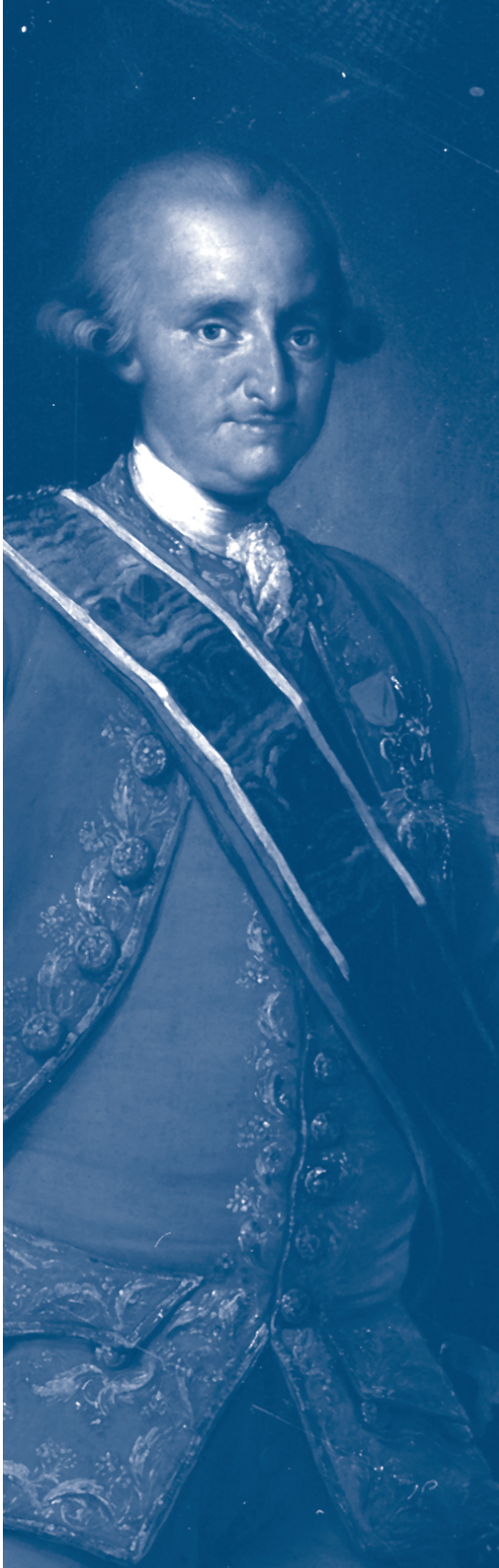
LA POLÍTICA CIENTÍFICA EN EL REINADO DE CARLOS IV

Leoncio López-Ocón Cabrera
Consejo Superior de Investigaciones Científicas



A MODO DE INTRODUCCIÓN: DEL APOGEO A LA CRISIS DE LA CIENCIA ILUSTRADA

Carlos III falleció en diciembre de 1788 en el marco de una atmósfera temerosa y represiva. Los problemas con los que se tuvo que enfrentar el nuevo monarca –su hijo Carlos IV– fueron de una desmedida magnitud. La situación internacional de la Monarquía española se fue complicando conforme se extendía el ideario de las revoluciones atlánticas por Europa y América. La máquina de esa monarquía se fue desbaratando progresivamente. Cuando llegó al poder el joven Godoy, el político en quien confió Carlos IV para dar un nuevo rumbo al gobierno del imperio, se intentó emprender una "revolución desde arriba" para transformar las estructuras del Antiguo Régimen. Pero los obstáculos fueron imposibles de remover, como el mismo Godoy reconocía al enumerar en 1806 los grandes males de la monarquía: "*la diferente constitución de las provincias de España y el gran destrozo de las exentas y las privilegiadas o de fuero; la resistencia que a toda providencia opone el gobierno municipal de los pueblos; la inmunidad y el influjo de un gran clero secular y regular, tan respetado por la santidad de su institución como por sus privilegios acumulados en la serie de los siglos; los derechos y las exenciones de una nobleza hereditaria coetánea al establecimiento de la monarquía y parte constitutiva de la forma de su gobierno; la cortedad de las rentas de la Corona y la enorme dificultad de aumentarlas con nuevos impuestos mirados con invencible repugnancia por unos pueblos ya agobiados bajo el peso de calamidades increíbles, la pobreza del comercio por la interrupción de la comunicación con América y por otros diversos efectos de la guerra y en fin, innumerables causas de una influencia tan perniciosa como indestructible…*" (La Parra, 2002: 341-342).

No obstante, durante gran parte del reinado no se paralizó el movimiento intelectual y científico ilustrado. No se produjo inicialmente un retroceso respecto a los programas y los logros de los ilustrados "carlotercistas". Más bien, como han destacado Emilio La Parra y Carlos Seco, Godoy –sobre todo en el sexenio reformista de 1792 a 1798– impulsó las mejoras técnicas, las obras públicas, las instituciones culturales y las asistenciales. Ahora bien, la situación empezó a cambiar a partir de 1805, a medida que la Monarquía se iba descomponiendo al ritmo que marcaba la crisis del Antiguo Régimen.

Así, pues, conviene subrayar que, aunque el apoyo prestado por los ilustrados a la ciencia y la tecnología durante ese reinado estuviese lleno de contradicciones, su política científica aún conservó cierta eficacia. Para mostrarlo voy a fijar mi atención en tres iniciativas promovidas en la época de Carlos IV: la expedición de Malaspina, la política científica de Godoy y las iniciativas destinadas a la mejora de la salud de los habitantes, entre las que destacó la expedición de Balmis destinada a difundir el uso de la vacuna contra la viruela.

Microscopio compuesto de don Eugenio Izquierdo. Construido por Dollon en Gran Bretaña hacia 1780. Museo Nacional de Ciencias Naturales. .

LA EXPEDICIÓN MALASPINA

El reinado de Carlos IV se inauguró, en efecto, con la organización y desarrollo de la gran expedición científica y política conocida como expedición Malaspina (1789-1794), una empresa de dimensiones colosales impulsada por dos "laboratorios flotantes" denominados *Descubierta* y *Atrevida*, sujeta a muchos mandatos, según ha subrayado su principal estudioso Juan Pimentel, y a la que cabe ubicar también en la estela de las grandes expediciones hidrográficas del reinado anterior. Así, en esos navíos se embarcaron varios de los marinos científicos que habían participado con Tofiño en la elaboración del *Atlas de España* y los *Derroteros de sus costas*, entre otros, el propio Malaspina, Bauzá y Espinosa y Tello. También se trasladaron

a esas corbetas los instrumentos científicos usados en aquellas campañas: los cronómetros de Berthoud y Arnold y parte de los instrumentos que el portugués Magalhaes había adquirido en Londres por orden del Gobierno español. Pero además se enrolaron tres naturalistas: el coronel Antonio Pineda, el francés Luis Née y el bohemio Tadeo Haenke, así como los pintores José Guio, Fernando Brambila, Juan Ravenet, José Cardero y Tomás Suria. Marinos, naturalistas y artistas formaron una "enciclopedia viajera" singular.

Los objetivos de aquellos dos laboratorios flotantes eran variados. En primer lugar, geoestratégicos, para contener el expansionismo británico, francés y ruso en el océano Pacífico, un lago español que dejaba de serlo –como lo probaba el control de los ingleses de las islas Malvinas, "la llave del Pacífico". El segundo, recabar información de primera mano acerca de la crisis comercial que aquejaba por aquel entonces a los puertos del Perú y Chile como consecuencia de la creación del virreinato del Río de la Plata. En tercer lugar, pero no en orden de importancia, figuraban los objetivos científicos en la agenda de los organizadores políticos de la expedición: Floridablanca y Antonio Valdés, un marino próximo a Malaspina, que dirigía la unificada Secretaría de Marina e Indias. Todos ellos querían rivalizar con los viajes de circunnavegación de Bougainville y, sobre todo, de Cook, cuyas hazañas marítimas de la década de 1770 asombraron a propios y extraños.

La expedición Malaspina se convirtió de esta forma en una enciclopedia ambulante. Se pretendía trazar una imagen moderna del imperio, evaluar sus recursos naturales y obtener una representación fidedigna de los usos y costumbres de sus habitantes. El trabajo se basaba en los conocimientos cartográficos, astronómicos y matemáticos de un competente plantel de marinos científicos, en los estudios de un equipo internacional de naturalistas, y en la capacidad artística de un selecto equipo de pintores, cuyas láminas botánicas, retratos de una galería multirracial y vistas de escenas costumbristas y de ciudades del imperio se conservan en la actualidad en diversas instituciones madrileñas como el Museo Naval, el Jardín Botánico y el Museo de América.

A lo largo de su periplo americano, oceánico y asiático, que concluyó el 9 de septiembre de 1794, año en que las corbetas fondearon en Cádiz, ese grupo de ilustrados recorrió el mundo para efectuar un inventario sistemático de las posesiones americanas desde una perspectiva multidisciplinar. Así, se interesaron por el conocimiento de los tres reinos de la naturaleza de los inmensos territorios que recorrieron: su gea, su flora y su fauna –a cargo del zooólogo Antonio Pineda, instruido antes de su partida por unas sabias recomendaciones del naturalista italiano Spallanzani. Los integrantes de la expedición versados en física y química estudiaron el magnetismo terrestre o determinaron la salubridad de las aguas. Otros realizaron interesantes investigaciones antropológicas sobre diversos pueblos amerindios y oceánicos, como los patagones, los mapuches, los huiliches o los habitantes de la costa noroeste del Pacífico y de las islas Tonga. Los marinos científicos, además de aportar continuas y sistemáticas observaciones astronómicas, quisieron emular la ya mencionada empresa realizada por Tofiño en la costa peninsular, intentando levantar –en una tarea titánica- la cartografía completa del litoral del Pacífico.

Según ha mostrado Juan Pimentel, en el seno de la *Descubierta* y la *Atrevida* se realizó un estudio pormenorizado de la física de la monarquía. Como viajero filósofo y admirador del newtonismo, Malaspina se desplazó a tierras lejanas "para estudiar la verdadera forma del imperio, para desvelar su legalidad interna, los principios sencillos y uniformes que, como las leyes de Newton, regían su vida". A lo largo de su peregrinación crecieron en él los anhelos de reforma del sistema colonial y del imperio en

conjunto. Durante el viaje americano elaboró una serie de memorias geográficas y políticas en las que abogaba por la creación de colonias agrícolas y comerciales, con órganos de representación propios en las regiones fronterizas del imperio, y desaconsejaba la expansión territorial.

A su regreso a la Península, Malaspina pugnó por llevar adelante su plan de reformas de la Monarquía, pero la coyuntura era desfavorable porque el país estaba en guerra con la Francia revolucionaria. Entonces una serie de errores concatenados –como su intento de derrocar a Godoy cuando éste se encontraba en el ápice de su gloria tras haber firmado el Tratado de Basilea el 22 de julio de 1795, que le hizo acreedor al título de Príncipe de la Paz– hicieron que Malaspina fuese arrestado el 14 de noviembre de 1795. Su cautiverio se prolongaría hasta 1803 en la prisión del castillo de San Antón de La Coruña.

Por estas circunstancias los resultados de la expedición Malaspina no se publicaron. La memoria del viaje, para cuya redacción contó con la colaboración del padre Gil y debía constar de tres partes –la relación del viaje propiamente dicha, una descripción física de las regiones visitadas y un examen político de los dominios coloniales – quedó inacabada. Pero su pena de prisión no tiró por la borda la impresionante cosecha científica recogida por la *Descubierta* y la *Atrevida*. Aunque con dificultades, algunas de las colecciones de los naturalistas, particularmente el herbario de Née, fueron estudiadas en los años siguientes. Pero el hecho más positivo de ese gran esfuerzo expedicionario es que sus logros científicos constituyeron la base para la fundación, en 1797, de una de las grandes instituciones científicas creadas durante el reinado de Carlos IV: el Depósito Hidrográfico –antecedente del actual Museo Naval–, dirigido por grandes marinos científicos como José Espinosa Tello y Felipe Bauzá (Palma de Mallorca 1764-Londres 1834), compañeros de aventuras de Malaspina. En este gran centro de cálculo se centralizó y procesó todo el cúmulo de datos y observaciones recogidas por la expedición Malaspina y otras expediciones hidrográficas con el objetivo de confeccionar una cartografía precisa para la navegación. Su biblioteca especializada se empezó a formar en 1798 con una compra inicial realizada por José Mendoza y Ríos en Londres, ciudad en la que estaba comisionado desde 1789. El Depósito Hidrográfico desempeñaría un importante papel en la ciencia española del siglo XIX.

LA POLÍTICA DE PROMOCIÓN DE LAS CIENCIAS DE GODOY

La creación del Depósito Hidrográfico forma parte de la política de protección a la enseñanza de las ciencias útiles que llevó a cabo Godoy en el sexenio 1792-1798, una preocupación constante de los ilustrados españoles. Así se manifiesta, por ejemplo, en el informe que presentó Jovellanos al rey Carlos IV en 1789 sobre el beneficio del carbón de piedra y sobre la utilidad de su comercio. Como ha analizado con brillantez Luis Urteaga, este asunto generaría un cierto esfuerzo por sustituir el carbón de madera por el mineral, en el marco de un vivo debate conservacionista sobre los recursos naturales españoles. Según Gonzalo Anes, Jovellanos apuntaba en ese informe la conveniencia de fundar un consulado en Gijón, con una escuela a su cargo que se ocupase de "la enseñanza de las ciencias exactas y naturales bajo un sistema bien regulado". A "la luz de estas ciencias", pensaba Jovellanos, prosperarían y adelantarían todos los ramos que podían conducir al desarrollo: *"la aritmética y la geometría, para fijar ideas de verdad en el discurso y en las obras; la mecánica, para animar las artes y oficios; la navegación, para criar nuevos pi-*

Retrato de Carlos IV como príncipe de Asturias de Ginés Andrés de Aguirre, hacia 1779 - 1782. Museo de Bellas Artes de Bilbao.

lotos; la química, para mejorar los tintes y blanqueos; la mineralogía, para extraer los minerales; la metalurgia, para perfeccionar el conocimiento y uso de los metales".

Godoy, siguiendo la estela de las preocupaciones de Jovellanos, alentó el desarrollo de la enseñanza práctica y profesional, creando al poco tiempo de llegar al gobierno la primera Escuela de estudios de veterinaria. Para mejorar los planes de enseñanza, ordenó la revisión de las ordenanzas de los tres colegios de cirugía que existían en Madrid, Barcelona y Cádiz y construyó nuevos centros de esta naturaleza en Burgos y Santiago de Compostela. En 1795 fundó el Real Colegio de Medicina de Madrid y el Real Estudio de Medicina Práctico-Clínica. Además, sensible a las necesidades de su época, creó en 1797 el Cuerpo de Ingenieros Cosmógrafos, que adscribió al Real Observatorio, una de las instituciones científicas a las que siempre prestó apoyo.

En cuanto al aprendizaje de las técnicas, entre 1792 y 1798, potenció la creación de distintas escuelas de artes y oficios, de un taller de instrumentos astronómicos y físicos, de talleres de grabación y de una Real Escuela de relojería. Extendió la "instrucción popular" a los sordomudos, para quienes se creó una escuela gratuita en el barrio de Lavapiés de Madrid, donde se formaron los maestros que luego extenderían esa enseñanza especializada a otros lugares de la Monarquía.

Como medio para difundir los conocimientos útiles, promovió la publicación del *Semanario de Agricultura y Artes dirigido a los párrocos*, cuyo primer número apareció en 1797. Al parecer, esta empresa se enmarcaba en un proyecto de mayor envergadura, pues su equipo de redactores coincidía en buena parte con el que trabajaba en el Departamento de Fomento General del Reino, creado por Godoy

ese mismo año. En el *Semanario* desempeñó un papel importante con su docencia y sus traducciones Domingo García Fernández, formado en Montpellier y difusor de la nueva química, en especial de su aplicación a la química práctica. Como han destacado Elisabel Larriba y Gérard Dufour, recurrir a la prensa para fomentar la agricultura y la industria, asi como favorecer la creación y normalización de una única nomenclatura agraria –como declaraba en el prospecto publicitario–, era una estrategia divulgativa innovadora. Durante el primer año de su existencia el periódico superó la nada desdeñable cifra de 3.000 ejemplares, teniendo en cuenta que la tirada normal de una publicación periódica era de 500 ejemplares. Aún así no alcanzó el éxito esperado, porque su público natural pareció darle la espalda. El clero rural se desinteresó, las Sociedades Económicas de Amigos del País no se suscribieron en masa y los labradores encontraron sus contenidos demasiado especializados. La publicación sobrevivió, sin embargo, hasta 1808, debido probablemente a la protección de Godoy.

En todo caso, esta no fue la única innovación en el ámbito de la divulgación científico-técnica. El 1 de abril de 1792, bajo la protección de Carlos IV, muy aficionado a la mecánica, se abrió al público el Real Gabinete de Máquinas, una especie de museo de la tecnología. Instalado en el palacio del Buen Retiro los poco numerosos visitantes pudieron admirar los modelos, planos y memorias que un equipo de pensionados, liderado por el ingeniero e inventor canario Agustín de Betancourt, había recogido por diversas partes de Europa. Betancourt, que había estudiado en 1785 en la prestigiosa Ecole des Ponts et Chaussées de París la mecánica y la hidráulica y había sido nombrado director de la institución, redactó el mismo día de la inauguración un catálogo manuscrito en el que hacía una relación completa de los 270 modelos o maquetas –auténticas joyas del conjunto expositivo–, de los 359 planos y de las 99 memorias que se podían contemplar y estudiar. El objetivo principal de este "museo" era "recoger las principales cosas que tienen relación con la *hydráulica o con la construcción de canales y caminos*". Dos años después –en 1794– apareció publicado el *Catálogo del Real Gabinete de Máquinas*, un inventario más completo que el anterior realizado por Juan López de Peñalver, en aquel momento director "de facto" –que no de derecho, pues cobraba como un mero encargado– en sustitución de Betancourt, que estuvo comisionado en Londres entre 1793 y 1798.

López de Peñalver, además de matemático y especialista en hidráulica, había demostrado su competencia como físico al participar, junto al matemático y astrónomo valenciano José Chaix (Játiva, Valencia, 1766-Valencia, 1811), en las importantes operaciones geodésicas realizadas en Cataluña por los franceses Jean Baptiste Delambre y Pierre Méchain en 1792 para medir el arco de meridiano entre Dunquerque y Barcelona y unir la red española de triangulación con la francesa, con el fin de implantar un sistema universal de medidas –basado en la medida de la diezmillonésima parte del meridiano del cuadrante de un meridiano terrestre-, cuestión en la que puso gran empeño la Asamblea Legislativa de Francia y la Academia de Ciencias de París. Se iniciaba así una revolución metrológica en la que España se asociaba al primer gran intento de unificación de las medidas con vocación universal.

Pues bien, fue en López de Peñalver en quien Godoy confió para abrir las puertas de par en par del Gabinete de Máquinas, ya que, según afirmó en sus famosas *Memorias*, *"de los que no podían venir a visitar aquel museo de la industria, no me olvidé tampoco"*. En esta memoria recuerda la misión encomendada a López de Peñalver de catalogar y describir las máquinas de más utilidad y menos extendidas por el interior del reino, y añade: *"de las más importantes [máquinas] y estimadas más urgentes y aplicables*

en las necesidades y la marcha de nuestra industria, se daban descripciones sueltas, mientras se escribían y publicaban las demás en volúmenes seguidos por el orden de materias". En efecto, en 1798, la Imprenta Real comenzó a publicar una colección de láminas acompañadas de texto explicativo con el título general de *Descripción de las máquinas de más general utilidad que hay en el Real Gabinete de ellas, establecido en el Buen Retiro*. Si las explicaciones se debieron a la pluma de López de Peñalver, "socio de número de la Real Academia de Ciencias Naturales y Artes de Barcelona; socio de mérito de la Real Sociedad Económica de Madrid", las magníficas láminas se debieron a la maestría del mecánico mallorquín Bartolomé Sureda, artista polifacético dependiente del Real Gabinete de Máquinas y estrecho colaborador de Betancourt. En este trabajo usó el método de grabar de *aguada*, aprendido en Londres y que más tarde enseñaría a su amigo Goya, el cual a su vez le hizo un magnífico retrato. Por desgracia, sólo se publicaron –en 1798– cuatro de esas descripciones y láminas, en las que se explicaban, por ejemplo, el funcionamiento de una prensa hidráulica, de grúas para hacer puertos de mar o de una máquina para devanar madejas. Según Rumeu de Armas, el público no respondió a la oferta que se le hacía y por esta causa se suspendió la publicación. Pero a pesar de las limitaciones del mercado científico, en el Madrid de finales del siglo XVIII se respiraba un ambiente de optimismo. Godoy abandonaba la todopoderosa Secretaría de Estado tras impulsar las instituciones científicas y culturales heredadas, y fundar otras nuevas, alentar la creación literaria y la producción científica, facilitar el resurgimiento de la prensa y limitar la actividad de la Inquisición, como reconoció en la *Oda contra el fanatismo* uno de sus protegidos, el gran poeta Meléndez Valdés.

El proceso de centralización de la ciencia española –en el que desempeñó un enérgico papel el científico cortesano Casimiro Gómez Ortega, como director del Jardín Botánico y del Gabinete de Historia Natural– se acentuó, pues, en la última década del siglo XVIII debido a la concentración en la capital del imperio de buena parte de los recursos científicos y técnicos de la Monarquía. La creación de grandes instalaciones científicas, como el ya mencionado Depósito Hidrográfico y el Real Observatorio Astronómico, demuestran esta tendencia. En la construcción de este último se involucró el arquitecto Juan de Villanueva, que diseñó un edificio audaz y visionario –anticipo del neohelenismo del siglo XIX– donde se combinaban utilitarismo y geometría. También se edificaron unos laboratorios centrales de química para desarrollar ese saber en estrecha conexión con la metalurgia y la industria textil. Allí se agruparon los ya existentes en la capital de la Monarquía y los de creciente creación de Segovia, y en ellos jugó un papel relevante el químico francés Louis Proust.

Ahora bien, ese esfuerzo centralizador no logró mitigar el empuje científico periférico, como se comprueba en el dinamismo que caracterizó a la América española de la época y a los países de la antigua Corona de Aragón. Mientras la Universidad de Valencia prosiguió con su activa vida académica, en Barcelona la Junta de Comercio, que tras su fundación en 1758 había establecido varias escuelas especializadas de formación técnica, alentó la creación de diversas cátedras científicas, mostrando así el compromiso de los cultivadores de la ciencia con el desarrollo económico e industrial catalán. En 1804 se fundó una escuela de Química, cuyo impulsor, el farmacéutico Carbonell –discípulo de Proust y uno de los primeros defensores de las teorías de Lavoisier y Berthollet– contó con el decidido apoyo de la Junta de Comercio de Barcelona. Notables médicos y científicos, como Salvá y Campillo y Santpons, sometieron a la Junta algunas aplicaciones técnicas de sus conocimientos científicos. Todos ellos contribuyeron a vivificar la Academia de Ciencias y Artes de Barcelona, instituida por Carlos III en 1764.

Teniendo en cuenta el ambiente que se respiraba en esta coyuntura finisecular, se comprende que el sabio prusiano Alejandro de Humboldt, a su llegada a Madrid en compañía del botánico Bonpland a principios de 1799 –después de visitar Barcelona y Valencia– encontrara una actitud muy receptiva al programa de trabajo que proyectaba desarrollar en su periplo por América. El nuevo ministro de Estado, Mariano Luis de Urquijo, le abrió las puertas de todas las instituciones científicas madrileñas y le simplificó todos los trámites que requerían la preparación del viaje, concediéndole un pasaporte que le autorizaba a desplazarse por cualquier territorio y a investigar allá donde lo estimase conveniente. Humboldt se entrevistó antes de su partida con los más destacados miembros de la élite científica del momento, y en particular con quienes habían acumulado conocimientos respecto a la naturaleza, las culturas y la historia americana. De la interminable lista de personas con las que contactó, citaremos para no cansar al lector solo a algunos, como el vicedirector del Gabinete de Historia Natural, José Clavijo, editor de Buffon, el mineralogista alemán Cristiano Herrgen, que trabajaba en esa institución y fue el impulsor de una nueva escuela de Mineralogía; los botánicos Casimiro Ortega, Hipólito Ruiz, José Pavón, y con sus rivales, el presbítero Cavanilles –quien sustituiría poco después a Gómez Ortega en la dirección del Jardín Botánico– y el neogranadino Francisco Zea, discípulo de Mutis; los astrónomos José Chaix y José Espinosa Tello –este último había participado en la expedición Malaspina y era el director del Depósito Hidrográfico desde 1797– y el gran historiador Juan Bautista Muñoz, organizador del Archivo de Indias de Sevilla, principal "lugar de la memoria" de las relaciones culturales y científicas entre Europa y América a lo largo de la era moderna y promotor del americanismo científico.

Una parte sustancial de esa élite científica decidió aunar esfuerzos y editó a partir de octubre de 1799, es decir, sólo medio año después de la salida de Humboldt rumbo a las Américas, la importante revista *Anales de Historia Natural*, la primera gran publicación científica de la España ilustrada, de la que disponemos de una magnífica reedición debida a los desvelos de Joaquín Fernández. Los objetivos de esa iniciativa eran, entre otros, el de convertir a Madrid en el nudo de comunicaciones de una ciencia trasatlántica que uniera los esfuerzos científicos realizados en ambos hemisferios de la Monarquía. De ahí que la revista siguiese con sumo interés la peregrinación científica de Humboldt. El editor inicial de esos *Anales* era el mineralogista Herrgen, a quien acompañaban como redactores los químicos Louis Proust y Domingo García Fernández y el botánico Antonio José Cavanilles. Fue este, sin lugar a dudas, quien se reveló como el principal animador de la publicación, sobre todo desde su toma de posesión, en 1801, como director del Jardín Botánico. Entonces se encontraba en el ápice de su gloria y gozaba de un reconocido prestigio en Europa. Desde su regreso de París, donde residió entre 1777 y 1789 e intervino en lo que se conoce como primera fase de la polémica de la ciencia española, su ascensión fue imparable gracias a la fama que le proporcionó la edición de su monumental obra *Icones et descriptiones plantarum*, seis volúmenes de gran tamaño que publicó entre 1791 y 1801, donde describió en detalle 712 especies. El texto se ilustraba con 600 láminas que realizó con la inestimable colaboración –entre otros– de dos excelentes grabadores: los hermanos Tomás y Vicente López Enguídanos. Sin duda, la feliz combinación de imagen y palabra impresionó a sus coetáneos. En opinión de uno de ellos, la obra reunía *"el doble talento de hacer los objetos sensibles en sus descripciones y el de expresarlos con gracia y exactitud imitando a la naturaleza"*. Cavanilles ganó pronto el aprecio de la Corte al cumplir a la perfección el encargo recibido de Carlos IV en 1791 de recorrer toda España, con el fin de ampliar los conocimientos sobre las plantas que vivían en su territorio. Como resultado de esa comisión publicó en 1795 y 1797 las importantes *Observaciones sobre la historia natural, geografía, agricultura, población y frutos del Reyno de Valencia*. Tanto esta

obra como los *Icones* revelaron sus dotes de fino observador de la Naturaleza y su interés por lo que mas tarde se conocería como ecología vegetal y fitosociología. En ellas no se limitaba a la descripción detallada de los paisajes naturales y geológicos que contemplaba ni de los fósiles o plantas con los que se topaba, sino que también retrataba las condiciones del hábitat en el que éstas vivían, según han destacado Manuel Costa y Jaime Güemes. Las dotes científicas de Cavanilles y su capacidad de movimiento en los pasillos de la Corte le llevaron –como ya se ha dicho– a la dirección del prestigioso Jardín Botánico de Madrd en 1801. Aunque ocupó el cargo poco tiempo –pues falleció el 10 de mayo de 1804–, en ese intervalo convirtió a la institución en un potente centro de investigación y creó una escuela con los discípulos de sus clases de botánica, en la que sobresalieron Mariano Lagasca y Simón de Rojas Clemente. Todos ellos cumplieron los designios del sistema científico-técnico de la Ilustración y cultivaron una botánica en estrecho contacto con la agricultura y la medicina, en el marco del creciente interés por la ciencia aplicada. Hay que tener en cuenta al respecto que los representantes del despotismo ilustrado llegaron a la convicción de que la Monarquía hispánica tendría vitalidad si sus vasallos tenían salud y que la fecundidad de sus reinos era la de sus mujeres. De esa manera, tal y como han subrayado Antonio Lafuente y Nuria Valverde, el cuerpo, sin dejar de ser un objeto científico, se transformó en un objeto político, adquiriendo la Monarquía un cuerpo político codeterminado por la política del cuerpo.

EL FOMENTO DE LA SALUD PÚBLICA Y LA EXPEDICIÓN DE BALMIS

En este contexto se inserta el fomento de la sanidad pública durante la segunda década del reinado de Carlos IV, en el marco de la cual cabe destacar dos hechos: la introducción y difusión de las técnicas de inoculación para prevenir la viruela y la posterior defensa de la vacunación jenneriana, que se propagó con apoyo oficial a lo largo y ancho de la Monarquía hispana.

La viruela había causado estragos a lo largo del siglo XVIII por todas partes y fue motivo de preocupación, entre otros, del médico quiteño Eugenio Espejo (1747-1795), hijo de Luis Santa Cruz Espejo, un indio quechua de Cajamarca que llegó a ser profesor de medicina y cirugía en Quito. En 1785 redactó unas importantes "Reflexiones acerca de las viruelas", en las que hizo una serie de observaciones sobre los mecanismos transmisores de esa enfermedad, que le han valido el ser considerado un pionero de la bacteriología en las Américas, y donde constató que en tierras sudamericanas las epidemias se aceleraban a medida que se incrementaba el comercio con Europa: *"sean los que fuesen los corpúsculos tenues, pero pestilentes de la viruela, nuestra experiencia nos está diciendo que éstos nos vinieron siempre de España y de otras regiones de Europa. En los tiempos anteriores en que el ramo de comercio activo, que hacía ésta con la América, especialmente a sus orillas del Sur, no era tan frecuente del mismo modo, era más rara la epidemia de viruelas: conforme la negociación europea se fue aumentando y haciéndose más común, también las viruelas se hicieron más familiares".*

Aunque la inoculación –con sus logros y peligros– era conocida desde décadas atrás ,fue el hallazgo efectuado en 1796 por el médico inglés Edward Jenner, al observar cómo el fluido de las pústulas vacunas podía evitar el contagio humano, hecho decisivo que permitió dar un salto cualitativo en la prevención de la viruela. Los acontecimientos se precipitaron por la esperanza depositada en los beneficios

terapéuticos de la vacunación por parte de los médicos españoles, cuyo hipocratismo les permitía confiar en las posibilidades que ofrecía la propia naturaleza para la curación de las enfermedades que de ella procedían. La vacunación se apoyaba en la defensa que se hacía en algunos escritos hipocráticos de la curación por los semejantes, es decir el *similia similibus curantur*.

La invención de Jenner, la vacuna, se introdujo, en efecto, pronto en España con éxito. Y así las primeras vacunaciones jennerianas se efectuaron en diciembre de 1800 en Cataluña, donde Francisco Salvá y Campillo (1751-1828) apostó por ellas con decisión desde su cátedra de Barcelona. De esta manera, en mayo de 1801, el número de vacunados en Cataluña superaba los tres mil, y la cifra se elevó a los once mil a los once meses de campaña. No obstante, la vacuna, como antes la práctica de la inoculación tuvo sus detractores. Pero los médicos ilustrados la apoyaron con fuerza, declarándose, por ejemplo, partidarios de ese método las Academias médicas de Madrid y Barcelona. A su vez Vicente Martínez escribió un *Tratado histórico-práctico de la vacuna* (1802) y el médico alicantino Francisco Javier Balmis (1753-1819) tradujo al castellano la obra que más había contribuido a la divulgación de ese beneficioso hallazgo: el *Traité historique et pratique de la vaccine*, que había publicado en París en 1801 Jacques-Louis Moreau de la Sarthe. Como resultado de esos apoyos una Real Cédula, dada en Aranjuez el 21 de abril de 1805, impuso la conservación del 'fluido vacuno' en todos los hospitales de las capitales y una sala para vacunar, a cargo de los cirujanos ayudados de sus practicantes, gratis a los pobres, *"y comunicarlo a quantos concurran a disfrutar de este beneficio"*. Se hacía hincapié en que los profesionales y hospitales extremasen la higiene y el cuidado en la conservación del fluido (en metales, vidrios, telas.). Se obligaba, asimismo a los médicos a vigilar y controlar la vacunación y su marcha mediante un libro de asientos y diario de la evolución de los vacunados, informándose de todo ello al capitán general de la provincia.

Pero el episodio más importante del apoyo oficial que alcanzó la vacuna durante el gobierno de Carlos IV fue la "Real Expedición Marítima de la Vacuna", que se organizó a mediados de 1803 para llevar a cabo una masiva campaña de vacunación en las posesiones españolas de Ultramar, cuando se tuvo noticia de una epidemia de viruela que se había desatado en Lima y Bogotá en 1802. Su organización fue encomendada a Balmis por su experiencia como vacunador y su conocimiento del continente americano, pues durante once años –desde 1781 hasta principios de 1792– había sido cirujano militar en diversos hospitales y guarniciones de las Antillas y México, donde fue atento observador, como ha destacado López Piñero, de los remedios usados por los indios para combatir enfermedades venéreas, basados en raíces de especies locales de agave y de begonia.

Aprobada la expedición, fue nombrado director el propio Balmis y vicedirector el catalán José Salvany y Lleopart, también cirujano militar. La partida de los expedicionarios se produjo en el puerto de La Coruña el 3 de noviembre de 1803 con veintidós niños que habían padecido la viruela, procedentes de la Casa de Expósitos de esa ciudad gallega, para hacer posible la conservación de la vacuna, pues ellos transportaban el fluido de las pústulas vacunas, siendo los agentes de su transmisión de brazo a brazo. La expedición hizo escalas en Canarias y Puerto Rico, dividiéndose en Caracas en dos grupos: el dirigido por Salvany pasó a Cartagena de Indias y al Perú, atravesando la Audiencia de Quito a lo largo de 1805, donde vacunó a decenas de personas en Quito, Riobamba, Ambato, Cuenca y Loja, entre otros lugares, y a casi doscientas mil personas –en concreto a 197.004 personas– en el conjunto del virreinato, según cálculo del propio Salvany; el grupo de Balmis, por su parte, estuvo en Cuba y México y luego en Filipinas

y Macao. En agosto de 1806 finalizó esa particular vuelta al mundo al llegar a Lisboa parte de los expedicionarios, pues otros fallecieron en tierras americanas, como le sucedió a Salvany, quien murió en el territorio de la actual Bolivia. A pesar de los obstáculos con los que tuvieron que enfrentarse esos expedicionarios, los resultados de su misión fueron importantes, convirtiéndose de hecho en el primer ejemplo de campaña de vacunación masiva en la historia. Ese logro se debió, en parte, a la actitud metódica de sus responsables y a la activa colaboración de diversas Juntas Centrales de Vacunación que se fueron organizando a medida que se iba acercando el grupo expedicionario, llegando a convertirse en los núcleos fundamentales de coordinación de las vacunaciones.

Ahora bien antes de llegar la Real Expedición de la Vacuna a tierras americanas ya se conocía no sólo ese procedimiento preventivo en el virreinato del Perú gracias a la iniciativa individual de ciudadanos europeos perspicaces, sino que también los mismos campesinos andinos habían efectuado importantes observaciones sobre el origen de la enfermedad y su desarrollo, y la capacidad profiláctica de la vacuna. Así lo hizo constar Alejandro de Humboldt, cuyo testimonio merece ser citado en extenso: "*Convendrá notar aquí un hecho importante para los que siguen la historia de la vacuna. Hasta el mes de noviembre de 1802 era desconocida en Lima, y en esta época reinaban las viruelas en las costas del mar del Sur. El navío mercante "Santo Domingo de la Calzada" arribó a Lima en su travesía de España a Manila; un particular de Cádiz había tenido la buena idea de enviar en este buque la vacuna a Filipinas; aprovecháronse pues en esta ocasión en Lima, y el señor Unanue, profesor de anatomía y autor de un excelente tratado fisiológico sobre el clima del Perú* [se refiere al trabajo "Observaciones sobre el clima de Lima, y sus influencias en los seres organizados, en especial el hombre"], *vacunó muchos individuos con el virus que llevaba el navío. No se vio nacer ninguna pústula; y parecía que el virus se había alterado o debilitado; sin embargo, habiendo observado Unanue que todas las personas así vacunadas habían tenido unas viruelas sumamente benignas, se sirvió del pus de estas viruelas para hacer por medio de la inoculación ordinaria menos funesta la epidemia, y así encontró por este camino indirecto los efectos de una vacuna que se había tenido por perdida*. Y añade, a renglón seguido: *Durante esta misma epidemia del año de 1802, una casualidad hizo descubrir que mucho tiempo antes se conocía el efecto benéfico de la vacuna entre las gentes del campo de los Andes peruanos. En casa del marqués de Valleumbroso se había inoculado a un negro esclavo sin que experimentase ningún síntoma de la enfermedad. Se iba a repetir la inoculación, cuando el negro declaró que estaba bien seguro de no tener jamás las viruelas, porque ordeñando las vacas en la cordillera de los Andes había tenido una especie de erupción cutánea, causada, según decían los pastores indios ancianos, por el contacto de ciertos tubérculos que se hallan algunas veces en las ubres de las vacas. Los que han tenido esta erupción, decía el negro, no padecen jamás las viruelas. Los africanos, y principalmente los indios, tienen grande sagacidad para observar el carácter, costumbres y enfermedades de los animales con quienes viven habitualmente; no es extraño, por consiguiente, que desde la introducción del ganado vacuno en América, la gente común haya observado que los granos que se hallan en la ubre de las vacas, comunican a los pastores una especie de viruelas benignas, y que los que las han tenido se libran del contagio general cuando llegan las grandes epidemias*. (Humboldt, [1808]. (1991): 45-46).

Cabe señalar finalmente que en el marco de un significativo movimiento de popularización de los saberes médicos, esa campaña científica fue seguida con gran expectación. Así, los poetas de gusto neoclásico saludaron alborozados a quienes consideraron benefactores de la humanidad. Si en la España europea Quintana compuso su himno "A la expedición española para propagar la vacuna en América

bajo la dirección de don Francisco Balmis", en la España americana el caraqueño Andrés Bello declamó en 1804 ante los integrantes de la expedición su "Oda a la vacuna". Para unos y otros se estaba cumpliendo satisfactoriamente el ideario ilustrado de aunar humanitarismo o filantropía y pragmatismo.

Esa compleja operación científica y sanitaria se inscribía en una serie de importantes avances de los conocimientos médicos –sobre todo en el campo de la anatomía y de la fisiología– y de los estudios sobre el hombre enfermo realizados durante el reinado de Carlos IV, como se puede comprobar en una serie de publicaciones de fines del siglo XVIII y principios del siglo XIX. Entre ellas cabe mencionar la *Disertación químico-fisiológica sobre la respiración y la sangre* (1790) de Ignacio Ruiz de Luzuriaga, quien, gracias a sus estudios en el Reino Unido, formuló brillantemente el papel que desempeñaban los gases en la respiración; el *Nuevo método de operar la hernia cural* (1793) de Antonio de Gimbernat (Cambrils, Tarragona, 1734 - Madrid, 1816), uno de los más importantes cirujanos y anatomistas españoles del siglo XVIII, donde presentó una renombrada técnica de favorable acogida en el extranjero, basada en la investigación anatómica de esa región; y el *Curso completo de anatomía del cuerpo humano* (1796-1800) de Jaime Bonells y Pedro Lacaba, en el que se plasmaba la fecunda labor realizada por los colegios de cirugía a favor de esta disciplina.

TIEMPOS DE CRISIS

Ahora bien, mientras Balmis y sus compañeros de expedición se encontraban en Ultramar, en las aguas de Cádiz se producía la derrota de Trafalgar en 1805. Ese acontecimiento no sólo significaría el derrumbe de la marina, el decisivo instrumento que articulaba las piezas del imperio, sino también el aldabonazo de que se avecinaba el fin de un sistema incapaz de introducir las modificaciones necesarias para su pervivencia. Las dificultades se acrecentaron y el sistema científico-tecnológico comenzó a resentirse y debilitarse. Diversos hechos confirman esa delicada situación, de la que fueron conscientes algunos de los protagonistas de ese proceso. Así, cuando falleció Cavanilles en 1804, los magníficos *Anales de Historia Natural*, que habían apostado por el cultivo de la excelencia científica, murieron también con él. Poco después abandonaba Madrid Louis Proust, el químico francés que tan honda huella había dejado en España al formular la ley de las propociones definidas. Un prometedor estudiante, el menorquín José Mateo Buenaventura Orfila, que venía a trabajar con él desde Barcelona becado por la Junta de Comercio, decidió en 1806 seguir al maestro a Francia, convirtiéndose en un cerebro que se fuga. Al año siguiente será el gran tecnólogo del reinado de Carlos IV, Agustín de Betancourt, quien pida licencia para irse a París, de donde ya no retornará, pues de allí partió al exilio a Rusia en 1808. Si tenemos en cuenta sus aportes en los años inmediatamente anteriores, podremos hacernos una idea de lo que significó su ausencia. Cuando en 1799 el ministro de Estado, Mariano Luis de Urquijo, creó la Inspección General de Caminos y el Cuerpo de Ingenieros de igual titulación, Betancourt fue elegido comisario del Cuerpo. En el ejercicio de ese cargo promovió –entre 1799 y 1800– la instalación entre Madrid y Cádiz de un telégrafo óptico que él había inventado. Para ello se construyeron 70 torretas a intervalos de unos 10 a 12 kilómetros, que debían acoger los aparatos transmisores. Poco después –en 1802– convenció a otro ministro de Estado –a la sazón Pedro Cevallos– para que se crease la Escuela de Ingenieros de Caminos y Canales. La flamante institución absorbió el Gabinete de Máquinas, usado a partir de entonces por los alumnos como laboratorio y centro de experimentación para sus prácticas.

No obstante, a principios de 1808 los coetáneos aún no eran conscientes de los negros nubarrones que se cernían sobre el horizonte y preferían hacer un balance optimista de los logros científicos y técnicos del reinado de Carlos IV. Así, Alejandro de Humboldt en la dedicatoria de su magnífico *Ensayo político sobre el reino de la Nueva España* escrita en París el 8 de marzo de 1808, afirmaba que "*ninguno de los monarcas que han ocupado el trono castellano ha difundido más liberalmente que Vuestrra Majestad los conocimientos precisos sobre el estado de esta bella porción del globo que obedece en ambos hemisferios a las leyes españolas*". Días después se producía el motín de Aranjuez que marcaba el principio del fin del reinado de Carlos IV. Una parte de su obra científica y técnica se desmoronó cual castillo de naipes. A ello contribuyó, sin duda, la invasión francesa, pues tras la ocupación de Madrid por las tropas napoleónicas, se clausuró la Escuela de Caminos y su institución auxiliar, el Real Gabinete de Máquinas, ubicados en el Jardín del Buen Retiro. Cerca de allí se alzaba el Observatorio Astronómico, que aspiraba a ser una de las joyas del complejo científico-técnico impulsado por Carlos IV. Las tropas francesas se instalaron en él, sustituyeron el anteojo del telescopio por un cañón de artillería, y al abandonarlo la instalación científica era una ruina. No lejos de allí, un magnífico telescopio Herschell, que había llegado en 1802, sería pasto de las llamas.

Eran estos signos inequívocos del desmantelamiento de un sistema científico-técnico que tardaría en recuperarse hasta tal punto, por ejemplo, que la producción de los médicos de la España metropolitana no volvió a recuperar el ritmo de productividad que había alcanzado a fines del siglo XVIII hasta mediados del siglo XIX. Pero en medio de esa crisis médicos y científicos de lo que en aquel entonces todavía era la España americana adquirieron confianza en sus propias fuerzas, pugnando por consolidar la naturaleza de "reinos" y evitar la consideración de colonias, de sus respectivos territorios. Así sucedió con el médico y botánico Mutis y sus discípulos neogranadinos, entre los que destacó el patriota Francisco José de Caldas, comprometido con la causa independentista y que sería fusilado por el general Morillo, o con el peruano Hipólito Unanue y todo el círculo de médicos y cirujanos que ayudó a formar en las instituciones limeñas promovidas por él a fines de la colonia, como fueron el Real Anfiteatro Anatómico de San Andrés, creado en 1792, y el Real Colegio de Medicina y Cirugía de San Fernando, fundado en 1808. Y de hecho muchos médicos y cirujanos fernandinos, como ya apuntó hace tiempo Juan B. Lastres, desempeñaron un notable papel en el nuevo período de política de masas, desencadenado por la Constitución de 1812 promulgada por las Cortes de Cádiz, la cual aspiró a ser un parlamento de la Monarquía hispánica.

Pocos años después se debilitarían los vínculos atlánticos que habían favorecido una interrelación entre los pueblos hispánicos de Europa y América durante tres siglos, pero algunos logros de la ciencia y de la medicina ilustrada pervivirían en ambos hemisferios. Así la Junta conservadora del fluido vacuno, establecida por Salvany a su paso por Lima en 1806, en el marco de la Real Expedición Filantrópica de la Vacuna, mantuvo sus sesiones hasta 1820. Poco después, vista la eficacia de sus medidas preventivas, el general San Martín, inspirado por Unanue, ordenó por un decreto de 6 de febrero de 1822 la vacunación obligatoria, medida preventiva que salvó la vida de muchos soldados del ejército libertador bolivariano.

BIBLIOGRAFÍA

ANES. Gonzalo (1975), *El Antiguo Régimen: los Borbones*, Madrid, Alianza Editorial (Historia de España Alfaguara, vol. VI).

BALAGUER, Emili (1996), *Balmis o l'esperit de la Il-lustració en la medicina espanyola*, Valencia, Generalitat Valenciana.

COSTA, Manuel y GÜEMES, Jaime, coords., *El Botánic Antonio Joseph Cavanilles 1745-1804*, Valencia, Universitat de València (Catálogo de exposición).

DE LA SOTA, José (1994), *Tras las huellas de Malaspina*, Madrid, Lunwerg.

FERNÁNDEZ, Joaquín, ed. (1993) *Anales de historia natural*. Estudio preliminar y edición de Joaquín Fernández Pérez (ed. Facsímil), Madrid, Comisión Interministerial de Ciencia y Tecnología, 3 vols.

GALERA, Andrés (1988), *La Ilustración española y el conocimiento del Nuevo Mundo. Las ciencias naturales en la Expedición Malaspina (1789-1794): la labor científica de Antonio de Pineda*, Madrid, CSIC.

GARCÍA CAMARERO, Ernesto y Enrique, eds., (1979) *La polémica de la ciencia española*, Madrid, Alianza editorial.

GODOY, Manuel de (1965), *Memorias*, edición y estudio preliminar de Carlos Seco Serrano, Madrid, Atlas, 2 v. (Biblioteca de autores españoles: 88, 89).

GONZÁLEZ BUENO, Antonio (2002 a), *Gómez Ortega, Zea, Cavanilles. Tres botánicos de la Ilustración: la ciencia al servicio del poder*, Madrid, Nivola.

(2002 b), *Antonio José Cavanilles (1745-1804). La pasión por la ciencia*, Aranjuez, Doce Calles.

HUMBOLDT, Alejandro de [1808]. (1991), *Ensayo político sobre el reino de la Nueva España*, México, Editorial Porrúa, 1991, (5ª ed.).

LAFUENTE, Antonio (1998), *Guía del Madrid científico: ciencia y corte*, Madrid, Doce Calles, Comunidad de Madrid, CSIC.

LAFUENTE, Antonio y LÓPEZ-OCÓN, Leoncio (1996), "Tradiciones científicas y expediciones ilustradas en la América hispana del siglo XVIII", en Juan José Saldaña, coord., *Historia social de las ciencias en América latina*, México, UNAM/Porrúa editor, págs. 247-281.

LAFUENTE, Antonio y VALVERDE, Nuria (2003), *Los mundos de la ciencia en la Ilustración española*, Madrid, Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología.

LARRIBA, Elisabel y DUFOUR, Gérard (1997), *El Semanario de Agricultura y Artes dirigido a los párrocos (1797-1808)*, Valladolid, Ámbito.

LASTRES, Juan B. (1954), *La cultura peruana y la obra de los médicos en la emancipación*, Lima, Editorial de San Marcos.

LA PARRA, Emilio (2002), *Manuel Godoy: la aventura del poder,* Barcelona, Tusquets.

LÓPEZ PIÑERO, José María, Thomas F. GLICK, Víctor NAVARRO, y Eugenio PORTELA, eds., (1983), *Diccionario histórico de la ciencia moderna en España*, Barcelona, Península, 2 vols.

LÓPEZ-OCON, Leoncio (2003), *Breve historia de la ciencia española*, Madrid, Alianza editorial.

LÓPEZ DE PEÑALVER, Juan (1991), *Descripción de las máquinas del Real Gabinete ;* edición de Joaquín Fernández Pérez e Ignacio González Tascón, Madrid, Comisión Interministerial de Ciencia y Tecnología/Ed. Doce Calles.

(1992) *Escritos de Juan López de Peñalver*, edición y estudio preliminar de Ernest Lluch, Madrid, Instituto de Cooperación Iberoamericana.

LUCENA GIRALDO, Manuel (2005), *Historia de un cosmopolita: José María de Lanz y la fundación de la ingeniería de caminos en España y América*, Madrid, Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos.

NIETO-GALÁN, Agustí (2001), *La seducción de la máquina: Santponç, Monturiol, Isaac Peral*, Madrid, Nivola.

PESET, José Luis (1987*)*, *Ciencia y libertad. El papel del científico ante la independencia americana*, Madrid, CSIC.

PESET, José Luis, dir (2002), *Historia de la ciencia y la técnica en la Corona de Castilla, siglo XVIII*, Salamanca, Junta de Castilla y León-Caja Duero, vol. IV.

PIMENTEL, Juan (1998), *La física de la Monarquía. Ciencia y política en el pensamiento colonial de Alejandro Malaspina (1754-1810)*, Madrid, Doce Calles/CSIC.

(2001) *Viajeros científicos: Jorge Juan, Mutis, Malaspina. Tres grandes expediciones al Nuevo Mundo*, Madrid, Nivola.

PUERTO SARMIENTO, Francisco Javier (1988) *La ilusión quebrada: botánica, sanidad y política científica en la España ilustrada*, Barcelona, Serbal-Madrid,CSIC. (1992) *Ciencia de cámara: Casimiro Gómez Ortega (1741-1818), el científico cortesano*, Madrid, CSIC, 1992.

PUIG-SAMPER, Miguel Ángel y REBOK, Sandra (2007), *Sentir y medir: Alexander von Humboldt en España*, Aranjuez, Doce Calles.

RAMÍREZ MARTÍN, Susana (2002), *La salud del Imperio: la Real Expedición Filantrópica de la Vacuna*, Madrid, Fundación Jorge Juan.

RUMEU DE ARMAS, Antonio. (1980) *Ciencia y tecnología en la España ilustrada: la escuela de caminos y canales*, Madrid, Turner, (1990) *El Real Gabinete de Máquinas del Buen Retiro: Origen, fundación y vicisitudes. Una empresa técnica de Agustín de Betancourt*, Madrid, Castalia-Patrimonio Nacional-Juanelo Turriano (estudios sobre las máquinas e índice por Jacques Poyen).

SANTA CRUZ Y ESPEJO, Francisco Javier Eugenio (1785) "Reflexiones sobre la virtud, importancia y conveniencias que propone don Francisco Gil, cirujano del real monasterio de San Lorenzo y su sitio, e individuo de la Real Academia Médica de Madrid, en su disertación físico-médica, acerca de un método seguro para preservar a los pueblos de las viruelas". Publicadas en el vol. II, págs. 343-398 de *Escritos del doctor Francisco Javier Eugenio Santa Cruz y Espejo*, Quito, Imprenta Municipal, 1912-1913, 3 vols.

SECO SERRANO, Carlos (1978), *Godoy, el hombre y el político*, Madrid, Espasa-Calpe.

TEN, Antonio (1996), *Medir el metro: la historia de la prolongación del arco de meridiano Dunkerque-Barcelona, base del sistema métrico decimal*, Valencia, Instituto de Estudios Documentales e Históricos sobre la Ciencia.

TUDA, Isabel, ed. (200), *Bartolomé Sureda (1769-1851): arte e industria en la Ilustración tardía* (catálogo de la exposición celebrada en el Museo Municipal de Madrid. Abril-junio 2000), Madrid, Museo Municipal.

URTEAGA, Luis (1987), *La tierra esquilmada: las ideas sobre la conservación de la naturaleza en la cultura española del siglo XVIII*, Barcelona, Ediciones del Serbal.

VALVERDE, Nuria (2007), *Actos de precisión: instrumentos científicos, opinión pública y economía moral en la Ilustración española*, Madrid, Consejo Superior de Investigaciones Científicas.