

7. Los primeros demostradores científicos en la Ilustración. El desarrollo de la clasificación de los organismos

La ciencia del siglo XVIII fue la de la Ilustración. Durante este periodo se produjo un cambio significativo en la estructura de la sociedad debido a tres grandes factores. Por un lado, creció la población europea, a pesar de las epidemias que todavía afectaron al continente; sin embargo, estas no generaron grandes mortandades como las de la Edad Media. Por otro lado, hubo un importante desarrollo agrícola, con una mayor producción de alimentos gracias a los procesos de innovación, lo que permitió alimentar a una población en aumento. Finalmente, hacia el final del siglo, surgió un nuevo factor en el que la ciencia desempeñó un papel fundamental: la Revolución Industrial.

El aumento de la población estuvo ligado a mejoras en las políticas sanitarias, incluyendo campañas de variolización, precursoras de la vacunación. También se emplearon fármacos contra enfermedades endémicas, como el extracto de corteza de quina contra la malaria, y se incrementó el arsenal terapéutico, lo que permitió tratar enfermedades con mayor eficacia. Además, se construyeron centros sanitarios de gran envergadura, como el Hospital General de Madrid, hoy Centro de Arte Reina Sofía. Paralelamente, la creación de estos centros asistenciales impulsó la formación de médicos y personal sanitario.

En la medicina ilustrada surgió una nueva relación entre el Estado y la salud. Hasta entonces, la salud era una cuestión individual: los ricos recibían atención médica personalizada, mientras que los pobres estaban desvalidos. Con el triunfo de los ideales liberal-burgueses, tras la Revolución francesa, la salud comenzó a considerarse un derecho fundamental. Esto marcó el inicio

del proceso de medicalización, con la sanidad vinculada al Estado para garantizar su acceso como un bien común¹⁸².

En el estudio de las ciencias naturales aparecen nuevos intereses, como el estudio de la electricidad, una rama nueva de la física, y una renovada botánica con nuevos horizontes y esfuerzos de clasificación y exploración con la figura de Linneo.

Respecto de la innovación agrícola, que fue otro de los factores de crecimiento de la población, se introdujeron nuevas plantas del mundo americano en Europa y viceversa. Por ejemplo, en este siglo se consolida el consumo de patatas en Europa y hay toda una eclosión de nuevos productos que se ve favorecida por una modernización en los procesos agronómicos. Los estudios de ingeniería y botánica se vinculan, a favor del desarrollo agronómico, en los textos de Jethro Tull y Henri Louis de Duhamel.

El otro factor importante de la innovación agronómica fue que a la larga se aumentó la producción de alimentos, con un crecimiento sostenido, y a la vez la eficacia de los procesos agrícolas mecánicos fue demandando menos mano de obra, lo que produjo la emigración del campo a las ciudades. El creciente proceso de urbanización de la sociedad europea tuvo como consecuencia una mayor disponibilidad de mano de obra para las incipientes fábricas. Se produjo la primera Revolución Industrial en Inglaterra, tres sectores económicos estuvieron especialmente implicados: el industrial textil, metalurgia y minería y la naciente industria química.

Una de las mayores contribuciones científicas del periodo de la Revolución Industrial fue la fundación de la química moderna, racional y cuantitativa. También surgió la industria química, en gran parte auxiliar de la nueva producción mecánica, a gran escala, de la industria textil y de sus transformaciones¹⁸³. En cuanto a la textil, mucho de su fundamento estuvo en la agricultura y el uso de nuevas fibras como el lino y el algodón. La industria del algodón tomó el relevo de la lana como material, con nuevos procesos de hilado como la lanzadera volante, patentada en 1733, que permitía aumentar la velocidad y la capacidad de producción de los tejedores¹⁸⁴.

¹⁸² Puerto Sarmiento y González Bueno, *Compendio de historia de la farmacia y legislación farmacéutica*, 165.

¹⁸³ Bernal, *Historia social de la ciencia I*, 406.

¹⁸⁴ Ruiz Castell, *Historia de la tecnología a través de veinte objetos*, 108.

7.1. Organización del conocimiento

Después de ocuparnos de los avances en agricultura e industria trataremos de la organización del conocimiento y su institucionalización durante este siglo. En el capítulo anterior abordábamos la aparición de las primeras sociedades científicas como la Accademia dei Lincei o la Royal Society y la emergencia de las publicaciones periódicas. Esta tendencia continuó en el siglo XVIII con la aparición de nuevas academias a lo largo de Europa; en Berlín, en 1700, se creó la Academia Prusiana de las Ciencias, también lo hicieron en San Peterburgo y Gotinga, instituciones que seguían el modelo francés, dependientes del Estado.

En España hubo algunos esfuerzos de institucionalización con la nueva dinastía borbónica. España, tras la guerra de Sucesión, tenía un panorama desolador: no existían instituciones o vehículos de difusión de las ideas modernas, y los escasos focos de actividad cultural estaban atomizados e incomunicados. Durante el reinado de Felipe V surgió un dinamismo científico-técnico que alcanzó, en tiempos de su hijo Fernando VI, un notable avance con la aparición de jardines para la conservación y conocimiento de la flora y el estudio de las propiedades medicinales y económicas de las plantas. El Jardín Botánico de Madrid fue fundado en el año 1755, en el soto de Migas Calientes.

Bajo el reinado de Carlos III las autoridades se percataron de la importancia del conocimiento natural y de la localización de recursos; en 1771, se creó el Real Gabinete de Historia Natural, antecedente del actual Museo Nacional de ciencias naturales, y entre 1774 y 1781 se estableció el Real Jardín Botánico en el paseo del Prado, justo en el límite de la ciudad de Madrid.

A lo largo del siglo XVIII los jardines botánicos ampliaron sus funciones, adquiriendo matices de coleccionismo, conservación y buscando cultivar las especies más raras introducidas desde países lejanos. El desarrollo de la historia natural se basaba en la necesidad de describir y clasificar, y las grandes expediciones aportaban gran información acerca de la flora de otros lugares del globo, contribuyendo a las economías nacionales mediante el cultivo de especies de interés. Algunas de las expediciones más famosas contribuyeron a asentar la botánica linneana, como las de José Mutis, o las de discípulos directos de Linneo como Törnström, Osbeck y Thunberg al Próximo y Lejano Oriente, y la de Sparrman y Solander embarcados a Sudáfrica y al Pacífico.

La renovación educativa fue una de las grandes cuestiones durante el reinado de Carlos III. Todas las instituciones dedicadas a la enseñanza fueron objeto del impulso reformista. Madrid tuvo nuevas instituciones científicas involucra-

das en la modernización borbónica de España: el Jardín Botánico de Madrid fue una de ellas. Con su traslado al paseo del Prado y con el decidido apoyo del conde de Floridablanca¹⁸⁵, el jardín se dispuso para que fuera una institución con muchos fines: huerto real, centro docente de sanitarios y de botánicos, abastecedor de plantas medicinales a la Real Botica, aliado del Real Tribunal del Protomedicato en la centralización administrativa sanitaria, rector de los estudios florísticos nacionales y modelo del resto de los jardines botánicos¹⁸⁶.

Debido al fuerte impulso que en aquel tiempo recibió la botánica tuvo lugar el establecimiento de jardines botánicos en diversos puntos de la península como Cádiz (1749), Sevilla (1778), Valencia (1778), Algeciras (1779), Barcelona (1783), Málaga (1784), Cartagena (1787) e igualmente Tenerife y otros puntos de las posesiones españolas en México y Filipinas.

En Madrid, junto al jardín se planificó un gran edificio para albergar el Real Gabinete de Historia Natural, encargándose el proyecto al arquitecto Juan de Villanueva. El jardín fue ideado como una especie de ciudad de las ciencias, aunque ese proceso de institucionalización de la ciencia no terminó de prosperar en España.

Estos esfuerzos se alinearon con la tendencia general en Europa, donde comenzaron a consolidarse asociaciones e instituciones científicas y profesionales, como los colegios de médicos y farmacéuticos. Así, convivieron nuevas instituciones de estudio y desarrollo científico con centros profesionales y espacios destinados a la comunicación científica para un público más amplio, como algunos museos abiertos al público general, tema que exploraremos más adelante. En España, surgieron museos y colecciones, esenciales para el prestigio estatal y patrocinadas por la monarquía, que custodiaban objetos naturales procedentes del vasto territorio americano.

Los investigadores de historia de la ciencia británicos, como Steven Shapin, han dado mucha relevancia a la cuestión del término *scientist* para hablar de una persona que se dedicaba a la ciencia. Shapin recuerda que la palabra inglesa no existió hasta el siglo XIX, y el término francés equivalente *scientifique* no fue de uso común hasta el siglo XX¹⁸⁷. Tampoco existía la posición social y cultural definida que ahora recoge «el papel del científico», como algo diferenciado.

¹⁸⁵ José Moñino (1728-1808), abogado y político murciano, secretario del Despacho de Estado bajo el reinado de Carlos III entre 1777 y 1792.

¹⁸⁶ Miguel Colmeiro, «Bosquejo histórico y estadístico del Jardín Botánico de Madrid», *Anales de la Sociedad Española de Historia Natural* IV (1875), 241-330.

¹⁸⁷ Steven Shapin, «The man of science», 179.

Veremos cómo las personas que se dedicaron a la ciencia pertenecían a ámbitos sociales variados, destacando la ciencia realizada por aficionados que se practicaba entre el ámbito privado y las sociedades científicas, incluyendo otras personalidades científicas que pasaron gran parte de sus carreras como amanuenses, tutores o sirvientes domésticos de diversa índole y, una pequeña parte, los que trabajaban para instituciones oficiales como universidades, gabinetes y jardines.

7.1.1. Las obras enciclopédicas

Todo este entramado de instituciones propició un tipo específico de producción científica muy característico del siglo XVIII que sigue teniendo vigencia hoy en día, que es el del diccionario enciclopédico o enciclopedia. Una de las obras de referencia fue la enciclopedia de Diderot y d'Alembert conocida como *Dictionnaire raisonné des sciences et des métiers* (editada entre 1751 a 1772), primera enciclopedia francesa en la que se recopiló el conocimiento científico y técnico de la época. Esta enciclopedia contó con antecedentes destacados, como la *Cyclopaedia, or Universal Dictionary of the Arts and Sciences*, de Ephraim Chambers (1728). Estas obras comenzaron como recopilaciones privadas, pero pronto muchas instituciones científicas asumieron como propia la tarea de editar publicaciones enciclopédicas de referencia. Por ejemplo, la *Académie Royale des Sciences* publicó entre 1761 y 1789 lujosas ediciones de una obra titulada *Descriptions des arts et métiers*.

Estos compendios llegaron a su máxima expresión con la *Histoire Naturelle*¹⁸⁸ del conde de Buffon¹⁸⁹, unos 44 volúmenes publicados por la imprenta real francesa, editada a lo largo de 50 años, entre 1749 a 1804, una obra descomunal mostrando el trabajo de toda una vida.

Durante los siglos XVII y XVIII, las artes gráficas produjeron algunas de las ilustraciones más elaboradas de la historia. En este periodo se perfeccionó la técnica del grabado, especialmente el calcográfico, en planchas de metal. La creciente relevancia social de la ciencia en el siglo XVIII impulsó la edición de obras con una rica iconografía, consolidando el prestigio de las élites ilustradas¹⁹⁰.

¹⁸⁸ El nombre completo era *L'Histoire naturelle, générale et particulière, avec la description du Cabinet du Roi*, con la descripción del Gabinete Real de Historia Natural y el detalle de las colecciones.

¹⁸⁹ Georges Louis Leclerc, conde de Buffon (1707-1788), miembro de la Academia de Ciencias Francesa e intendente de los Jardines Reales (el actual *Jardin des Plantes*) de París desde 1739.

¹⁹⁰ Baratas, «Iconografía científica: de la xilografía al JPG», 184.

En el siglo XVIII el latín se mantenía como la lengua científica universal por excelencia. Quien dominara el latín podía comprender los libros científicos publicados en cualquier lugar del mundo occidental. Por ello, no resultó extraño que Linneo redactara las descripciones de las plantas y animales que estudió en la «lengua de los sabios». Con el tiempo, el latín fue perdiendo su utilidad como medio para divulgar teorías o debatir conceptos y observaciones, aunque continuó siendo la fuente principal de los términos empleados en disciplinas como la morfología, anatomía, citología, fisiología, ecología y fitogeografía. Su utilidad nomenclatural y descriptiva permaneció indiscutible. Esto cambió a finales de siglo y durante el siglo XIX el francés será la lengua vehicular de la ciencia y la tecnología.

Al mismo tiempo que las enciclopedias lograron un gran éxito gracias a su amplia distribución y acogida, surgieron otras formas de transmisión del conocimiento científico, como los demostradores y divulgadores. Es importante destacar que, a lo largo del siglo XVIII, se produjo una democratización en el acceso al conocimiento científico. Cada vez más amplias capas de la población pudieron acceder a este saber, aunque, paradójicamente, la universidad no desempeñó un papel relevante en este proceso democratizador. Esta permaneció como una institución dedicada a la formación de especialistas, con un acceso restringido y difícil, alejado del carácter masivo o público que habría permitido incluir al conjunto de la población.

7.2. Los demostradores y divulgadores

Recientemente algunos trabajos de historia de la ciencia se han centrado en los espacios públicos y privados para el desarrollo de la ciencia durante la Ilustración¹⁹¹. La afición y la curiosidad de personas de clases acomodadas estuvo dirigida hacia los nuevos instrumentos y descubrimientos, como las máquinas de vacío, los telescopios o los termómetros, lo que demandó demostraciones y exposiciones de los adelantos.

La práctica de la divulgación científica formó parte integrante de la cultura urbana y permitió a la ciudadanía acceder a la ciencia. Los divulgadores solían centrarse en la difusión de la ciencia, más que en el desarrollo de nuevas teorías;

¹⁹¹ Katharine Park y Lorraine Daston, «Introduction: The Age of the New», en *The Cambridge History of Science. Volume 3: Early Modern Science*, ed. por Katharine Park y Lorraine Daston (Cambridge University Press, 2008), 1-18.

por tanto, se centaban en la demostración de un fenómeno físico o natural buscando el equilibrio entre la utilidad y el valor de entretenimiento de la ciencia. Afirmaban que debía hacerse accesible al mayor número de personas para beneficio general de la sociedad. La divulgación científica durante la época de la Ilustración capitalizó una tendencia ya existente, creada por sabios y educadores en el siglo xvii y principios del xviii.

Los demostradores viajaban de una ciudad a otra realizando experiencias y maravillando a los curiosos. De estos poco se sabe al no dejar ninguna obra escrita, ni científica ni pedagógica, pero recientemente algunos trabajos se han centrado en reconstruir sus biografías siguiendo su huella a través de los anuncios de la época en la prensa y en panfletos, tal es el caso de François Bienvenu y de su recorrido por varias ciudades españolas, con gran cantidad de referencias localizadas en la prensa cotidiana de la época¹⁹².

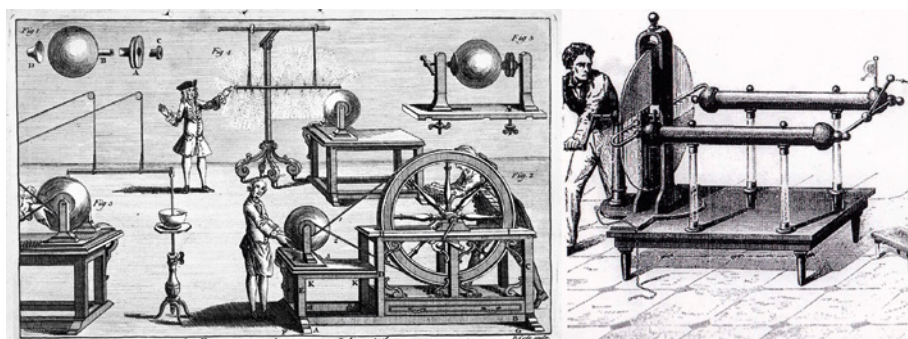


Figura 30. A la izquierda, la electricidad: varias máquinas eléctricas en funcionamiento con un hombre recibiendo una descarga eléctrica al fondo. Grabado del siglo xviii, por B. Cole. Fuente: Wellcome Collection. A la derecha, grabado mostrando cómo funcionaba la máquina generadora de electricidad por fricción Ramsden. Fuente: Bartolomé Feliú y Pérez, 1886¹⁹³.

Otra personalidad interesante fue el abad y físico francés Jean Antoine Nollet (1700-1770), que realizó varios experimentos con electricidad y descubrió la ósmosis. Desde el punto de la difusión de la ciencia, nos interesa las

¹⁹² Ignacio Suay-Matallana, José Ramón Bertomeu, «François Bienvenu y la popularización científica en la Ilustración: demostraciones experimentales, entretenimiento y públicos de la ciencia», *Enseñanza de las ciencias* 34, n.º 2 (2016): 167-184.

¹⁹³ Bartolomé Feliú y Pérez, *Curso elemental de Física experimental y aplicada y nociones de Química Inorgánica* (Barcelona: Imprenta de Jaime Jopus, 1886), 385.

reuniones que el abate desarrollaba frente a la burguesía, con demostraciones como la bomba de vacío, la transmisión del sonido, la electricidad estática o la contracción muscular. Sus innovaciones más importantes se dieron en el terreno de las prácticas pedagógicas o en la creación y la mejora de nuevos instrumentos científicos para demostraciones experimentales.

En este contexto nacieron instrumentos tan populares como la máquina de Atwood (para demostrar las leyes de la caída de los cuerpos) o los generadores eléctricos mediante fricción, que permitían producir descargas, chispas y una gran cantidad de fenómenos sorprendentes relacionados con la electricidad, como la máquina de Ramsden (figura 30).

7.3. Desarrollo en historia natural

Dos aspectos son esenciales para entender el desarrollo de la historia natural ilustrada, por un lado, el carácter clasificador y por otro el compilador de grandes obras enciclopédicas.

Cuando nos ocupamos del siglo xvii ya comentamos algunos esfuerzos de ordenar o de estructurar el conocimiento que se tenía del mundo natural y nombres como Ray y Tournefort hicieron los primeros avances, pero el gran esfuerzo que consolida la nomenclatura del mundo natural que seguimos hoy en día lo desarrolló Linneo¹⁹⁴. Este naturalista sueco contó con un grupo de discípulos que le remitieron materiales desde los más alejados rincones del globo terrestre.

7.3.1. Botánica

A comienzos del siglo xviii se habían realizado grandes esfuerzos en profundizar en el conocimiento de formas y variantes de los vegetales como primera prioridad para poder hacer una labor comparativa entre los organismos y avanzar en el conocimiento de su estructura interna. Se hacía necesaria una nomenclatura común ante la variedad de clasificaciones seguidas.

La subordinación de especies a sus géneros pudo triunfar gracias a la nomenclatura elaborada Linneo. Creó un aspecto importante para poder manejar

¹⁹⁴ Carl Nilsson Linneo (1707-1778), fue un científico, naturalista, botánico y zoólogo sueco que estableció los fundamentos para el esquema moderno de la nomenclatura binomial. Se le considera el fundador de la moderna nomenclatura.

la información de una gran cantidad de nombres de plantas. La nomenclatura binomial linneana obligaba a que todas las especies fueran conocidas solo mediante dos nombres: el primero, el del género; el segundo, el restrictivo o específico. El nombre genérico es siempre un sustantivo en caso nominativo, el sistema utilizó con buen criterio los nombres dados por sus antecesores a las plantas conocidas, lo que contribuyó a su fácil adopción. El nombre específico puede ser también un sustantivo en caso nominativo o, generalmente, un adjetivo en concordancia gramatical con el nombre genérico que expresa su carácter, por ejemplo, el color blanco, *Populus alba*.

La universalización del sistema nomenclatural linneano no fue un objetivo especialmente perseguido por su autor. Los estudiosos de la obra linneana acostumbra a calificarlo como un subproducto fortuito de su enciclopédica labor sistemática¹⁹⁵, en la que todos los seres vivos debían quedar integrados en un esquema coherente y conciso, en el que la utilización de los nombres-frase polinominales resultaba inviable. Su aceptación supuso la segregación definitiva entre la descripción del vegetal y su nombre. Linneo y «apóstoles» describieron gran cantidad de plantas, no se limitaron solo a proponer una nueva nomenclatura. Contemporáneos o sucesores próximos fueron Adanson, Gaertner, Willdenow, Jacquin, Lammarck, L'Heritier, Allioni, y otros que formaron la brillante pléyade de botánicos de finales de siglo XVIII, un siglo que transformó la botánica.

Linneo fue la personificación de una nueva botánica. En el segundo centenario de su nacimiento, Lázaro e Ibiza comentó acerca de su *Systema Naturae* que solo la consecución de este resultado hubiera bastado para hacer perdurable su memoria; aunque su pensamiento estuvo aferrado a las viejas doctrinas defendidas desde la Grecia clásica, preocupadas por ofrecer un modelo organizativo de la naturaleza, sencillo de aplicar, que permitiera ordenar la variabilidad natural en un sistema estanco y fijo¹⁹⁶.

Para Linneo las especies eran entidades reales, fruto de un acto de creación sobrenatural; cada especie estaba dotada de una serie de atributos constantes e inalterables¹⁹⁷. Consideraba que la labor del naturalista consistía en reconocerlas, en hacer su inventario, para describir la obra admirable de Dios. En sus aforismos de *Philosophia botánica*, mostró parte de su pensamiento: «Contamos tantas especies como formas diferentes han sido creadas en el origen»; «Hay

¹⁹⁵ Antonio González Bueno, *El príncipe de los botánicos, Linneo* (Tres Cantos: Editorial Nivola, 2008).

¹⁹⁶ Antonio González Bueno, *El príncipe de los botánicos, Linneo*, 14.

¹⁹⁷ Antonio González Bueno, *El príncipe de los botánicos, Linneo*, 110.

tantas especies como formas diferentes ha producido desde el principio el Ser Supremo»; indicaba también que estas especies eran invariables y se habían perpetuado hasta nosotros: «Esas formas se han multiplicado y producen, según las leyes que regulan la generación, formas siempre semejantes a sí mismas. Por eso hay tantas especies como formas o tipos diversos existen hoy»¹⁹⁸.

La clasificación de las plantas atendiendo a características sexuales, fundada por Linneo tenía en cuenta el número de estambres y de pistilos, era extraordinariamente simple y fácil de utilizar, un sistema que se impondría a otros durante el siglo XVIII. El ideal de todos los botánicos de aquel siglo fue la formación de una clasificación que distribuyese las plantas con arreglo a las analogías de organización, consideradas ya como indicio evidente de parentesco. Todas las clasificaciones, incluida la de Linneo, tendieron hasta entonces a distinguir las plantas sin respetar las verdaderas afinidades que las ligaban entre sí. Para algunos el lenguaje de las plantas no se correspondía con la escueta nomenclatura de Linneo, criticado por Buffon, que rechazaba la objetividad de la sistemática linneana, a la que consideraba totalmente artificial.

Por otro lado, existieron otros sistemas de clasificación alternativos al de Linneo, los llamados naturales, como el de Antoine-Laurent de Jussieu¹⁹⁹. Su libro, *Genera plantarum* de 1779, fue la base para futuras ampliaciones del sistema natural de clasificación de las plantas, influyó en varios investigadores franceses como Cuvier y De Candolle²⁰⁰, que este último propuso, en 1813, su serie de familias naturales publicando el *Prodromus systematis naturalis*, su obra descriptiva más importante y finalizada por su hijo²⁰¹. Su sistema clasificatorio fue seguido por muchos, haciendo de su obra un referente hasta mitad del siglo XIX. Muchas colecciones de herbario y de jardines botánicos fueron ordenadas con arreglo a ella y en nuestro país libros de texto, como los de Colmeiro y Galdo, siguieron su clasificación.

¹⁹⁸ Carl von Linneo, [Casimiro Gómez Ortega], *Philosophia botánica* (Madrid: Matriti, P. Marin, 1792).

¹⁹⁹ Antoine-Laurent de Jussieu (1748-1836), médico y botánico, profesor del *Jardin des Plantes* de París, y miembro de la Academia de Ciencias.

²⁰⁰ Augustin Pyrame de Candolle (1778-1841) fue catedrático de botánica en la Universidad de Montpellier. Entre sus trabajos está el encargo de Lamarck de ocuparse de la reedición de su *Flore française*.

²⁰¹ Es un tratado de 17 volúmenes de botánica. Lo concibió como un resumen de todas las plantas conocidas. Desarrolló como autor siete volúmenes, pero falleció en 1841 sin poder completar la obra. Su hijo, Alphonse Pyrame de Candolle (1806-1893), tomó luego la responsabilidad de continuarla, editando diez volúmenes adicionales con contribuciones de un grupo de autores.

7.3.2. Zoología

En el siglo XVIII se produjo el auge de la zoología, mejorando el conocimiento de las especies animales, conformándose las nuevas orientaciones y campos de estudio que se consolidarán definitivamente en el siglo siguiente.

El esfuerzo sistemático más considerable fue el de Linneo. Aunque fue más botánico que zoólogo, el naturalista sueco quiso publicar una clasificación completa del mundo de la naturaleza. La primera edición de su *Systema naturae* es de 1735. Su clasificación zoológica fue rectificadas varias veces en el curso de ediciones sucesivas, hasta una decena publicadas en vida, la última en 1758. En esta fueron descritas 4370 especies. Fue considerada el punto de partida de la sistemática moderna y punto de referencia para la aplicación de la prioridad en las delicadas cuestiones de nomenclatura.

Linneo dividió el reino animal en seis grandes clases, reemplazó el término de cuadrúpedos por el de *mammalia* o animales con mamas, cuya traducción, mamíferos, fue rápidamente adoptada. Además de la clasificación empezaron a aparecer obras dedicadas a las faunas de regiones o países determinados. Por ejemplo, las de Dinamarca de O. F. Müller, la de Gran Bretaña de T. Pennant, en 1776, o la de Francia de Buchoz, en 1776.

Adversario de Linneo, Buffon no consideró la clasificación como el objetivo esencial de las ciencias naturales; en primer lugar, describió los animales domésticos –los más familiares– y después las especies salvajes, empezando por las que son útiles para el ser humano y dando para cada especie una suntuosa descripción externa, completada con una descripción anatómica debida a Daubenton, principal colaborador de Buffon, en la formación de las colecciones del *Jardin du Roi* de París²⁰². Señaló también que los animales del Nuevo Mundo, comparados con los del Viejo, formaban una suerte de naturaleza paralela, colateral, como un segundo reino animal. Mediante observaciones muy exactas, Buffon creó una nueva ciencia uniendo la zoología con la geografía. El inventario fáunico se extendió a casi todo el reino animal. Algunos grupos atraían más la atención: insectos, peces y pájaros. Su obra, concebida para describir el gabinete real²⁰³, sedujo

²⁰² Louis Daubenton (1716-1800), con gran destreza en la disección y profundo saber anatómico, dio una base sólida a la empresa de Buffon. Realizó el trabajo base de las colecciones particulares del *Jardin du Roi* con la preparación de las disecciones, la preparación y el estudio de las piezas y la clasificación para su muestra. Fundamento de las colecciones de lo que, en un futuro, se convertiría en un gran museo público.

²⁰³ *Histoire naturelle générale et particulière, avec la description du Cabinet du Roi* es un monumental tratado de historia natural escrito por Georges-Louis Leclerc, conde de Buffon,

a la opinión pública por su brillante estilo y por sus ideas. La tabla 9 recoge una relación de las principales aportaciones al ámbito de la clasificación zoológica realizada durante el siglo ilustrado.

Tabla 9. Principales contribuciones en zología en el siglo XVIII

Protozoarios	Trembley descubrió las vorticelas (les llamó pólipos de embudo) y describió la multiplicación de ciliados. Spallanzani se ocupó de la taxonomía de ciliados y flagelados.
Celentéreos	Jean-André Peyssonnel, médico y naturalista francés, fue el primero en afirmar la naturaleza animal de los corales en 1727.
Gusanos	La primera monografía sobre los helmintos fue publicada por J. A. E. Goeze (1782). Los nematelmintos (ahora conocidos como nematodos) fueron descritos por primera vez como un grupo, en 1758, por el naturalista sueco Carlos Linneo en su fundamental <i>Systema naturae</i> , incluyó a estos organismos dentro del grupo <i>vermes</i> , una categoría amplia y poco precisa que agrupaba a una gran variedad de animales invertebrados.
Rotíferos	Leeuwenhoek descubrió en 1704 los rotíferos, que Trembley denominó pólipos con dos ruedas. M. Müller describió una cincuentena de especies de rotíferos.
Briozoos	Los briozoos, que ya habían sido observados en el siglo XVI, son señalados por Gualtieri (1742); J. Ellis y A. Trembley describieron numerosas especies de ellos. En cuanto a los braquiópodos, fueron denominados así por Cuvier (1802), y la primera especie fue descrita por P. S. Pallas en el año 1766.
Moluscos	En el <i>Dictionnaire encyclopédique des mollusques</i> de Jean Guillaume Bruguière (1789), G. S. Poli clasificó los moluscos según sus órganos de locomoción, mientras que Pallas, en 1768, presentó ideas sobre la clasificación de moluscos y animales inferiores. Réaumur realizó un intenso trabajo de prospección en zología de los invertebrados marinos y de agua dulce.
Insectos	Algunas clasificaciones entomológicas bastante satisfactorias presentadas por Ch. G. Jablonsky, J. C. Fabricius y J. Illiger, así como la publicación de las primeras faunas entomológicas nacionales: Inglaterra, Alemania, Francia, Suecia, etc. María Sibylla Merian detalladas observaciones y descripciones, con ilustraciones de Surinam.
Vertebrados	El conde de Buffon describió numerosas especies de mamíferos y aves, destacando la influencia del ambiente en la variabilidad de los organismos.

Fruto de la combinación del arte con la ciencia surgieron las representaciones más exactas de la naturaleza. Una de las figuras que brilló en ese aspecto fue María Sibylla Merian (1647-1717), aunque ignorada durante mucho tiempo, es considerada actualmente como una de las más importantes iniciadoras de la entomología moderna, gracias a sus detalladas observaciones y descrip-

entre 1749 y 1789. Es una de las obras científicas más influyentes del siglo XVIII y marcó un antes y un después en la comprensión del mundo natural.

ciones, con ilustraciones propias. Estudió la metamorfosis de lepidópteros, los detalles de la crisálida y las plantas de las que se alimentan las orugas (figura 31). Ilustró así todos los estadios del desarrollo:

Desde mi juventud me ocupé del estudio de los insectos. Primero comencé con gusanos de seda en Fráncfort del Meno, la ciudad donde nació. Después de eso, noté interés por otras especies de orugas que desarrollaban mariposas y polillas mucho más agradables que los gusanos de seda. Esto me llevó a recolectar todas las especies de orugas que pude encontrar para observar su transformación. Por lo tanto, me retiré de toda sociedad humana y me ocupé de estas investigaciones²⁰⁴.



Figura 31. Varias ilustraciones del libro *Europische insecten*. Fuente: Biodiversity Heritage Library.

Otro de los iniciadores de la entomología moderna fue el físico y naturalista Réaumur (1683-1757) haciendo observaciones de notable agudeza, publicó *Mémoires pour servir à l'étude des insectes*, una obra de gran difusión que llamó la atención sobre el interés de los pequeños animales. Eligiendo en cada género las especies que merecían ser distinguidas, emprendió un análisis riguroso de su vida y su comportamiento mediante investigaciones precisas y minuciosas, eliminando todo recurso a testimonios inciertos o anecdóticos. Aun reconociendo la importancia de la sistemática, Réaumur no trató de establecerla, sino de esbozar la primera historia del comportamiento de los insectos, examinando la mayor parte de sus distintos órdenes.

²⁰⁴ Natalie Z. Davis, *Women on the Margins. Three Seventeenth-Century Lives* (Harvard: Harvard University Press, 1995).

7.4. Desarrollo de la microscopía

A principio del siglo XVIII, los diseñadores británicos de instrumentos introdujeron versiones mejoradas del microscopio con trípode, basadas en un microscopio inventado por Edmund Culpeper²⁰⁵ (figura 32). Más avanzado el siglo, John Cuff presentó el primer microscopio de fácil manejo con un avanzado mecanismo de enfoque. Las innovaciones mecánicas dieron lugar a instrumentos más robustos, pero las imágenes borrosas y la aberración óptica prevalecieron durante la mayor parte del siglo.

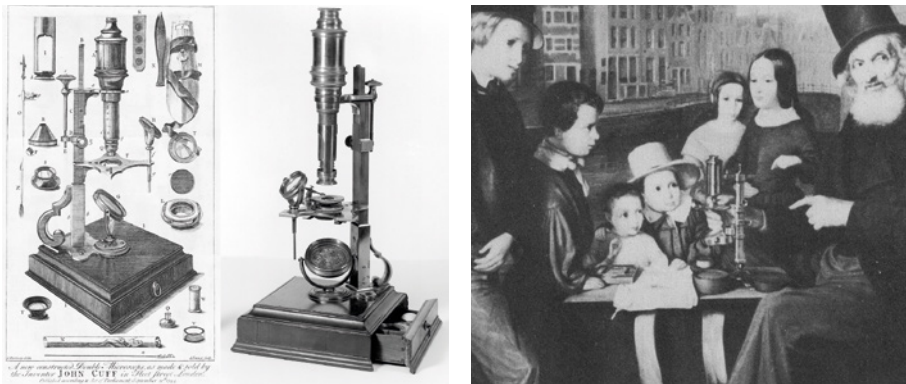


Figura 32. A la izquierda, esquema del microscopio original en un anuncio de 1764, la fotografía de un microscopio de John Cuff completo. A la derecha, un cuadro titulado *The itinerant microscope show-man* (Un demostrador itinerante con un microscopio), del barón Henri van Augustyn de Leys, ca. 1830-40. Fuente: Wellcome Collection.

Otro importante desarrollador de instrumentos científicos fue Johann Nathanael Lieberkühn (1711-1756) médico reputado en Berlín, con buen trato en la corte de Federico el Grande de Prusia. Se dedicó con entusiasmo a los estudios microscópicos. Sus habilidades técnicas le permitieron trabajar varios tipos de instrumentos como el microscopio anatómico de mesa, el microscopio para objetos opacos y el microscopio solar. Mejoró la técnica del examen e inventó un procedimiento útil para hacer visibles los elementos más finos. Gracias al cuidadoso análisis microscópico del intestino delgado, dio con una especie de criptas, hoy conocidas como criptas de

²⁰⁵ Edmund Culpeper (1660-1738) fue un creador de instrumentos científicos, siendo de los primeros en producir en serie microscopios portátiles económicos.

Lieberkühn²⁰⁶, y observó cómo estas criptas desembocan en la superficie luminal del intestino, en la base de las vellosidades intestinales.

Pero aún no era el momento adecuado del despegue de la microscopía. Solo unos pocos naturalistas talentosos utilizaron los imperfectos y caros dispositivos de la época. Las observaciones microscópicas del siglo xvii y el xviii abrieron el maravilloso mundo de los pequeños seres vivos y el secreto de las finas estructuras orgánicas a los filósofos naturales, pero el auge de la microscopía estaba aún por llegar.

7.5. Desarrollo de la experimentación

7.5.1. Experimentos sobre la generación espontánea

A principios del siglo xviii, Joblot (1718) admitió que las miríadas de microorganismos que se encontraban en las infusiones procedentes de gérmenes preexistentes podían destruirse hirviéndolos previamente. Mientras tanto, los partidarios de la generación espontánea iban a reaparecer a raíz de los experimentos realizados, en 1745, por un clérigo inglés, John Turberville Needham (1713-1781), microscopista de talento y colaborador del conde de Buffon, realizó experimentos que parecían probar la generación de «animáculos» a partir de materia biológica.

Tras introducir jugo de carne caliente, sangre u orina en un matraz cuidadosamente cerrado con un corcho y masilla, colocó el recipiente en cenizas calientes durante varios minutos y observó numerosos animalitos en el líquido unos días más tarde. Admite que el calor, que era suficiente para cocer un huevo, también debía ser lo bastante fuerte como para destruir todo rastro de vida anterior. De ello dedujo que, en ciertas materias orgánicas, debe existir una fuerza «plástica» o «vegetativa» capaz de generar corpúsculos organizados, pero no organismos complejos.

Réaumur y Bonnet dudaban de la exactitud de las condiciones en que Needham había llevado a cabo su experimento y, en particular, cuestionaban que el calor hubiera sido suficiente para eliminar todos los gérmenes.

²⁰⁶ El caso de eponimia como el de Lieberkühn es muy típico en histología, en biología celular, en microbiología e incluso en bioquímica. Este epónimo de las criptas de Lieberkühn, aunque sea microscópico, visibiliza y mantiene viva la memoria de este investigador e ilustra el camino de un descubrimiento.

Lazzaro Spallanzani (1729-1799), hábil experimentador, repitió y reformuló las experiencias de Needham, demostrando ausencia de organismos cuando se aislaba y calentaban frascos con extractos de materia biológica. Spallanzani repitió sus experimentos, prolongando el calentamiento en un baño de agua hirviendo durante 45 minutos y sellando su frasco de vidrio con la llama de un soplete. En estas condiciones, ninguno de los 19 frascos sellados contenía ningún animáculum, mientras que los frascos que permanecieron abiertos estaban repletos de microorganismos. Estos seguían presentes, pero menos en los frascos sellados con algodón. Bonnet estaba encantado con estos resultados y felicitó a Spallanzani, con quien mantendría correspondencia regularmente a partir de entonces y a quien sugeriría nuevos experimentos. Spallanzani demostró que las infusiones calentadas durante más tiempo seguían produciendo más animáculos si se dejaban al aire libre, lo que podía explicarse por una descomposición más rápida tras una cocción más larga. También demostró que los animáculos eran igual de numerosos cuando se utilizaban semillas previamente tostadas para preparar las infusiones.

Sin embargo, Spallanzani estaba intrigado por la persistencia de los animáculos en infusiones que habían sido hervidas durante media hora, y admitió que ciertos gérmenes debían ser resistentes a la ebullición, aunque no necesariamente de origen aéreo. Esto le llevó a observar que, en efecto, los huevos y las semillas de diversos organismos superiores resisten mejor el calor que los propios organismos.

Estos experimentos, que parecían desmentir la generación espontánea, fueron muy discutidos. Se siguieron esgrimiendo argumentos contra Spallanzani y los defensores de la generación espontánea. En primer lugar, se alegaba que un calentamiento demasiado prolongado o elevado alteraba las propiedades de la materia orgánica impidiendo la aparición de nuevos organismos. Además, se argumentaba que el aire calentado por encima de cierta temperatura era, en sí mismo, inadecuado para la generación espontánea. Este último argumento se vio reforzado por el descubrimiento por Priestley en 1774 del oxígeno, gas cuyo papel vital demostró Lavoisier en 1777.

7.5.2. Experimentos químicos de Lavoisier

Otro aspecto que surge en la ciencia de este siglo es el triunfo de la química como moderna disciplina, que supera el conocimiento empírico previo desde

la alquimia árabe o los conocimientos técnicos primigenios que requerían la extracción de minerales, conocimientos preindustriales de metalurgia, procesos de fermentaciones en la fabricación del vino o de los encurtidos.

El desarrollo del conocimiento químico avanzó gracias a la creación de aparatos para medir, describir y explicar procesos químicos, como la identificación del oxígeno y su papel biológico. Lavoisier (1743-1794), miembro de la Academia francesa, contribuyó a sistematizar el conocimiento químico, impulsado por aplicaciones prácticas como la producción de pólvora y la mejora de fermentaciones. Marie Anne Paulzee, conocida como madame Lavoisier, asistía a su marido Antoine en el laboratorio durante el día, anotando observaciones su cuaderno y dibujando diagramas de sus diseños experimentales (figura 33). Los estudios que realizó con el pintor Jacques-Louis David le permitieron dibujar con precisión los aparatos del laboratorio, algo que finalmente resultó de gran utilidad cuando se buscó entender los métodos y resultados. Marie Anne Paulzee fue también la organizadora y editora de los informes, donde cobraron especial importancia los procesos de cuantificación.

Lavoisier pudo presentar a la *Academie des Sciences*, en 1777, una primera memoria sobre los cambios que sufre la sangre en los pulmones y sobre el mecanismo de la respiración²⁰⁷.

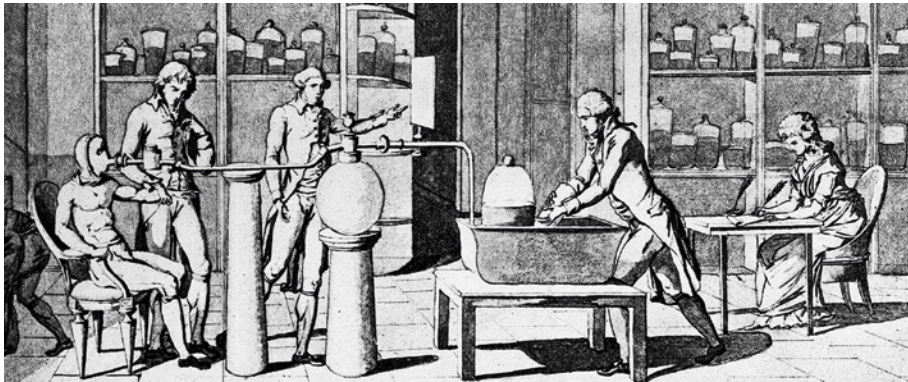


Figura 33. Antoine Lavoisier en su laboratorio realizando un experimento sobre la respiración de un hombre; a la derecha de la imagen se puede observar a Marie Anne Paulzee trabajando. Fotograbado según M.A.P. Lavoisier. Fuente: Wellcome Collection.

²⁰⁷ René Tatón, *Historia general de las ciencias. El siglo XVIII Las ciencias de la naturaleza*, (Barcelona: Ediciones Orbis, 1988), 663.

7.5.3. Experimentos fisiológicos sobre el movimiento y la digestión

Durante los años de la Ilustración, la fisiología acabó de separarse de la anatomía y se constituyó en disciplina científica autónoma. Según los historiadores de la ciencia Pedro Laín y López Piñero, esto fue resultado inevitable de un proceso de especialización científica y división técnica del trabajo; pero también de la introducción de la distinción entre la «forma» y la «función» de los seres vivos, dos modos de la necesaria relación entre la morfología y la fisiología²⁰⁸. Según la visión mecanicista, la anatomía constituye el verdadero y exclusivo fundamento de la fisiología: en la forma se ve la razón y el principio de las funciones. Según la otra visión, la anatomía es expresión de una fuerza vital configuradora: la forma aparece como una función del hecho de vivir. Mecanicismo y vitalismo son las dos orientaciones principales del pensamiento fisiológico de la Ilustración.

A pesar de la disponibilidad y utilización de los libros de texto de fisiología escritos por Albrecht von Haller durante el siglo XVIII, que anunciaron la era moderna de la fisiología, no todos los médicos o fisiólogos estaban satisfechos con su presentación, contenido o aplicación a la medicina. Las razones iniciales fueron desacuerdos fundamentales entre los «mecanicistas», representados por Boerhaave, Robinson y von Haller, y los «vitalistas», representados por el profesorado y los graduados de la Escuela de Medicina de Montpellier, en Francia, especialmente Bordeu y Barthez.

En 1708 se publicaron *Institutiones medicae* de Hermann Boerhaave (1668-1738) y *Theoria medica vera* de George Stahl (1660-1734), que mantuvieron puntos de vista contrapuestos sobre la vida y su funcionamiento. Boerhaave, mecanicista, consideraba que el organismo era una especie de máquina hidráulica, formada por partes sólidas y líquidas que interactúan, siendo los órganos –sometidos a las leyes de la física– los encargados de efectuar las funciones orgánicas. Stahl, era contrario a las interpretaciones mecanicistas; sin negar el funcionamiento físico de los organismos, su pensamiento introducía la finalidad en el funcionamiento orgánico: la vida era una resistencia a la «corrupción» y estaba estimulada por el alma o fuerza conservadora, que actuaba a través de los órganos y leyes físicas.

Albrecht von Haller (1708-1777) separó, de forma efectiva, la fisiología de la medicina y se ocupó de la *Anatomia Animata*: la descripción de los movi-

²⁰⁸ Pedro Laín Entralgo y Jose María López Piñero, *Panorama histórico de la ciencia moderna* (Madrid, Ediciones Guadarrama, 1963), 241.

mientos con que la máquina animada es agitada. Atribuyó el movimiento vital a una fuerza específica «fuerza vital», radicada en la estructura material y orgánica de las fibras, que integran unas funciones elásticas y mecánicas básicas (no vitales) más otras que definen su naturaleza viva: la irritabilidad. Hizo experimentos para analizar la respuesta ante estímulos exteriores. Concluyó que debían existir ciertas partes del organismo que poseían contractibilidad mecánica (tendones, piel), otras que poseían sensibilidad (nervios) y otras partes dotadas de sensibilidad e irritabilidad (músculos).

Las ideas básicas de Haller, su fisiología «vital», se sitúan entre el vitalismo y el mecanicismo del médico y filósofo francés Julien Offray de La Mettrie que publicó *L'Homme Machine* (El hombre máquina) en 1747. Algunos de sus capítulos eran originales y en otros se limitó a ordenar y discutir el saber de su época. Fue autor *De partibus corporis humani sensibilibus et irritabilibus* (1752-1753) y de unos *Elementa physiologiae corporis humani* (1757-1766).

Sobre la interpretación clásica de los fenómenos digestivos formulada por Boerhaave, Haller y Réaumur, se consideró que el proceso integraba una serie de movimientos mecánicos (masticación, peristaltismo gástrico e intestinal) y una maceración química. Lazzaro Spallanzani (1729-1799) repitió una serie de experimentos de Réaumur, extrayendo jugos gástricos de animales y mezclándolos con distintos tipos de alimentos, demostrando la inexistencia de putrefacción, identificando la digestión con la disolución del alimento debido a la naturaleza ácida del jugo gástrico.

Sobre la metodología utilizada, hay que destacar que los fisiólogos del xvii y xviii intentaron estudiar el cuerpo animal y explicarlo mediante mecanismos análogos a los conocidos. Cuando necesitaron encajar alguna sustancia material en su teoría general, asumían que debía existir y tener las propiedades deseadas²⁰⁹. Este método era lo opuesto al que usualmente empleaban los químicos, quienes aislaban y caracterizaban los compuestos específicos que encontraban, y luego intentaban conocer el mecanismo para su función, en términos de las propiedades de dichas sustancias.

Desde el descubrimiento del microscopio fue posible observar, con mayor profundidad, la estructura del cuerpo vivo. Hoffmann, al igual que otros médicos de su época, quedó impresionado por la naturaleza fibrosa de muchos tejidos que se pudieron observar a través del microscopio. Por consiguiente, creyó que la estructura anatómica fundamental era la fibra y que varios de

²⁰⁹ Henry M. Leicester, *Development of Biochemical Concepts from Ancient to Modern Times*, *Development of Biochemical Concepts from Ancient to Modern Times*, 127.

estos filamentos, agrupados, constituían los órganos mayores. La contracción y expansión alternada de las fibras les sirvieron de explicación para la sístole y diástole del corazón, la circulación de la sangre y la mayoría de los fenómenos de la vida. Hoffmann coincidió con Stahl en atribuir la mayoría de los procesos fisiológicos al movimiento.