiva, resina epoxi, silicona, etc.), así como por la elección de procedimientos técnicos no compatibles con el original y de carácter invasivo.

4. Estrategias metodológicas de conservación: de la restauración virtual a la restauración real

La oportunidad de restaurar los modelos Brendel surgió con motivo de la exposición *Herbarios imaginados. Entre el arte y la ciencia*³², organizada gracias a la ayuda obtenida por nuestro Grupo de Investigación³³ en la convocatoria pública del Programa Conexiones, por iniciativa del Vicerrectorado de Cultura, Deporte y Extensión Universitaria. En la muestra, celebrada en la sala de exposiciones c-arte-c (Centro de Arte Complutense), del 17 de enero al 31 de marzo de 2020, se entrecruzaron arte y ciencia en las representaciones botánicas para establecer un diálogo entre las colecciones científicas de los fondos Complutense y obras de artistas contemporáneos (fig. 5 a y b).



Figura 5 a y b. Modelos botánicos Brendel en la muestra expositiva, sala c-arte-c. (Autoría Toya Legido).

El objetivo del proyecto de conservación ha sido frenar los deterioros para estabilizar los materiales originales, evitando con ello la pérdida de información. Se han revisado los trabajos relativos a intervenciones de conservación llevadas a cabo por otros equipos de investigación en colecciones de modelos botánicos para conocer las

³² Legido, T. y Castelo, L. (Eds.) (2020). *Herbarios Imaginados. Entre el Arte y la Ciencia*. Catálogo exposición. Madrid: Ediciones Complutense.

³³ Grupo de Investigación UCM: *Arte, Tecnología, Imagen y Conservación del Patrimonio Cultural* (Ref. 970923).

opciones metodológicas adoptadas³⁴. Asimismo, se ha procedido a la consulta de documentos de archivo y a una investigación científica con la finalidad de obtener datos que ayudasen en la toma de decisiones. Con un carácter innovador se ha recurrido a las técnicas digitales 3D por medio de la combinación del escaneado y la fotogrametría virtual.

4.1. Digitalización 3D y restauración virtual para la toma de decisiones

Disponer de una copia digital en tres dimensiones, de alta fidelidad tanto volumétrica como cromática, puede resultar de gran ayuda a la hora de planificar la intervención sobre la obra real. Gracias a la información aportada por la malla 3D y su textura de color, resultó más fácil proyectar las actuaciones que debían llevarse a cabo, así como seleccionar las técnicas a emplear. En primer lugar, la digitalización de las esculturas permitió obtener un registro de su estado de conservación cuya documentación servirá de referencia en el futuro para identificar las modificaciones realizadas y asegurar la reversibilidad del proceso si fuera necesario revertir los cambios realizados. En segundo lugar, durante el estudio diagnóstico, las cartografías de deterioros 3D sirvieron para identificar y localizar de una forma rápida y precisa las alteraciones que presentaban las maquetas botánicas, facilitando el proceso de restauración. Finalmente, la previsualización del resultado de las operaciones de conservación-restauración antes de su ejecución resultó de gran utilidad para tomar algunas decisiones importantes. Así, por ejemplo, se pudo determinar con precisión la posición exacta de los fragmentos desprendidos previamente a su anastilosis, con lo que se redujo el riesgo derivado de su manipulación durante el proceso de tanteo.

Del mismo modo, se realizaron varias simulaciones virtuales de limpieza de las figuras para determinar la intensidad con la que esta debía llevarse a cabo. Por último, se procedió a reintegrar volumétricamente en la computadora las lagunas de material, así como a realizar la reintegración cromática virtual de aquellas áreas en las que la superficie pictórica estaba dañada, de modo que esta información gráfica sirvió para anticipar el resultado final y decidir la técnica a emplear.

Cada modelo botánico fue digitalizado por medio de un escáner 3D de luz estructurada modelo *Space Spider*, de la empresa *Artec*. Este dispositivo tiene una precisión de 0,05 mm y una resolución de 0,1 mm, lo que garantiza obtener una malla de la máxima calidad y en consecuencia un modelo virtual fiel al objeto real. Para hacer el registro volumétrico con el escáner, las esculturas se ubicaron sobre una plataforma giratoria, manteniendo una distancia de 20 a 30 cm entre el modelo anatómico y el aparato (fig. 6 a).

El procesado de los datos escaneados se hizo con el software *Artec Studio Profesional 15.1*, que permitió reposicionar y alinear las diferentes partes escaneadas del modelo (fig. 6 b, c y d). Se obtuvo la nube de puntos filtrando el ruido para hacer desaparecer todas aquellas pequeñas áreas no conectadas con la malla principal que podrían crear irregularidades en la superficie del modelo virtual (fig. 6 e). Con la opción de fusión fina se consiguieron las mallas poligonales de alta resolución (fig.

³⁴ Arus, A. (2017). Conservation of 19th Century Botanical Teaching Aids at the University of Tartu. *The 11th Triennial Meeting for Conservation of Baltic States*. Tartu (Estonia). En Konsa, K.; Piirisild, K.; Siidirätsep, S. y Tiidor, R. (Eds.). *The 11th Triennial Meeting for Conservators of the Baltic States, 24-27th May 2017*, Tartu (Estonia); Mayoni, M.G. (2016), *op.cit.*, 11; Fiorini, F., Maekawa, L. y Stiberc, P. (2007), *op.cit.*, 259.

6 f), con un total de entre 20 y 40 millones de polígonos. Por último, se creó la imagen de textura en color a partir de la información registrada durante el escaneo, dando lugar a un archivo de 16.384 x 16.384 píxeles de tamaño (fig. 6 g).

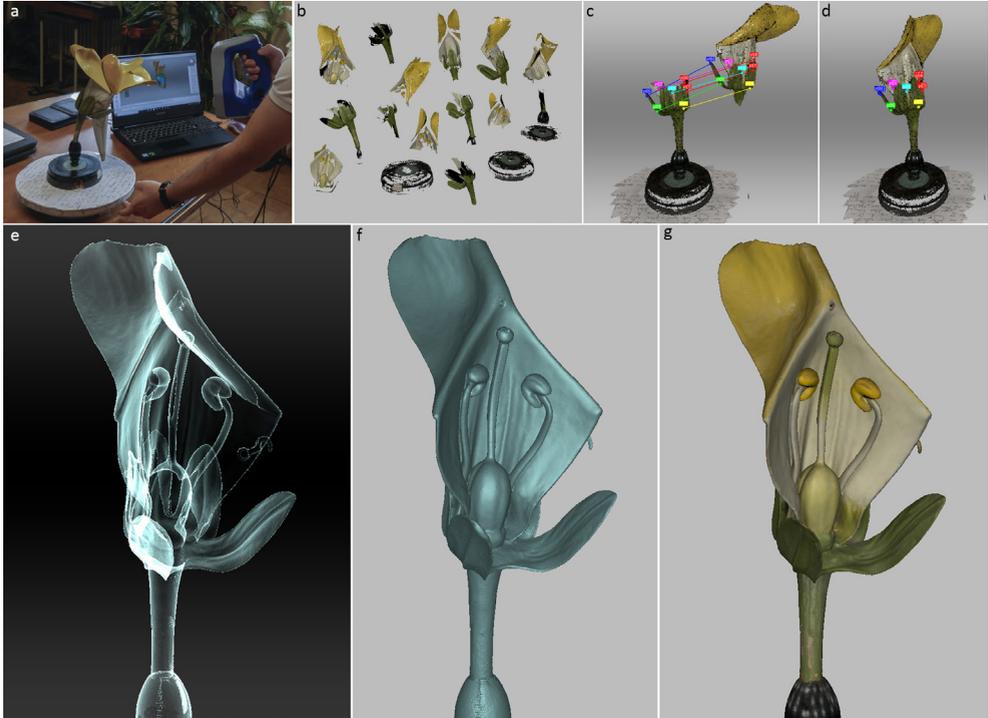


Figura 6. a) Registro de datos con escáner; b) Pos-procesado de los datos obtenidos de fragmentos; c y d) Alienación de los escaneos; e) Registro global, visión rayos X; f) Malla; g) Textura final. (Autoría propia).

Al ser la calidad de la textura de color obtenida con el escáner inferior a la que se puede conseguir mediante fotogrametría, se decidió combinar ambos métodos de digitalización para mejorar la calidad cromática final del modelo virtual. Esto permitió disponer de una información lo más precisa posible para realizar simulaciones virtuales tanto de limpieza como de reintegración cromática de las obras que a su vez facilitase la toma de decisiones en relación con las tareas de conservación-restauración que debían ejecutarse sobre las esculturas³⁵. En primer lugar, se ubicó el modelo botánico a fotografiar sobre un disco giratorio situado en el centro de una caja de luz cúbica plegable *Neewer*, de 60 cm de lado que permitió reducir los brillos de superficie y generó un entorno homogéneo durante el proceso de captura de las imágenes. A ambos lados de la caja se dispusieron sendos focos de luz led, modelo *Fo-*

³⁵ Sterp, E., Hernández, O. y Sánchez, A. (2020). Application of light sources on photogrammetric models for the diagnosis and virtual restoration of objects in polychrome wax. *Conservar Património*, <https://doi.org/10.14568/cp2020021>

tima FTL-600, formando un ángulo de 90° (fig. 7 a). La toma fotográfica se realizó con una cámara Canon 5D y un objetivo de 50 mm. Esta se estabilizó mediante un trípode Manfrotto 290 Xtra y se instaló un cable disparador, todo ello con el fin de evitar posibles trepidaciones durante la captura.



Figura 7. Fotogrametría. a) Escena para el registro de datos mediante fotogrametría; b) Obtención del modelo fotogramétrico (Nube de puntos, Malla y Textura colorimétrica). (Autoría propia)

La estrategia de registro consistió en rotar, entre toma y toma, cada modelo botánico 15 grados según un eje vertical mediante la plataforma giratoria, hasta completar un anillo de 360° alrededor del mismo. Se repitió esta operación de forma sucesiva elevando en cada ocasión la cámara 12 grados por encima de su ubicación previa hasta alcanzar 90° . En total, se obtuvieron entre 140 a 220 fotografías, dependiendo de cada modelo, distribuidas en 7 anillos que forman una cúpula semiesférica. Los parámetros de captura empleados fueron: sensibilidad de 100 ISO, apertura de diafragma de $f/8$ y velocidad de obturación de $1/25$. Todas las fotografías se capturaron en formato Raw al posibilitar guardar toda la información de la escena sin comprimir los datos. Para garantizar la precisión cromática de las imágenes se utilizó una tarjeta X-Rite ColorChecker Passport de modo que se pudiesen corregir las dominantes de color durante el revelado digital. Esta tarjeta se fotografió junto al modelo y, a continuación, el archivo Raw resultante se convirtió al formato Adobe DNG para generar un perfil de cámara en el programa *ColorChecker Camera Calibration*. Obtenido dicho perfil, se seleccionó este en el programa *Adobe Camera Raw 10.5* para

su empleo en el proceso de revelado de las fotografías. Para el balance de blancos, se tomó como referencia el parche de color gris neutro de la tarjeta ColorChecker indicado por el fabricante. Finalmente, las imágenes se exportaron en formato TIFF para evitar pérdidas de información debida a la compresión de los datos.

Tras el revelado digital, las fotografías se procesaron mediante el *software Agisoft Metashape Professional* para generar los modelos fotogramétricos. El primer paso consistió en la creación de máscaras para eliminar el fondo que existía tras los modelos en cada fotografía, algo necesario para garantizar la correcta alineación de las imágenes y reducir sensiblemente el tiempo de procesado. Se orientaron las fotografías y se obtuvieron la nube de puntos dispersa y los mapas de profundidad; a partir de ellos se generó una malla de entre 4 y 7 millones de polígonos dependiendo de cada modelo, empleando para ello el ajuste de máxima calidad. Por último, se calculó la textura fotográfica que determina el color del modelo 3D para conseguir una imagen de alta precisión con 16.384 x 16.384 píxeles de resolución (fig. 7 b).

Los modelos obtenidos se han exportado en formato obj. y se han editado en el *software* de infografía 3D *Blender* para analizarlos en detalle a fin de identificar las alteraciones existentes en las esculturas, hacer simulaciones de anastilosis de los fragmentos desprendidos, previsualizar el efecto que tendría la aplicación de diferentes grados de limpieza y tratar de determinar la mejor estrategia de reintegración cromática. La reubicación de los fragmentos se llevó a cabo en el “Editor” de *Blender*. Gracias a la herramienta de “transformación”, se procedió a mover y rotar la pieza en los ejes X, Y, Z hasta encontrar su posición correcta (fig. 8 a, b y c). Con ello, se han prevenido posibles errores durante la restauración física sobre el modelo real.

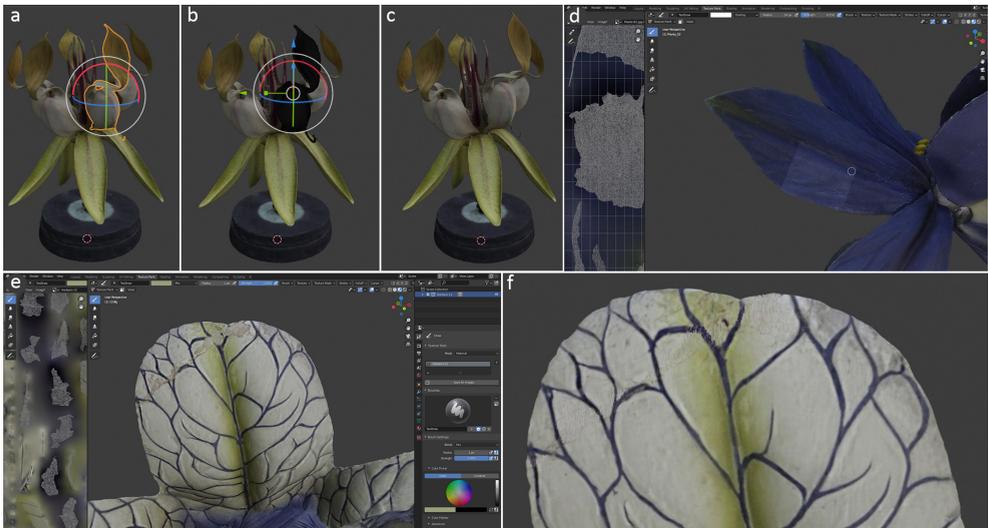


Figura 8. Pruebas de restauración virtual: a, b y c) Reubicación de los elementos desmontables; d) Determinación del grado de limpieza del estrato de suciedad superficial; e y f) Elección de la paleta de colores y pruebas de selección cromática. (Autoría propia)

Para las pruebas de limpieza virtual, se ha elegido el espacio de trabajo “Texture Paint” de *Blender*. Los valores cromáticos se han ajustado en función de referentes de color tomados de zonas donde los sustratos de depósitos de suciedad eran prácticamente inexistentes estableciendo así un grado de eliminación respetuoso con el original (fig. 8 d).

El mismo espacio de trabajo se ha utilizado para efectuar las pruebas de reintegración cromática de las pérdidas existentes. Las referencias de color se tomaron de las zonas circundantes mediante la herramienta de selección de color por cuentagotas. Se probaron dos técnicas diferentes: selección cromática (fig. 8 e y f) y puntillismo, de modo que se pudiese valorar cuál de ellas se adecuaba mejor a las características del modelo a tratar.

4.2. Procesos de conservación-restauración

Los modelos anatómicos conservan numerosas huellas que testimonian su uso y en consecuencia el valor que tuvieron en el pasado como herramientas didácticas. Por esta razón, las intervenciones llevadas a cabo han seguido el criterio de mínima intervención, asumiendo la degradación natural del paso del tiempo. Se han priorizado los tratamientos enfocados a estabilizar el conjunto de la escultura para evitar con ello la pérdida de información, frente a aquellos de carácter meramente estético. En función de las necesidades de cada modelo botánico y tras observar las causas de alteración que habían provocado cambios en su naturaleza material, se han seleccionado los materiales y las metodologías de aplicación, teniendo como objetivo final frenar los deterioros existentes, aportar estabilidad físico-química al conjunto del modelo y recuperar su funcionalidad original. Los límites de la intervención han estado marcados por el respeto a las huellas del uso de estos artefactos, en la medida que estas no comprometiesen la pervivencia del objeto. Cada uno de los procesos ha sido realizado con productos y métodos testados específicamente para ser respetuosos con los materiales originales y no causar interacciones entre ellos. Todas las operaciones han sido debidamente documentadas.

4.2.1. Tratamientos en las peanas

Se ha procedido a retirar aquellas etiquetas que mostraban un grado elevado de deterioro para corregir las deformaciones que se habían originado en ellas. El método seguido ha consistido en aplicar una mínima humedad por nebulización de vapor con la máquina de ultrasonidos y una vez hidratadas las fibras se ha colocado la etiqueta entre dos capas de papel secante, con pH neutro, y se ha dejado con pesos durante 24 horas. Los fragmentos dañados por rasgados se han unido con ayuda de pequeñas tiras de papel japonés adheridas con metil celulosa en el reverso de las etiquetas. Se ha procedido entonces a la remoción de la suciedad superficial con esponja vulcanizada en seco. Por último, se ha pulverizado, con carácter preventivo, una ligera capa de solución de óxido de magnesio (Bookkeeper® deacidification spray), de modo que las micropartículas se distribuyesen por toda la estructura del sustrato celulósico para dejar una reserva alcalina en el mismo que

contribuyera a su preservación futura. Las bases fueron tratadas preventivamente con una solución de insecticida a base de permetrina. Los depósitos de partículas de polvo y suciedad se han retirado mediante el uso de esponja vulcanizada. A continuación, se eliminaron los restos de adhesivos, añadidos en un pasado reciente, con la ayuda de un escalpelo. Las zonas que habían sufrido pérdidas matéricas han sido reintegradas volumétricamente con la adición de una masilla epoxídica bicomponente (Araldite® HV 427). Para dotar al conjunto del elemento de un equilibrio estético, se realizó un tratamiento de las abrasiones por medio de veladuras con acuarelas. El tratamiento concluyó protegiendo la peana con una fina película de cera micro-cristalina.

4.2.2. Tratamientos en los modelos anatómicos

El velo grisáceo de suciedad que dificultaba la apreciación de las calidades estéticas originales ha sido retirado de la superficie por métodos mecánicos, en seco, mediante el uso de brochas de pelo suave y esponjas de humo vulcanizada, realizando una mínima presión para no erosionar la superficie pictórica durante el tratamiento (fig. 9 a y b); este proceso ha ido acompañado de una micro aspiración con succión controlada. En las zonas donde las partículas de suciedad estaban más adheridas a los estratos pictóricos, así como en las partes de difícil acceso, se ha optado por combinar esta limpieza inicial con otra húmeda. Antes de elegir las sustancias que compondrían el sistema acuoso y con el fin de poder prepararlo a los valores de pH ajustados al original, se ha efectuado la medición del mismo sobre diferentes puntos del modelo con un pHmetro (Mod. HI 99171) (fig. 9 c). La obtención de un valor de pH situado entre 6.73-7.20 como media de todas las mediciones realizadas determinó la preparación de un buffer a pH 7, con el que garantizar una limpieza de superficie segura, homogénea y controlable. El método de aplicación ha consistido en hacer rodar, con una mínima presión, pequeñas torundas de algodón, previamente humedecidas en una solución de citrato de triamonio al 2,5% en agua desmineralizada (fig. 9 d). En aquellas superficies que mostraban una mayor sensibilidad se ha trabajado solo por medio de nebulización e hisopos para minimizar riesgos.

Los repintes realizados en anteriores actuaciones por personal ajeno al ámbito de la restauración fueron localizados en la escultura con ayuda de la lámpara de UV. Dado que alteraban en grado sumo las calidades originales al tener unos acabados muy burdos y sobrepasar los límites de la laguna, se decidió retirarlos mecánicamente con ayuda de un escalpelo y el apoyo de la lupa binocular.

La limpieza fue precedida por un tratamiento de hidratación y consolidación de los estratos que presentaban un estado pulverulento y levantamientos de color. Se utilizó un nebulizador con carga de agua destilada a la que se añadió un porcentaje muy bajo (<0,5%) de metilhidroxietilcelulosa, Tylose®MH 300.

Una vez hidratadas las fibras celulósicas del soporte, se procedió a consolidar y a fijar las capas pictóricas y de preparación dañadas. Se eligió una dispersión acrílica a una concentración del 10-20% en agua, que se aplicó por goteo con ayuda de una jeringuilla de precisión (fig. 10 a y b); una vez seco el adhesivo, forma una película transparente y con cierta elasticidad, compatible con la técnica original al respetar los acabados originales, sin causar brillos ni dejar cercos o manchas.

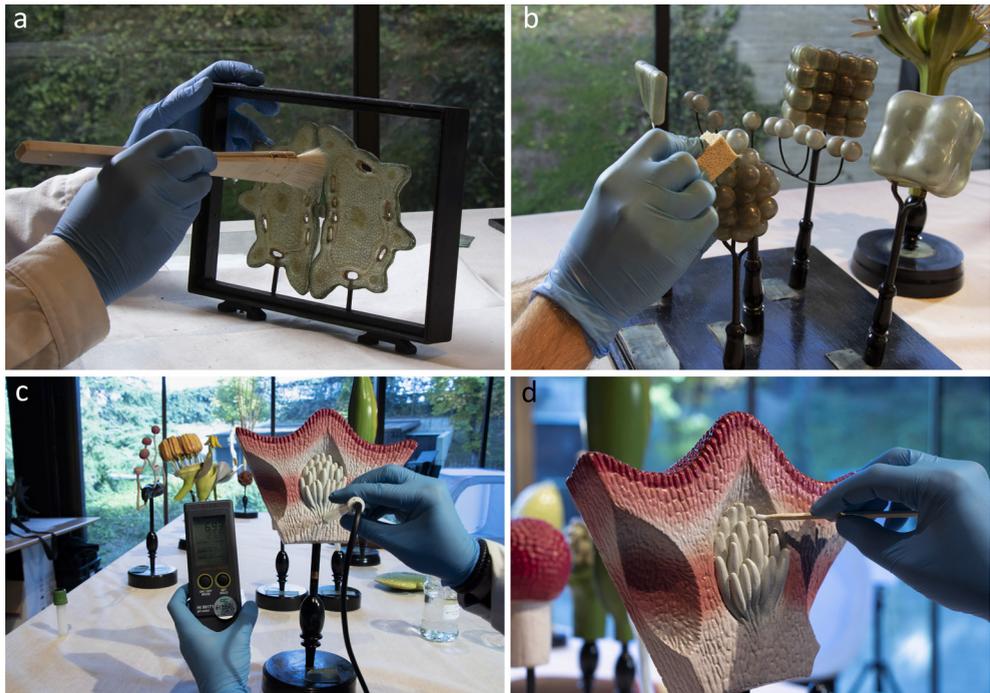


Figura 9. Restauración física: a y b) Limpieza en seco con brochas de pelo suave y esponja vulcanizada para eliminar partículas contaminantes; c) Medición del pH de la superficie del modelo botánico; d) Proceso de limpieza en húmedo. (Autoría propia).

La reintegración volumétrica ha consistido en rellenar solamente aquellas partes que, por su falta de materia o grado de separación, ponían en peligro la integridad de la zona. Se ha utilizado papel japonés triturado, aplicado por capas y adherido mediante una resina acrílica (Acril®33) preparada al 10% en agua destilada. El estucado de las lagunas se ha realizado con masilla sintética Modostuc, trabajada por encima mediante pincel o sondas de dentista para lograr imitar los acabados originales (fig. 10 c). Con la finalidad de otorgar continuidad y dotar de unidad a la zona dañada, se ajustó la laguna con ayuda de colores a la acuarela QoR® Golden, diluidos en etanol para aportar una mínima humedad durante el tratamiento (fig. 10 d y e).

5. Conclusiones

Los modelos botánicos supusieron una verdadera innovación y revolución en el aprendizaje de las ciencias naturales al posibilitar un acercamiento visual preciso, claro y objetivo, a partir de la observación y la interpretación de la esencia morfológica y anatómica del elemento que representan. Con el paso del tiempo, estos objetos han sufrido un cambio de significado al pasar de ser útiles herramientas de demostración científica a convertirse en valiosos documentos historiográficos para la comprensión de la cultura material dentro de la Botánica durante los siglos XIX y XX. A

su innegable utilidad científica se suma su dimensión estética, con sus llamativas formas y colores, y la delicadeza de sus detalles que los convierte en una fuente constante de inspiración creadora. Auténticas obras de arte que son merecedoras de ser preservadas y disfrutadas con la mirada.



Figura 10. Restauración física: a) Deterioros por fallo en el aglutinante pictórico; b) Proceso de fijación de las cazoletas con inyección del adhesivo; c) Estucado de las lagunas con masilla sintética; d y e) Detalle de la zona enrasada y resultado final tras la reintegración cromática. (Autoría propia)

Bibliografía

Archivo General de la Universidad [AGU]: caja D-1804 / Expediente “Asignaciones presupuestarias para material científico de Botánica Descriptiva [1859-1928]”.

- Arus, A. (2017). Conservation of 19th Century Botanical Teaching Aids at the University of Tartu (poster). En *Changing Context: from environment ideas. The 11th Triennial Meeting for Conservation of Baltic States*. Tartu (Estonia).
- Bachelard, S. (1979). Quelques aspects historiques des notions de modèle et de justification des modèles. En P. Delattre and M. Thellier (Dirs.) *Élaboration et justification des modèles. Actes du colloque Elaboration et justification des modèles* (tome 1: pp.3-19). Paris: Maloine Éditions.
- Bogaert-Damin, A.-M. (2007). *Voyage au coeur des fleurs. Modèles botaniques et flores d'Europe au XIXe siècle*. Namur: Press Universitaires.
- Brendel, R. (1885). *Erläuterungen zu den Botanischen Modellen von Robert Brendel in Berlin. Verfasst von Dr. A. Tschirch*. Berlin: Unger.
- Brendel, R. (1890). *Verlagsanstalt für Lehmmittel: Verzeichnis von plastischen Lehrmitteln für den Unterricht in der Anthropologie, Zoologie, Mineralogie und Mikroskopie*. Berlin: Unger.
- Brendel, R. (1900-1901). *Preisliste über Botanische Modelle gefertigt und herausgegeben von R. Brendel, Grunewald bei Berlin*. Université Lille. Obtenido de https://iris.univlille.fr/bitstream/handle/1908/4957/590099901_042_EEP0000001_PDF2.pdf?sequence=4 [Consulta: 16 de enero de 2021].
- Bucchi, M. (1998). Images of science in the classroom: wallcharts and science education 1850–1920. *The British Journal for the History of Science*, 31(2), 161-184. <https://doi.org/10.1017/S0007087498003240>
- Büttner, U. (1988). Robert Brendel. *Die Not der Juden Teilen: christlich-jüdische Familien im Dritten Reich: Beispiel und Zeugnis des Schriftstellers Robert Brendel*. Hamburgo: Christians.
- Cocks, M.M. (2014). Dr. Louis Auzoux and his collection of papier-mâché flowers, fruits and sedes. *Journal of the History of Collection*, 26(2), 229-248.
- Daston, L. (2008). *The Glass Flowers*. En L. Daston (Ed.) *Thing that Talk. Object Lesson From Art and Science* (pp.223-254). Nueva York: Zone Book.
- Degueurce, Ch. (2012). *Corps de papier: L'anatomie en papier mâché du docteur Auzoux*. Éditions de la Martinière.
- De Chadaravian, S. y Hopwood, N. (Eds.) (2004). *Models. The Third Dimension of Science*. Stanford: Stanford University Press.
- Fiorini, F., Maekawa, L. y Stiberc, P. (2008). Save the Plants: Conservation of Brendel Anatomical Botany Models. En American Institute for Conservation of Historic and Artistic Works (Ed.), *The Book and Paper Group Session for the AIC 2008, Annual Meeting in Denver (Colorado)*, April 21-25, 2008 (pp.35-45). <https://www.researchgate.net/publication/270566757> [Consulta: 10 de enero de 2021].
- Fiorini, F., Maekawa, L. y Stiberc, P. (2007). La “Collezione Brendel” di Modello di Fiori ed altri organi vegetali del Dipartimento di Biologia Vegetale dell'Università degli Studi di Firenze. *Museologia scientifica*, 22(2), 249-273.
- Fournier, E. (1866). Robert Brendel. Modèles de fleurs. *Bulletin de la Société botanique de France [Revue bibliographique]*, 13, 96.
- García, S. y Mayoni, M.G. (2013). Las colecciones de enseñanza científica como fuentes para la Historia de la Ciencia. *Revista Electrónica de Fuentes y Archivos*, 4, 110-125.
- González Bueno, A., Pizarro, J. M^a y Crespo, A. (2014). Instrumentos para la reforma de la enseñanza en la España de los inicios del siglo XX: Colección de láminas y de modelos botánicos en la Facultad de Farmacia (UCM). En R. D. Rivera Rivera e I. García Fernández (Coords.), *Congreso Internacional. Museos Universitarios: Tradición y Fu-*

- turo*. Madrid, 3-5 diciembre (pp.83-89). Madrid: Ediciones Complutense. Obtenido de <https://eprints.ucm.es/id/eprint/37851/1/LibroActasCIMU2014web.pdf> [Consulta: 21 de enero de 2021].
- González Bueno, A. (1981). Datos biográficos y bibliográficos del botánico Blas Lázaro e Ibiza. *Lozaroa*, 3, 313-338. Obtenido de <https://revistas.ucm.es/index.php/LAZA/article/view/LAZA8181110313A/11303> [Consulta: 22 de enero de 2021].
- Kronsteiner, O. (2009). Robert und Reinhold Brendel. Dreidimensionale Blütenlese. En S. Weber-Unger, O. Kronsteiner and K. Marchgraber (Eds.), *Der naturwissenschaftliche Blick. Fotografie, Zeichnung und Modell im 19 Jahrhundert* (pp.42-51). Viena.
- Legido, T. y Castelo, L. (Eds.) (2020). *Herbarios Imaginados. Entre el Arte y la Ciencia*. Catálogo exposición. Madrid: Ediciones Complutense.
- León Gámez, Á. (2014). *La colección de láminas del Departamento de Biología Vegetal II de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense: Inventario* [Documentos de Trabajo U.C.M. Biblioteca Histórica; 2014/02], Madrid, UCM. Obtenido de <https://eprints.ucm.es/id/eprint/24484/> [Consulta: 9 de enero de 2021].
- Ludwig, D. (2013). Mediating Objects: Scientific and Public Functions of Models in Nineteenth-Century Biology. *History and Philosophy of the Life Sciences*, 35(2), 139-166. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/259933343_Mediating_Objects_Scientific_and_Public_Functions_of_Models_in_Nineteenth-Century_Biology [Consulta: 21 de enero de 2021].
- Mayoni, M.G. (2016). Plantas de papier-mâché. Estudios técnicos y conservación de la colección Brendel del Colegio Nacional de Buenos Aires, Argentina. *Ge-Conservación*, 9, 6-20. <https://doi.org/10.37558/gec.v9i0.324>
- Nepi, Ch. (1990). I modelli di piante in cera del Museo Botanico dell'Università degli Studi di Firenze. (I manuali del Museo Botanico, 3). Obtenido de <https://www.sma.unifi.it/cm-pro-v-p-170.html> [Consulta: 9 de enero de 2021].
- Nickelsen, K. (2006). Draughtsmen, botanists and nature: Constructing eighteenth-century botanical illustrations. *Studies in History and Philosophy of Science, Part. C. Studies in History and Philosophy of Biological and Biomedical Sciences*, 37(1), 1-25.
- Nissen, C. (1898). Obituary of Robert Brendel in Personal-Nachrichten. *Gartenflora*, bd, 47, 1.
- Olszewski, M. M. (2011). Dr. Auzoux's botanical teaching models and medical education at the universities of Glasgow and Aberdeen. *Studies in History and Philosophy of Biological and Biomedical Sciences*, 42(3), 285-296. <https://doi.org/10.1016/j.shpsc.2011.01.001>
- Pavid, K. *Colour in the collections: Blaschka glass models*. Obtenido de <https://www.nhm.ac.uk/discover/colour-in-collection-blaschka-glass-models.html> [Consulta: 20 de enero de 2021].
- Raffaelli, M. (Ed.), (2009). *Il Museo di storia naturale dell'Università degli studi di Firenze. II, Le collezioni botaniche. Museo de historia natural de la Universidad de Florencia. II, Las colecciones botánicas*. Florencia: Università degli Studi di Firenze.
- Reiling, H. (2009). Über Blaschkas Glasmodelle und die zeitgenössische Naturgeschichte, mit einem Anhang über Brendels botanische Modelle. En M. Kaasch, & J. Kaasch (Eds.), *Natur und Kultur Verhandlungen zur Geschichte und Theorie der Biologie*, 14 (pp. 267-282). Berlin: Verlag für Wissenschaft und Bildung.
- Reiling, H. (2003). Beter dan de natuur. En J. Brand & A. de Vries (Eds.), *NEO* (pp. 221-235). Utrecht: Centraal Museum.
- Schultes, R.E., Davis, W.A. y Burger, H.S. (1992). *The glass flowers en Harvard*. Cambridge: Harvard University Glassflowers.

- Shteir, A. B. (2007). Fac-similes of nature: Victorian wax flower modelling. *Victorian Literature and Culture*, 35, 649–661.
- Sterp, E., Hernández, O. y Sánchez, A. (2020). Application of light sources on photogrammetric models for the diagnosis and virtual restoration of objects in polychrome wax. *Conservar Património*. <https://doi.org/10.14568/cp2020021>
- Thornton, J. (1993). The History, Technology and Conservation of architectural papier mâché. *Journal of the American Institute for Conservation*, 32, 165-176.
- Van der Reyden, D. y Williams, D. (1986). The Technology and Conservation of a 19th Century “Papier-Maché Chair”. En G. Brown (Ed.), *Preprints American Institute for Conservation, 14th Annual Meeting* (pp.125-142). Chicago, Illinois.

