

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD
CATÓLICA DEL PERÚ**

FACULTAD DE LETRAS Y CIENCIAS HUMANAS



“Entre la apropiación y el rechazo: Isaac Newton y la Ciencia Nueva en el Perú,
1767-1795”

Tesis para obtener el título profesional de Licenciado en Historia que presenta:

Daniel Laurie Valencia

Asesor:

Carlos Martín Gálvez Peña

Lima, 2024


Informe de Similitud

Yo, Carlos Martín Gálvez Peña, docente de la Facultad de Letras y Ciencias Humanas de la Pontificia Universidad Católica del Perú, asesor(a) de la tesis/el trabajo de investigación titulado “Entre la apropiación y el rechazo: Isaac Newton y la Ciencia Nueva en el Perú, 1767-1795”, del autor Daniel Laurie Valencia.

dejo constancia de lo siguiente:

- El mencionado documento tiene un índice de puntuación de similitud de 23%. Así lo consigna el reporte de similitud emitido por el software *Turnitin* el 20/05/2024.
- He revisado con detalle dicho reporte y la Tesis o Trabajo de Suficiencia Profesional, y no se advierte indicios de plagio.
- Las citas a otros autores y sus respectivas referencias cumplen con las pautas académicas.

Lugar y fecha: Lima, 10 de julio del 2024.

Apellidos y nombres del asesor: <u>Gálvez Peña, Carlos Martín</u>	
DNI: 07767189	
ORCID: 0000-0003-2755-2545	



A Felipe y Papo,

*quienes me hicieron ver que aquello que nos hace grandes,
es darse cuenta de lo pequeños que somos.*

Agradecimientos

La elaboración de una tesis de historia significa para muchos historiadores nuestro primer aporte al mundo historiográfico. Aún somos advenedizos en la escritura histórica. Por tanto, el derrotero final que denominamos “pregrado en Historia” se concreta gracias a los consejos, la motivación y las correcciones de nuestros mentores, profesores y amigos a lo largo de esta etapa. Esta tesis no se hubiera podido finalizar sin la ayuda de numerosas personas que marcaron mi formación como historiador y que coadyuvaron en la mejora de mis borradores.

En primer lugar, me gustaría agradecer a aquellos profesores que, directa o indirectamente, fueron esenciales para la consolidación de mi tesis: a Scarlett O’Phelan, porque allá en el 2020-1 me motivó a indagar en la historia de la ciencia peruana del siglo XVIII; a Margarita Suárez, porque me enseñó a cómo aproximarme metodológicamente en la historia de la ciencia en territorios periféricos y en recurrir directamente a las fuentes originarias. A Marco Curatola, por haber sido un maestro que me inspiró durante la pandemia y que, pese a su desasosiego por no especializarme en etnohistoria (otro de mis intereses historiográficos), siempre me apoyó en mi camino hacia Newton con palabras motivadoras. También le guardo bastante gratitud a Rosemary Rizo-Patrón, pues gracias al curso de Filosofía de la Ciencia, adquirí la perspectiva filosófica que una investigación de historia de la ciencia y de las ideas no debería prescindir. A Miguel Costa, por hacerme recordar reiteradamente que la tesis, para alguien que se desempeña como profesor escolar, se redacta en vacaciones o no se redacta nunca. Por último, a mi asesor Carlos Gálvez, no sólo por sus comentarios, observaciones y críticas durante el proceso de elaboración de mi investigación, sino también por suscitar mi fascinación por el surgimiento de la ciencia moderna en una semana de clase de junio del 2020.

También debo agradecer profundamente a mis compañeros y amigos, quienes con sugerencias y preguntas, me hicieron ver mi tesis desde diferentes ángulos. De todos ellos, destaco a Valeria, Mauricio y Adrián; a mis amigos “virreinalistas” de Chincha, Enmanuel,

Franko, Camila y Giovanni. Un especial agradecimiento va para José Ignacio, con quien comparto el gusto por la historia de la ciencia, quien fue mi compañero y colega en “Jornadas Historiográficas” y a quien considero, además de todo ello, un modelo a seguir en mi trayecto como historiador. Por último, un agradecimiento a mis amigos de Estudios Generales Letras, del colegio, de mi equipo de Blues Rugby y de la vida quienes, con poca pericia en el oficio histórico, me preguntaban, quizás por curiosidad, quizás en broma, sobre el tema de mi tesis, lo que me forzaba no solo a decirles “es muy complejo”, sino a obligarme a no seguir pateándola por más tiempo para que no vuelvan a preguntarme lo mismo.

No puedo olvidarme de mi familia: a mi hermano Gastón, quien me obligaba a concentrarme a niveles casi de meditación cuando prendía su computadora para divertirse con sus amigos, a mi señor padre, no sólo por hacer este camino económicamente factible, sino también por insistirme en que las cosa que haga, las haga bien. A mi querida madre, por recordarme constantemente que la tesis no se escribe sola y por gritarme reiteradamente que la cena se enfría justo en mi momento de mayor lucidez e inspiración. Con tristeza, debo agradecer a Papo (1942-2023), quien lamentablemente no pudo quedarse hasta el final del trayecto, pero confiaba siempre en mis aptitudes. También a Felipe (2006-2023) que me acompañaba en las noches de redacción y se cercioraba, con feroz mirada canina, que sus hermanos gatunos, Whisky, Slania y Kenzo, estuvieran presentes más para acompañar, que para distraerme con sus caritas dulces o maullidos de mininos hambrientos.

Por último, agradezco a todos ellos, tanto a mi entorno familiar como amical, por enseñarme hábitos de constancia y disciplina, que sin ellos hubiera sido mucho más complicada la finalización de esta tesis. Estoy seguro que sin esas virtudes hubiera tirado la toalla hace años.

Resumen

La presente investigación analiza el impacto intelectual que suscitó la penetración de la física de Isaac Newton en el último tercio del siglo XVIII en el Virreinato del Perú. Partiendo de la premisa histórica de que las leyes físicas de Newton, en particular la teoría de la gravitación universal, constituyeron la consolidación de una nueva forma de entender el quehacer científico en el continente europeo, esta tesis estudia la forma en cómo los hombres de letras, intelectuales y científicos afincados en el Perú reaccionaron frente a la introducción de este nuevo paradigma científico. A partir de la lectura de la fuentes, en este trabajo se sostiene que la nueva física newtoniana dividió a la comunidad científica en tres bandos: un sector conservador que rechazó a Newton e impuso obstáculos frente a su apropiación; un segundo grupo que asimiló a Newton buscando extender y difundir sus enseñanzas; y un tercer bando que se posicionó eclécticamente, conciliando lo mejor de la filosofía antigua con lo novedoso y útil de la moderna. Por último, se sostiene que los debates newtonianos no pasaron desapercibidos entre los letrados. Por el contrario, encendió pasiones entre los protagonistas y el despliegue de un lenguaje retórico destinado a hacer prevalecer algunas de las posiciones adoptadas. El resultado final, tanto el éxito o el fracaso de introducir la física newtoniana, dependió del área de aplicación o del espacio de discusión.

Abstract

This research examines the progressive exposure of the Peruvian intellectual elite to Newton's ideas on Physics in the last third of the 18th century in the Viceroyalty of Peru. Based on the historical premise that Newton's physical laws, particularly the theory of universal gravitation, consolidated a new way of understanding scientific endeavors within the European continent, this thesis studies how men of letters, intellectuals, and scientists in Peru reacted to the introduction of this new scientific paradigm. Drawing from primary sources, it's argued that Newton's new physics divided the scientific community into three

factions: a conservative sector that rejected Newton and imposed obstacles to its appropriation; a second group that assimilated Newton and sought to extend and disseminate his teachings; and a third faction that positioned itself eclectically, reconciling the best of ancient philosophy of science with the novel and useful aspects of the modern. Finally, it is argued that Newtonian debates did not go unnoticed among the men of letters. On the contrary, it ignited passions among the protagonists and the deployment of a rhetorical language aimed at prevailing in some of the adopted positions. Both the success or failure of introducing Newtonian physics, depended on the application area or the discussion locus.



ÍNDICE

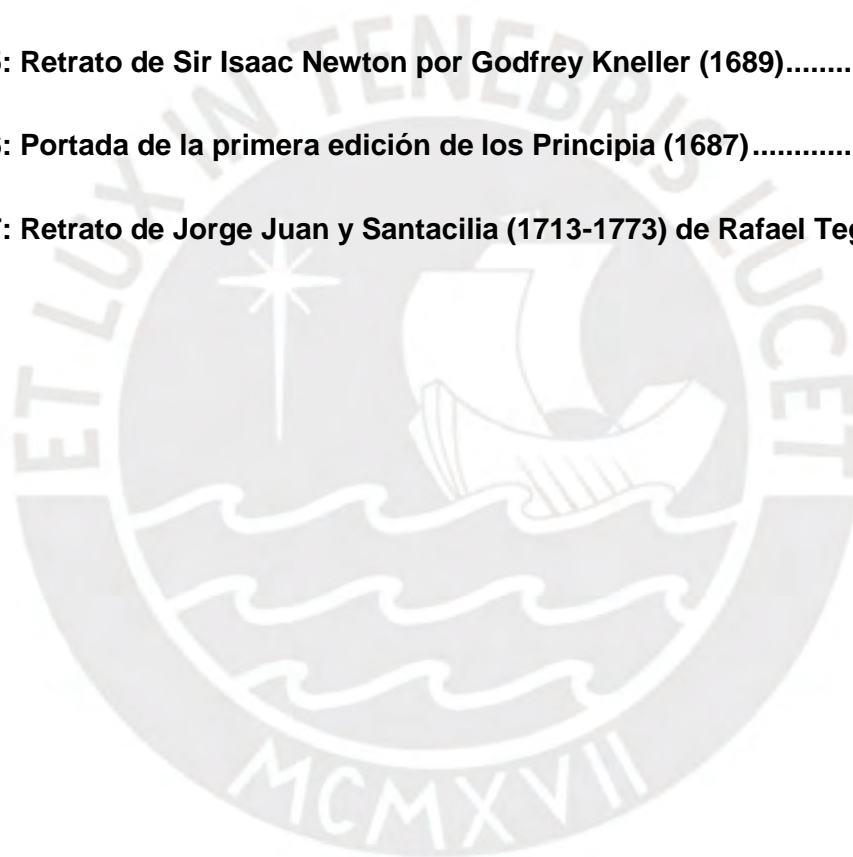
Introducción	11
Capítulo I: El tránsito de la “pre-ciencia” a la ciencia moderna: de la Antigüedad al siglo XVII	20
Hacia una historiografía de los paradigmas cosmológicos	20
La astronomía antes de Newton	25
<i>Aristóteles</i>	26
<i>Ptolomeo</i>	30
<i>Nicolás Copérnico</i>	33
<i>Tycho Brahe</i>	37
Hacia el cambio de paradigma en el siglo XVII: científicos modernos antes de Newton.....	39
<i>Johannes Kepler</i>	40
<i>Galileo Galilei</i>	45
<i>René Descartes</i>	50
<i>Bacon, Boyle y Huygens</i>	52
Capítulo II: Isaac Newton en el contexto de la Revolución Científica del siglo XVII	56
Una nueva filosofía natural: definición y características de la ciencia moderna	57
<i>El auge de las matemáticas</i>	59
<i>Nuevos métodos científicos: inducción y experimentalismo</i>	61
<i>La institucionalización de la filosofía natural</i>	67
Isaac Newton y los <i>Principios matemáticos de la filosofía natural</i> : la gravitación universal	72
<i>Filosofía, inventos y descubrimientos</i>	75
<i>Los Principia</i>	78
<i>Ciencia y fe</i>	86
<i>El legado de Newton</i>	89
Problematizando el concepto de “Revolución Científica”	92
<i>Cambios historiográficos</i>	93
<i>España y la Revolución Científica</i>	94
Capítulo III: La ciencia moderna en España e Hispanoamérica	100
La ciencia española en el siglo XVIII	100
<i>El XVII ¿siglo de decadencia de la ciencia española?</i>	101
Los Borbones y la renovación científica desde el Estado	111
<i>Las expediciones científicas</i>	114
<i>La institucionalización de la ciencia española</i>	116
<i>Las reformas de las universidades: los planes de estudios</i>	120
<i>Salamanca, Valladolid y Alcalá de Henares</i>	127

<i>Los benedictinos, Piquer y Jorge Juan</i>	131
Newton en Hispanoamérica: México y Nueva Granada.....	136
Capítulo IV: Newton en el Virreinato del Perú: 1767-1795	144
Estado de la ciencia peruana hasta la expulsión de la Compañía de Jesús en 1767	146
La Ilustración llega al Perú.....	154
Regalismo borbónico de Carlos III y sus funcionarios	159
Contexto general sobre la introducción de la física de Newton en el Perú.....	164
Discusión y rechazo de la ciencia moderna en el Perú.....	175
Apropiación de Newton y los nuevos horizontes científicos en el Virreinato del Perú.....	188
Balance del debate Newtoniano: perspectivas eclécticas	201
Epílogo a manera de conclusión: “La estela newtoniana”: más allá del siglo XVIII	206
Conclusiones	210
Fuentes y Bibliografía	215



LISTA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. El universo de Aristóteles	28
Ilustración 2: El sistema de Ptolomeo.....	31
Ilustración 3: El sistema copernicano	35
Ilustración 4: Sistema cosmológico de Tycho Brahe.....	38
Ilustración 5: Retrato de Sir Isaac Newton por Godfrey Kneller (1689).....	73
Ilustración 6: Portada de la primera edición de los Principia (1687).....	79
Ilustración 7: Retrato de Jorge Juan y Santacilia (1713-1773) de Rafael Tegeo.....	135



Introducción

A mediados de 1793 en el periódico el *Mercurio Peruano*, Joseph Rossi y Rubí, milanés de nacimiento y fundador de la *Sociedad de Amantes del País*, una comunidad dedicada a la difusión de las ideas ilustradas en el Perú de las postrimerías del siglo XVIII, escribió una carta¹. En ella, el autor realizó una defensa *sui generis* de las matemáticas: según él, la geometría, el álgebra y el cálculo constituían los mejores remedios para las pasiones descontroladas, en específico, el amor romántico. En dicha publicación, Rossi y Rubí exhortaba a los lectores a instruir a sus hijos en el estudio de las matemáticas, sobre todo basándose en la obra del *inmortal*, el *incomparable* y *divino* Newton. Sólo mediante una dedicación profunda de su obra, los jóvenes podrán gozar de las herramientas necesarias para eludir cualquier sentimiento amoroso que los pueda distraer de sus quehaceres ilustrados.

El contenido de la carta publicada en el MP me llamó poderosamente la atención y en buena medida constituye el punto de partida de este trabajo. A partir de esta anécdota, me quedé reflexionando sobre el grado de influencia y penetración que llegó a alcanzar la física de Isaac Newton en la comunidad científica del siglo XVIII. Sorprendentemente, me di cuenta que tanto en la *Royal Society* de Londres como la *Academia de Ciencias de París* el nombre de Newton había sido motivo de profundas discusiones y debates en torno a la formulación de sus leyes. Ni Kepler, ni Galileo ni Copérnico, auténticos defensores de la astronomía heliocéntrica, habían suscitado tanta admiración y encono por parte del núcleo reducido de físicos y astrónomos de la Europa dieciochesca. No sólo los trabajos de física y astronomía, sino también de química, biología y hasta algunas ciencias sociales, habían recibido una notable influencia del científico inglés. Isaac Newton había alcanzado *algo* que el resto de sus predecesores no: había descifrado exitosamente los principios matemáticos que regían el funcionamiento del universo. De esta manera, gran parte del desarrollo científico entre los siglos XVIII y XIX tuvo como *leitmotiv* el nuevo paradigma newtoniano de la ciencia, que sólo sería reemplazado en el siglo XX con el desarrollo de la relatividad general de Albert Einstein.

¹ Mercurio Peruano, Tomo VIII, 1993, 23-24

Cotejando la experiencia europea con lo visto en la carta de Rossi y Rubí me planteé las siguientes preguntas: en primer lugar, ¿de qué manera la élite intelectual peruana había percibido la inserción del paradigma newtoniano? Segundo, ¿hasta qué punto la nueva filosofía newtoniana había suscitado la discusión y el debate al interior de la comunidad letrada del virreinato? Eran dos preguntas que genuinamente habían despertado mi curiosidad, pero sabía que para abordarlas correctamente, debía primero indagar acerca de qué se entendía por “paradigma newtoniano” y por qué este se impuso sobre sus predecesores, al punto que no solo el heliocentrismo quedó zanjado como el modelo más acorde a las observaciones astronómicas, sino también averiguar por qué Newton había inaugurado una nueva forma de mirar a la ciencia.

La lectura de diversos libros, publicaciones de época, artículos de periódicos y otras fuentes, antes y durante la redacción de los borradores de esta tesis, me condujeron a establecer la siguiente premisa de investigación: la ciencia moderna fue una revolución intelectual que surgió en Europa en el siglo XVI y se consolidó en el XVII. En este proceso, el papel del científico inglés Isaac Newton fue crucial. Newton representó el estadio final de un proceso de recolección y unificación de todos los elementos que componen la actividad científica moderna, tanto epistemológica como socialmente (matematización de la naturaleza, experimentalismo, un renovado método científico, y profesionalización e institucionalización de la ciencia). Es por ello que el momento newtoniano tuvo tal impacto en el siglo XVIII en Europa y América.

Nuestra premisa de investigación parte de una creencia historiográficamente atribuida a científicos e historiadores como Hall (1963, 1985), Koyré (1965), Crombie (1959, 1974) o Kuhn (1962) de que la ciencia moderna nace como una revolución intelectual y social durante los siglos XVI y XVII en Europa, y culmina con la publicación de los *Principios Matemáticos de la Filosofía Natural* de Isaac Newton en 1687. La ciencia moderna fue un proceso histórico y evolutivo que no puede circunscribirse a una fecha o año en concreto, pero sí a determinadas obras y personajes. En el caso de la física y la astronomía (los campos de estudios de nuestra tesis), la revolución tuvo como punto de arranque la publicación *De Revolutionibus Orbium Coelestium* del sacerdote polaco Nicolás Copérnico en 1543, en la cual presentaba matemáticamente el sistema heliocéntrico. Si bien el impacto de Copérnico no fue tan profundo en los años inmediatos a la publicación de su obra, su legado será posteriormente retomado por alemán Johannes Kepler y el italiano Galileo Galilei, quienes profundizaron más en la hipótesis

del Sol como el centro del Sistema Solar. A partir de entonces, la inmovilidad de la Tierra sostenida por Aristóteles en su *Física*, en el *Almagesto* de Ptolomeo y en las Sagradas Escrituras, consideradas como dogma por la Iglesia Católica, empezaron, aunque tenuemente, a ser reevaluadas por un puñado de filósofos y científicos.

Kepler había derivado tres leyes sobre el movimiento planetario que sólo cobraban sentido si establecía al Sol como el centro del sistema y no a la Tierra. Por su parte, Galileo había realizado un descubrimiento más empírico que matemático: al inventar el telescopio, notó que las lunas de Júpiter (Ganímedes, Europa, Calisto e Ío) orbitaban alrededor de su planeta, lo que le condujo a inferir que el Sol, al constituirse como el cuerpo más masivo del Sistema Solar, debía necesariamente ubicarse en el centro del mismo, con el resto de cuerpos y planetas girando en torno a él. Además, resultaba empíricamente imposible que todos los cuerpos celestes orbitaran alrededor de la Tierra. Debido al carácter canónico del geocentrismo establecido por la Iglesia, el sistema copernicano fue declarado herético por la Inquisición Romana y Galileo condenado en 1633 a cadena perpetua y a abjurar de sus creencias. Falleció en 1642, año que coincide con el nacimiento de Isaac Newton.

Si el modelo heliocéntrico había alcanzado cierto grado de *verdad* a partir de las teorías copernicanas, las leyes de Kepler y las observaciones de Galileo, ¿de qué forma contribuyó Newton a la consolidación de este sistema? La empresa científica moderna se entiende a partir de cuatro elementos que la hacen constitutiva: la sustitución de la física cualitativa por una sustentada en recursos matemáticos; el método inductivo para llegar a conclusiones generales; el experimentalismo como fundamento del empirismo para demostrar la validez de las observaciones; y el aparato institucional como medio de financiación, terreno de discusión y debate de los descubrimientos científicos.

Por primera vez en la historia, un individuo unificó todos estos elementos en la redacción de una obra inédita: *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica*, mejor conocido como los *Principia*. Esta obra, publicada por la *Royal Society* en 1687 en Londres, significó la síntesis de casi 150 años de heliocentrismo. Newton, había logrado deducir las leyes generales del movimiento planetario a partir de la inducción, la experimentación y la aplicación de las matemáticas. La ley de la gravitación universal, conocida también como la “atracción”, determinaba que todos los cuerpos masivos se atraen de forma proporcional a sus masas e inversamente proporcional a sus distancias al cuadrado. De esta forma, el debate sobre el

correcto sistema del mundo parecía resolverse: el Sol, al constituirse como el cuerpo más pesado del Sistema Solar, debía necesariamente residir en el centro, pues su fuerza gravitatoria era tantas veces superior al resto de planetas, que éstos, en razón de la ley, debían orbitar en torno a la estrella. Las leyes newtonianas no eran meras hipótesis o conjeturas, sino *hechos* objetivos. Un nuevo modelo de ciencia parecía erigirse, uno sustentado en lenguaje matemático. Pero no solo se trató de un nuevo modelo, sino también de un nuevo paradigma: una nueva forma de hacer ciencia y de ver al mundo emergió como consecuencia de la síntesis newtoniana.

Tras el fallecimiento de Newton en 1727, el inglés dejó varios discípulos directos, pero también seguidores. Desde Inglaterra, pasando por Francia, Alemania y los Países Bajos, el germen newtoniano fue extendiéndose con rapidez, pero no todos concordaban con sus postulados. En la *Academia de Ciencia de París*, el espacio institucional que gozó de los debates más especializados sobre la obra de Newton, se encontraba dividida a inicios de la década de 1730 entre dos bandos: cartesianos, que argumentaban que la forma real de la Tierra era oblonga, es decir, achatada en el Ecuador (según la hipótesis de los vórtices) y los newtonianos quienes, valiéndose de la gravitación, sostenían que la Tierra debía achatarse en los polos donde la gravedad se ejercía con mayor intensidad. Esta interrogante condujo a la financiación de una de las expediciones científicas más importantes de la historia: la Expedición Geodésica al Ecuador liderada el francés Louis Godin y compuesta por otros dos científicos: Pierre Bouguer y Charles Marie de La Condamine. La expedición tuvo la participación de otros personajes. Entre ellos destacaban dos marinos graduados de la recién creada Academia de Guardiamarinas de Cádiz: Jorge Juan y Santacilia y Antonio de Ulloa, ambos en calidad de representantes del Imperio Español.

La participación de Jorge Juan y Antonio de Ulloa en la Expedición Geodésica franco-española significó la primera etapa de inserción de la ciencia española en los debates científicos de la Modernidad, puesto que los resultados, que dieron con la verificación empírica de la hipótesis newtoniana (confirmada también por la Expedición a la Laponia sueca por Pierre Louis Maupertuis), propiciaron la adhesión de los primeros científicos españoles de la física newtoniana. A partir de este momento, el desarrollo científico español experimentó una notable aceleración. Se crearon nuevas instituciones dedicadas a la ciencia, se fundaron sociedades de amigos del país, la enseñanza de las matemáticas se intensificó y una nueva ciencia empezó a ser auspiciada desde el trono: el regalismo de Carlos III, con el objetivo de alcanzar la máxima

felicidad pública, emprendió una serie de reformas destinadas a reformar la educación de la juventud: el lugar propicio para la enseñanza de los nuevos modelos científicos.

Sin embargo, como toda política impuesta *desde arriba*, el despotismo borbónico de Carlos III y sus funcionarios enfrentó férreas resistencias en la aplicación de sus reformas. En Salamanca, los catedráticos conservadores impidieron la ejecución de un nuevo plan de estudios promovido por los ministros Aranda y Campomanes. Casos similares, aunque en menor magnitud, se observan en Valladolid y Alcalá de Henares. Además, si agregamos el hecho que las *Observaciones astronómicas y físicas*, escritas por Jorge Juan tras la expedición al Ecuador, enfrentó la censura inquisitorial del Tribunal del Santo Oficio, se infiere que la introducción de la física newtoniana padeció de ciertas vicisitudes que condicionaron su correcta aplicación en colegios y universidades.

Es en este contexto en que se enmarca la presente investigación. En el Perú, al igual que lo ocurrido en España, se experimentaron diferentes respuestas frente a la llegada de la física de Newton. Ello se sostiene a partir de la data recopilada de diversas fuentes, en especial las Constituciones de la Universidad de San Marcos y San Carlos de 1771, las memorias de los virreyes Amat (1761-1776), Guirior (1776-1780), Jáuregui (1780-1784), Croix (1784-1790) y Gil de Taboada (1790-1796), el plan de estudios de Toribio Rodríguez de Mendoza de 1787 en el Real Convictorio de San Carlos y diversos artículos publicados en el *Mercurio Peruano*.

Con ello, planteamos la siguiente hipótesis de investigación: el Perú, de modo similar a lo experimentado en Europa y en España, no se mantuvo ajeno a este nuevo horizonte científico. Esta tesis investiga la forma en cómo los hombres de letras del último tercio del siglo XVIII (1767-1795), a partir del caso de Newton, entendieron el quehacer científico moderno, y por qué algunos consideraban a los “filósofos modernos” como representantes de una Nueva Ciencia.

En ese sentido, el Perú virreinal tardío no fue ajeno a los debates globales sobre la importancia de la obra de Newton y aquí la comunidad intelectual se dividió en dos grupos en función a la recepción (o no) del paradigma newtoniano. Mi lectura de las fuentes trabajadas me lleva a concluir que el nuevo paradigma dividió a la comunidad científica peruana en dos bandos: por un lado, aquellos hombres - extranjeros o criollos - que por su formación se apropiaron de la ciencia moderna y de Newton por razones prácticas, por la coyuntura cultural (la Ilustración)

y por una genuina creencia en que la verdad de sus premisas debían ser transmitidas. Por otro lado, existió un segundo bando que impugnó a Newton y a sus seguidores desde una posición más bien ideológica, e influida por motivos religiosos y por lo que se entendía por “sentido común”, pero también por la forma despótica en cómo la nueva ciencia quería ser impuesta por la autoridad regalista, prescindiendo del diálogo y la negociación con los grupos tradicionales, en especial las órdenes religiosas y los catedráticos de San Marcos. Esta posición los condujo al escepticismo y a la incompreensión de los postulados newtonianos, rechazados por considerarlos imposición del despotismo ilustrado borbónico. Asimismo, se plantea la existencia de una última posición que, a diferencia de los anteriores, optó por un posicionamiento ecléctico que conciliarla lo mejor de la filosofía antigua, con lo novedoso de la Modernidad. Desde esta perspectiva, los eclécticos tendían a reprobar y criticar duramente la escolástica tradicional enseñada en las escuelas, aún bien entrado el siglo XVIII, pero mantenían, al mismo tiempo, cierto escepticismo acerca de los “filósofos modernos” y sus pretensiones de verdad. Por último, se sostiene que los debates newtonianos no pasaron desapercibidos entre los letrados. Por el contrario, encendió pasiones entre los protagonistas y el despliegue de un lenguaje retórico destinado a hacer prevalecer algunas de las posiciones adoptadas. El resultado final, tanto el éxito o el fracaso de introducir la física newtoniana, dependió del área de aplicación y del espacio de discusión. No obstante, para el inicio del siglo XIX la victoria newtoniana resultó inevitable.

Esta tesis está dividida en cuatro capítulos y un epílogo. En el primero, se presentan algunos conceptos teóricos que guiaron parte de la investigación, principalmente la idea de “paradigma” y “revolución científica” desarrollados por Thomas Kuhn en su célebre libro *La estructura de las revoluciones científicas* (1962). Asimismo, se realiza una descripción del derrotero astronómico en Occidente desde las formulaciones geocéntricas de la tradición griega por Aristóteles y Ptolomeo, para luego estudiar sus impugnaciones por obra de diversos pre-científicos modernos como Copérnico, Brahe, Kepler, Galileo y Descartes.

En el segundo capítulo se realiza una aproximación a la idea de “paradigma newtoniano”. Para ello, se propone una definición y un planteamiento de las principales características de la ciencia moderna y por qué Newton significó el epítome de esta revolución intelectual. En ese sentido, se realiza un análisis minucioso de su obra máxima, *Los Principios matemáticos de la filosofía natural* y las implicancias epistemológicas detrás de la formulación de la gravitación universal. Finalmente, se concluye analizando el legado de Newton tras su muerte.

En el tercer capítulo se analiza la introducción de la ciencia moderna en España y en el mundo Hispanoamericano. Se estudia el derrotero científico español desde finales del siglo XVII y se esbozan ciertas conjeturas sobre el aparente “retraso” de la ciencia española frente a sus vecinos del norte. Se analizan, además, los espacios de producción de la nueva ciencia: los institutos técnicos, las sociedades de amigos del país, las expediciones científicas y las motivaciones detrás del despotismo de Carlos III. No obstante, también se estudian los ámbitos donde se enfrentaron a poderosos grupos de oposición, en especial dentro de las universidades. Se finaliza proporcionando un panorama de la ciencia moderna en Nueva España y el Virreinato de Nueva Granada.

Por último, en el cuarto capítulo se enfoca en el caso peruano. Se comienza presentando la situación científica en el virreinato antes de la expulsión de la Compañía de Jesús, para luego proseguir con el contexto de inserción de la física de Newton y de la Ilustración, tomando especial énfasis en el espacio educativo (colegios y universidades) institucional (Cosmografiato) y la prensa escrita (*Mercurio Peruano*). Después de ello, se estudian a profundidad los tres bandos propuestos en la hipótesis: las motivaciones, los discursos, las insinuaciones y las ideologías detrás de determinada elección, ya sea el rechazo, la apropiación o el eclecticismo. Para finalizar, se ofrece un epílogo rescatando la estela newtoniana: más allá del siglo XVIII.

La elección de las fechas (1767-1795) se sustenta en dos hechos. Si bien la tesis abarca fechas anteriores al marco cronológico (repasso previo para entender lo sucedido en el Perú), el estudio, que se hace del caso peruano, se focaliza en los años consignados, pues en ellos recae la propuesta original. En ese sentido, se escogió la fecha de 1767, porque se produjo la expulsión de la Compañía de Jesús, quienes detentaban el control de las principales escuelas de Lima y provincias. Antes del *extrañamiento* la ciencia moderna de corte newtoniano no resultaba motivo de discusión o debate, pero tras este, el regalismo despótico de Carlos III abogó por la enseñanza y difusión de la nueva ciencia. Este hecho estimuló la inserción de la física de Newton junto con las diferentes posturas asumidas por determinado bando. Finalmente, la fecha de culminación se determinó tras la publicación del último volumen del *Mercurio Peruano*: a partir de dicho año, la riqueza de fuentes se hizo más escasa y los debates perdieron intensidad.

Las fuentes empleadas en la investigación se encuentran publicadas y son de libre acceso. Los planes de estudio de San Marcos de 1771 y San Carlos en 1787 han sido editados por Daniel Valcárcel (1955) y Rubén Vargas Ugarte (1970) respectivamente. Los doce tomos del *Mercurio Peruano* son de fácil acceso gracias a las ediciones elaboradas por la Biblioteca Nacional del Perú durante la década de 1960. Por otro lado, las memorias de los virreyes se encuentran en internet, al igual que las diversas ediciones de los *Principia* de Newton, de los cuales se revisaron las versiones en inglés y castellano. Por último, la Biblioteca Central de la PUCP ha sido relevante para tener acceso a las diversas fuentes consultadas.

Finalmente, ¿qué objetivos inspiraron la redacción de esta investigación? Sin caer en el *cliché* de “vacío historiográfico” siempre tuve una fascinación por la ciencia que nunca fue recíprocamente compensada por mi animadversión hacia los números. Cada vez que conversaba con alguien sobre ciencia, citaban científicos de forma aleatoria. Por lo general, Newton solía ser mencionado entre los primeros (después de Einstein o Hawking, claro está), pero poco se indagaba sobre el rol que éste desempeñó en la construcción del conocimiento científico moderno y, menos aún, sobre el impacto que Newton tuvo en territorios periféricos, como el Virreinato del Perú.

La Historia estudia el pasado humano y cómo hemos llegado a dónde estamos ahora. La historia de la ciencia - el motor intelectual detrás de mi curiosidad por estos temas - tradicionalmente ha sostenido que el conocimiento y desarrollo suele generarse a partir de esfuerzos individuales que necesitan ser validados colectivamente para su posterior inserción en lo que se entiende por “*corpus* científico”. Sin embargo, paulatinamente me percaté que, al estudiar las fuentes primarias, la historia de la ciencia, al nutrirse de experiencia colectivas, necesariamente está atada a la política, a las ideas o a las mentalidades de una época: ámbitos que hoy reconocemos como extracientíficos. La historia de la ciencia nunca debe prescindir de estas miradas, pero tampoco significa caer en la retórica de que toda ciencia es obra colectiva. La historia de la ciencia y de las ideas debe nutrirse también de la filosofía y de la ciencia misma: no se puede escribir de lo que se desconoce o no se entiende. La historia, en opinión personal, es una obra colectiva, pero algunas personas dejaron no sólo huellas más profundas, sino un legado trascendental. Y creo que Newton cumplió con ese papel.

Finalmente, por más que se recurra con frecuencia a la “historia de la ciencia”, este trabajo se aproxima más a la historia intelectual, pues no se focaliza en cómo Newton construyó su obra

según su momento histórico, sino de su apropiación por parte de individuos *a posteriori*. Si bien gran parte de la literatura consultada se enmarca en la primera corriente, el derrotero de esta investigación se aproxima más a una lectura intelectual del desarrollo científico.



Capítulo I: El tránsito de la “pre-ciencia”² a la ciencia moderna: de la Antigüedad al siglo XVII

“Si he llegado a ver más lejos que otros es porque me subí a hombros de gigantes”

Atribuido a Isaac Newton

Hacia una historiografía de los paradigmas cosmológicos

Desde los años previos a la Segunda Guerra Mundial, pero con mayor ímpetu en las tres décadas posteriores a su culminación, la historia de la ciencia, una literatura histórica nutrida por autores como Alfred Rupert Hall, Alexandre Koyré, A. C. Crombie, Thomas Kuhn³, entre muchos otros, ha centrado sus esfuerzos en comprender la evolución del pensamiento científico occidental desde dos ejes principales: uno temático, énfasis puestos en las ciencias naturales - aquellas que existen “afuera” y con independencia del hombre - y otro espacial, con un protagonismo puesto en la Europa noroccidental (Francia, Países Bajos y Gran Bretaña)⁴. Esta aclaración no representa una crítica: gran parte del presente capítulo se alimenta de esta corriente historiográfica, pues nuestra investigación se focaliza en Isaac Newton, un físico y matemático - entre muchas otras facetas - y en el devenir de teorías y paradigmas científicos desarrollados en Europa que, por traslado y crítica interna, fueron reproducidos y enseñados en el Nuevo Mundo.

² En esta tesis hemos empleado el concepto de “pre-ciencia”, así como sus representantes (los “precientíficos”) para designar a toda actividad que hoy se catalogaría de científicamente premoderna. Con ello no queremos afirmar que este conocimiento no fuera científico en su contexto de producción, sino que representa una etapa inmediatamente previa a una transformación radical del conocimiento del mundo natural que tuvo lugar desde finales del siglo XVI hasta la publicación de los *Principios Matemáticos de la Filosofía Natural* de Isaac Newton en 1687, y que da con el surgimiento y consolidación de la ciencia moderna. De forma análoga, los términos de “ciencia” y “científicos” fueron utilizados escasamente por los protagonistas de la Revolución Científica y los letrados peruanos de finales del siglo XVIII (véase capítulo 4), por lo que su uso en este tesis sirve como sinónimo contemporáneo del término empleado en la época: filosofía natural (o filósofos naturales). Para mayor información, véase Paolo Rossi «The Scientist». En *The birth of Modern Science* : Blackwell Publishers, 2000, 263-264.

³ Véase las siguientes obras: Crombie, A. C. *Historia de la Ciencia: De San Agustín a Galileo / 1*. Madrid: Alianza Universidad, 1974. ———. *Medieval and Early Modern Science / 2*. Nueva York: Doubleday Anchor Books, 1959. Hall, Alfred Rupert. *From Galileo to Newton 1630-1720*. Nueva York: Harper & Row, 1963. ———. *La Revolución Científica 1500-1750*. Barcelona: Crítica, 1985. Koyré, Alexandre. *Newtonian Studies*. Londres: Chapman & Hall, 1965. Koyré, Alexandre. *Estudios de historia del pensamiento científico*. Madrid: Siglo ...Veniuno, 1973. Kuhn, Thomas. *La estructura de las revoluciones científicas*. México: Fondo de Cultura Económica, 1971.

⁴ Hall, *La Revolución Científica*, 9.

Esta historiografía tuvo la virtud de estudiar la historia de la ciencia atendiendo no solo a los paradigmas victoriosos, sino también aquellos que fueron abortados antes de ver la luz. Sin embargo, la medida del éxito debe verse bajo una lupa crítica: nadie duda que el paradigma aristotélico-ptolemaico tuvo un éxito pavoroso durante la Baja Edad Media y el Renacimiento en Europa Occidental e, incluso, bien entrado el siglo XVIII en el Virreinato del Perú; pero posteriormente fueron derivados al estudio de los historiadores y ya no como teorías con vigencia científica.

¿Qué quiere decir esto? ¿Acaso la ciencia no funciona como acumulación? ¿Las teorías dejan de ser científicas por el hecho de ser desechadas⁵? Lo primero sí, y lo segundo no. Copérnico se basó en la obra de Ptolomeo, *El Almagesto*, para posteriormente refutarla. Sin ella, nunca hubiera escrito *Sobre las revoluciones de los orbes celestes* y el modelo heliocéntrico no hubiera visto la luz en 1543. No obstante, la teoría copernicana es autosuficiente y no requiere del geocentrismo para comprobar su verosimilitud. En otros términos, un modelo fue abandonado para dar espacio a uno nuevo.

En cuanto a la segunda cuestión, históricamente ha sido difícil - y por momentos sumamente arbitrario - definir qué es un conocimiento científico y qué no lo es. Esto se complejiza más por el hecho que una definición como tal apela a la diacronía: dependerá del contexto y de la época suscribir lo que es y no es ciencia. Indiscutiblemente el sistema cosmológico aristotélico, en pleno siglo XXI, colinda más con la fantasía que con una explicación científica del universo, pero ello no fue así hasta la Modernidad. La matematización, un elemento que hoy se considera inseparable de la labor del científico fue por milenios una herramienta *auxiliar* de la ciencia o filosofía natural (como se definía esta última hasta mediados del siglo XVIII). De tal modo que un sistema cualitativo, como la *Física* de Aristóteles, debe considerarse como un producto científico, razón por la cual ha sido y es estudiado en la actualidad, como tal, por los historiadores y filósofos de la ciencia.

Parte del capítulo tiene como finalidad repasar la historiografía que ha incidido en los modelos cosmológicos más exitosos en la historia de occidente previos a los *Principios Matemáticos de la Filosofía Natural* de Newton. Y con “exitosos” nos referimos a modelos que, en palabras de

⁵ Kuhn, *La estructura*, 21-22.

Kuhn, devinieron en verdaderos paradigmas científicos: unos patrones establecidos como “verdad”, por la comunidad de científicos y especialistas, (eruditos, clérigos, filósofos, etc.) durante un periodo histórico concreto. Enumerados por orden cronológico son los siguientes: aristotélico, ptolemaico, copernicano y tychónico. Algunos paradigmas coexistieron durante varios siglos, otros se superpusieron y reemplazaron. Lo claro es que estos sistemas tuvieron un impacto profundo no solo entre los directamente involucrados, sino que trascendieron la burbuja estrictamente científica y penetraron en el mundo de las ideas de la Primera Modernidad.

No obstante, para comprender este complejo de cambios y no limitarse a la mera descripción, se requiere dar con una explicación teórica que facilite la contextualización de los paradigmas. Y para tal objetivo, nos valdremos de diversos textos, en especial *La estructura de las revoluciones científicas* del científico norteamericano Thomas Kuhn.

Definido el concepto de paradigma científico como un conjunto de patrones, valores, principios y creencias que una determinada comunidad científica profesa sobre un aspecto concreto de la realidad que estudian, la “ciencia normal”, según la teoría de Kuhn, representa aquella *“investigación basada firmemente en una o más realizaciones científicas pasadas, realizaciones que alguna comunidad científica particular reconoce, durante cierto tiempo, como fundamento para su práctica posterior”*⁶. En otros términos, la ciencia normal representa una tradición científica que trabaja bajo el lente de un paradigma concreto nacido de una obra o libro constitutivo.

Hablemos del geocentrismo. Surge de una idea plasmada en libros de texto (*La Física* de Aristóteles o *El Almagesto* de Ptolomeo) que, validada por la comunidad de científicos o individuos responsables de definir lo “verdadero” y lo “falso”, se instauró como paradigma que sirvió luego como tradición y fundamento de la ciencia normal - en este caso eruditos, filósofos y hombres de religión - encargados de enseñar y reproducir los conocimientos de generación en generación en universidades, monasterios o mediante libros. Este grupo de científicos normales compartían el hecho de trabajar bajo el lente de un paradigma determinado. Estos pueden recibir el nombre de “cosmología ptolemaica” o “física aristotélica”. Sus investigaciones tienden a perfeccionar y salvar las “apariencias” de los paradigmas bajo los

⁶ Kuhn, *La estructura*, 33.

cuales han sido educados: pueden modificar los cálculos ptolemaicos, descubrir nuevas estrellas en el firmamento o modificar ciertas distancias entre los cuerpos celestes, etc⁷. Sin embargo, la esencia misma del paradigma permanece impoluto. La ciencia normal no cuestiona al paradigma, sino todo lo contrario: amplía su campo de conocimiento y lo fortalece. La medida de éxito de cada uno dependerá no tanto de su validez como teoría, sino del tiempo en el que un paradigma prevalece como fundamento de estudio de la ciencia normal.

Sin embargo, la ciencia normal, por su naturaleza acumulativa en vez de innovadora, no tiende hacia el cambio, y sin él, no existiría la ciencia científica como tal. Puede descubrir fenómenos o incorporar datos nuevos que fortalecen el paradigma bajo el cual opera, pero nunca producirá novedades fácticas o teóricas que revolucionen la visión del científico sobre algún aspecto de la naturaleza⁸. Ese “cambio” que acabamos de mencionar, y que representa un elemento necesario del desarrollo científico, tiene como punto de partida, en el lenguaje de Kuhn, con el descubrimiento o reconocimiento de que “algo” ha violado las expectativas de los científicos sobre la naturaleza, conocimiento recibido por el paradigma regido por la ciencia normal. Este “algo” toma el nombre de anomalía⁹.

Las anomalías simbolizan el paso inicial para el cambio de paradigma. Se trata del descubrimiento de algo imprevisto por el paradigma inicial que la ciencia normal es incapaz de asimilar sin modificar radicalmente el paradigma preexistente. La anomalía, por tanto, tiende a “creativizar” la labor del científico, pues lo obliga a pensar de formas radicalmente nuevas para darle sentido a los nuevos descubrimientos. Este proceso de creatividad y de innovación solo culmina cuando la anomalía inicialmente detectada deja de serlo; y esto ocurre o bien porque fue desmentida o, en casos extremos, porque condujo a un cambio paradigmático que derivó en su incorporación en una ciencia normal completamente nueva. Es decir, se convirtió en lo predecible¹⁰.

Solo de este modo la ciencia progresa. La ciencia normal, como la ptolemaica, fue excelente acumulando datos, pero nunca produjo un conocimiento innovador que superara al que inicialmente lo constituyó como paradigma: el hecho que la Tierra se encuentre en el centro

⁷ Kuhn, *La estructura*, 51.

⁸ Kuhn, *La estructura*, 92.

⁹ Kuhn, *La estructura*, 93.

¹⁰ Kuhn, *La estructura*, 110.

del universo y que los planetas se trasladan alrededor de ella en epiciclos. Por eso, cuando el modelo copernicano fue adecuadamente matematizado por científicos como Kepler, Galileo o Newton, representó una reestructuración colosal de una astronomía que había operado bajo el yugo de una ciencia normal por más de un milenio. Una reestructuración que, como las que ocurren en la economía y economía, parte de un sentimiento creciente de que el paradigma existente ha dejado de funcionar como método adecuado para describir la realidad, lo que produce una crisis cuyo resultado ulterior es la *revolución científica*: “aquellos episodios de desarrollo no acumulativo en que un antiguo paradigma es reemplazado, completamente o en parte, por otro nuevo e incompatible”¹¹.

Así que, más que “La Revolución Científica” como un evento único, aunque de vital trascendencia para la historia de Occidente, resulta más apropiado hablar de *revoluciones científicas*, en plural. En estas se producen una serie de desplazamientos totales o parciales que derivan en la sustitución de una visión de la naturaleza por una radicalmente nueva¹². No obstante, la sustitución de paradigmas, a lo largo de la historia, no se ha dado exclusivamente por superioridad explicativa. No por nada el geocentrismo aristotélico continuó enseñándose en San Marcos hasta bien entrado el siglo XVIII¹³ y la física de Newton no fue del todo aceptada en la Europa continental hasta la década de 1720¹⁴. En ese sentido, la persuasión cumple un rol fundamental: el convencer, tanto científica como extra-científicamente, a una comunidad de que lo nuevo constituye una representación más cierta de la naturaleza; que el heliocentrismo es mejor que el geocentrismo o la relatividad de Einstein representa una versión más completa que la mecánica newtoniana¹⁵. En palabras de Glacken, de ese modo opera la historia de las ideas: se encuentra en constante renovación, se rechaza lo obsoleto y se abraza lo nuevo en un ciclo continuo de cambios y continuidades¹⁶. Sin embargo, este proceso no siempre llega a producirse. A veces persuadir es más difícil que esperar el fallecimiento de

¹¹ Kuhn, *La estructura*, 149.

¹² Hall, *La Revolución Científica*, 9.

¹³ Devoto, Erick. «La educación y el inicio del nuevo tiempo. Apuntes para la historia del mundo intelectual peruano a finales del siglo XVIII». En *El virrey Amat y su tiempo*. Lima: Instituto Riva Agüero, 2004. Espinoza, Grover. «La reforma de la educación superior en Lima: el caso del Real Convictorio de San Carlos». En *El Perú en el siglo XVIII. La Era Borbónica*, 205-241. Lima: Fondo Editorial de la Pontificia Universidad Católica del Perú, 1999. Valle, Fernando. «Teología, filosofía y derecho en el Perú del XVIII: dos reformas ilustradas en el Colegio de San Carlos de Lima (1771 y 1787)». *Revista Teológica Limense* 40 (2006): 337-382.

¹⁴ Kuhn, *La estructura*, 234.

¹⁵ Kuhn, *La estructura* 314.

¹⁶ Glacken, Clarence. *Traces on the Rhodan Shore*. Los Angeles, University of California Press, 1967, 707.

generaciones más viejas. Eventualmente, estas son reemplazadas por jóvenes más susceptibles al cambio.

El producto final de la conjunción de este proceso da como resultado la invención del conocimiento científico moderno¹⁷: una sucesión de revoluciones científicas a partir del abandono de teorías, el surgimiento de anomalías y la constante renovación de una ciencia normal cada vez más tecnificada, matematizada y especializada. Sin embargo, prevalece la pregunta: ¿cuáles fueron estos cambios sucesivos que culminaron con la gran síntesis newtoniana? Para responder a esta interrogante es necesario dar cuenta de los “hombros de gigantes” que permitieron al sabio inglés ver más allá que los otros.

La astronomía antes de Newton

La ciencia o “filosofía natural” como se entendía en tiempos de Newton responde, ante todo, a la búsqueda por explicar los fenómenos naturales (aquellos que existen con independencia del hombre) apelando a un juicio racional que rehuye de la divinidad como causa inmediata del funcionamiento de los fenómenos. Este trayecto traza su origen en la Antigua Grecia, se prolonga durante el periodo helenístico, es rescatada en la Alta Edad Media por los sabios islámicos, y luego las obras traducidas al latín por la Cristiandad Occidental bajo la óptica de la nueva religión y las Sagradas Escrituras¹⁸. Posteriormente, durante el Renacimiento los conocimientos antiguos empezaron a ser cuestionados en mayor magnitud que en los siglos finales de la Edad Media, lo que dio como resultado la sustitución de los viejos paradigmas cosmológicos de la Antigüedad durante un periodo de ciento cincuenta años que inicia con la publicación de *Sobre las revoluciones de los orbes celestes* de Nicolás Copérnico en 1543, se consolida con los estudios de una variedad de científicos como Tycho Brahe, Johannes Kepler, Galileo Galilei y René Descartes en los siglos XVI y XVII, y finaliza con la gran síntesis newtoniana plasmada en los *Principia*¹⁹ en 1687.

¹⁷ Kuhn, *La estructura*, 365.

¹⁸ Suárez, Margarita. «Estudio Preliminar». En *Astros, Humores y Cometas*, 21-80. Lima: Fondo Editorial de la Pontificia Universidad Católica del Perú, 2019, 35.

¹⁹ Suárez, *Astros, humores y cometas*, 35-36.

Aristóteles

Los griegos inventaron la ciencia, dice el historiador A. C. Crombie²⁰. Con “ciencia” nos referimos a la exigencia intelectual por describir los fenómenos de la naturaleza a partir del uso generalizado de la teoría científica para explicar los datos observados independientemente de la apelación a una serie de dioses que rigen las fuerzas de la naturaleza²¹. Surge así, en palabras de Koyré, la oposición del hombre con el cosmos, que culmina con la deshumanización del último²². El resultado de este proceso fue la elaboración de un universo regido por normas que proveían orden al caos, y que tuvo en la geometría (más no en las matemáticas) su herramienta constitutiva para la explicación de los fenómenos²³.

Los griegos desarrollaron, de esta forma, una serie de modelos cosmológicos que proporcionaban unidad y coherencia a un mundo en constante cambio e incertidumbre²⁴. De todos los modelos, uno de los más influyente en la historia de Occidente fue el desarrollado por Aristóteles en su *Física*, cuyo objeto de estudio era el cambio y movimiento de los objetos materiales²⁵. Su impacto fue tal que su cosmología derivó en unos de los paradigmas cosmológicos más exitosos de la historia. Fue enseñado en universidades y monasterios hasta el siglo XVII en Europa occidental, y cerca a los albores del siglo XIX en el Virreinato del Perú, no como curiosidad del pasado, sino como una verdad científica que debía ser transmitida.

Aristóteles concebía el cosmos como una estructura jerárquicamente ordenada y finita²⁶. Según Crombie, la cosmología aristotélica reposaba en dos principios fundamentales: primero, que el movimiento de los objetos se debía a la constitución de su naturaleza; esto es, una valoración cualitativa más no cuantitativa del hecho; y, segundo, que la totalidad de esta naturaleza operaba bajo un orden jerárquico de las cosas²⁷. La física del Estagirita contemplaba dos zonas jerárquicamente diferenciadas: la región sublunar que comprende la Tierra y los cuatro elementos, espacio donde ocurre la corrupción de los cuerpos, se producen las emanaciones terrestres como los cometas y se extiende hasta la Luna. Segundo, la región supralunar que

²⁰ Crombie, *Historia de la Ciencia 1*, 20.

²¹ Koyré, *Estudios*, 77-7. Crombie, *Historia de la Ciencia 1*, 21.

²² Koyré, *Estudios*, 76.

²³ Crombie, *Historia de la Ciencia 2*, 3.

²⁴ Glacken, *Traces*, 17.

²⁵ Crombie, *Historia de la Ciencia 1*, 71.

²⁶ Koyré, *Estudios*, 5.

²⁷ Crombie, *Historia de la Ciencia 1*, 76.

responde a las diez esferas concéntricas. El universo era finito. En cuanto a la primera región, estaba conformada por nuestro planeta, ubicado inmóvil en el centro del sistema. Este comprendía los cuatro elementos dispuestos por orden de peso y jerarquía: abajo y en el centro yacía la tierra en el núcleo, más arriba el agua compuesto por los lagos, mares y océanos. Encima se ubican los elementos aire y fuego cuyo movimiento dependía no de la Tierra, sino del primer motor²⁸. Nuestro planeta permanecía inmóvil en el centro del universo debido a su naturaleza, es decir, su enorme peso que lo reposaba sin movimiento, y como eje en torno al cual orbitan el resto de esferas concéntricas.

La región sublunar limitaba con la Luna y era a partir de esta donde acababa la zona elemental e iniciaba la celeste. Esta comprendía diez zonas que se disponían según cada cuerpo o conjunto de cuerpos celestes. Las primeras siete regiones corresponden con los siete “planetas”: la Luna, Mercurio, Venus, el Sol, Marte, Júpiter y Saturno. Más allá se encontraba la octava esfera concéntrica, el firmamento, que contenía el conjunto de estrellas fijas. Inmediatamente encima de la octava esfera se encuentra las esferas de cristalino²⁹ y por encima de esta, en la última y décima esfera concéntrica, el primer motor que imprimía movimiento a todo el sistema y establecía los límites del universo. Por tanto, el modelo cosmológico presentado era uno finito, jerárquico y, a partir de la región celeste, uno incorruptible gracias al quinto elemento o “quintaesencia” que giraba bajo un movimiento circular uniforme alrededor de la Tierra estática en su centro³⁰.

²⁸ Suárez, *Astros, humores y cometas*, 31.

²⁹ Suárez, *Astros, humores y cometas*, 31.

³⁰ Crombie, *Historia de la Ciencia 1*, 78.

Ilustración 1. El universo de Aristóteles

Schema huius praeclarissimae divinis Sphaerarum.



Fuente: Peter Apian, 1539. *Cosmographia*. Amberes: Apud Ioannem Withagium. Fastfission.
http://en.wikipedia.org/wiki/Celestial_spheres#/media/File:Ptolemaicsystem-small.png.

Extraído de Suárez, *Astros humores y cometas*, 32.

El sistema aristotélico prescindió de la explicación cuantitativa para explicar la naturaleza de los fenómenos. Es en este punto donde residía la esencia de la física del Estagirita: no en la descripción matemática de los hechos observados, sino en la naturaleza mismo del objeto³¹. Ello no quiere decir que los griegos desdeñaron de las números para realizar sus explicaciones astronómicas, sino que los consideraban como inapropiados para los contextos extramatemáticos³². La razón de fondo del movimiento de los planetas y la quietud de la Tierra en el centro no respondía a maquinaciones matemáticamente abstraídas, sino a la naturaleza o esencia de su cuerpo. En palabras de Alexandre Koyré, “*La Tierra está en el centro del mundo, porque por su naturaleza, es decir, porque es pesada, debe encontrarse en el centro. Los cuerpos pesados van hacia ese centro, no porque se encuentre allí algo, o porque alguna fuerza física los atraiga; van al centro porque les empuja allí su naturaleza*”³³. Las matemáticas, por

³¹ Crombie, *Historia de la Ciencia* 1, 86.

³² Hall, *La Revolución Científica*, 24.

³³ Koyré, *Estudios*, 45.

tanto, si bien resultaban útiles para describir fenómenos geométricos, eran inútiles al momento de explicar la “esencia natural” de los cuerpos físicos y su movimiento³⁴.

Todo movimiento en la región celeste surge de un motor, y toda alteración se debía a un agente externo que genera perturbación, que culmina solo cuando dicho efecto deja de ser producido, retomando con ello el movimiento original, circular y uniforme³⁵. Por tanto, toda perturbación producía un desorden en el sistema, pero eventualmente el sistema, por su naturaleza, tiende a retomar el orden perdido y regresar a su posición natural³⁶. Asimismo, Aristóteles negaba la acción a distancia. Todo movimiento que modifica la inalterabilidad producida por el primer motor debía producirse por contacto, mas no por efecto de la gravedad³⁷.

Resulta evidente bajo una mirada contemporánea que la física aristotélica es falsa, obsoleta y representa erróneamente el funcionamiento del universo. Sin embargo, era un sistema autosuficiente, coherente en sus principios y hasta preciso en algunos de sus postulados. La cosmología aristotélica presentaba escasos motivos para ser desacreditada bajo una crítica interna de sus premisas³⁸. Era, ante todo, una teoría científica, si bien no matematizada, pero era una doctrina que sometía el sentido común, la experiencia cotidiana y la intuición a un tratamiento extremadamente coherente y sistemático³⁹. En ese sentido, tuvieron que surgir modelos nuevos que externamente refutaron la física aristotélica, es decir, que fueran más precisas para explicar el funcionamiento del cosmos y se impongan como un nuevo modelo paradigmático.

Tal fue el impacto de la teoría aristotélica del universo que, reinterpretado bajo la óptica escolástica, constituyó uno de los paradigmas científicos más exitosos en los dos lados del mundo occidental. Durante gran parte de la Baja Edad Media, en concreto hasta el siglo XIII, la autoridad de Aristóteles fue casi indiscutible en los círculos intelectuales. En gran medida venía facilitado por el hecho que su obra fue la más arduamente traducida del mundo helénico y las más completa, pues comprendía una multitud de saberes como la astronomía, física,

³⁴ Crombie, *Historia de la Ciencia 2*, 130.

³⁵ Crombie, *Historia de la Ciencia 2*, 49.

³⁶ Suárez, *Astros, humores y cometas*, 35.

³⁷ Suárez, *Astros, humores y cometas*, 35.

³⁸ Salvo la cuestión de la aceleración, que nunca pudo explicar ni diferenciarla de la velocidad. Hall, *La Revolución Científica*, 40.

³⁹ Koyré, *Estudios*, 157.

ciencia naturales, ética, política, metafísica, etc⁴⁰. Además, su asimilación por el dogma cristiano resultaba en gran medida compatible, pero no estuvo libre de críticas: el mundo no podía ser eterno. En ese sentido, Aristóteles fue adaptado en la medida que no contradijera las Sagradas Escrituras y la Creación del mundo.

Ptolomeo

No obstante, la física aristotélica no conformó el único paradigma geocéntrico de la Antigüedad. De hecho, el geocentrismo de Ptolomeo de Alejandría, desarrollado alrededor del siglo II d.c. fue igual de conocido en el mundo árabe y cristiano medieval⁴¹. Fue dado a conocer en Occidente a finales de la Edad Media y facilitado luego con la impresión del nombre latinizado de *Almagesto* en 1515, lo que le permitió obtener un alcance similar a la obra del Estagirita en la temprana modernidad, bien entrado el siglo XVII en Europa y el XVIII en América. Por ejemplo, Copérnico no tenía en mente la *Física* de Aristóteles al momento de elaborar la *Sobre las revoluciones de los orbes celestes*, sino al matemático alejandrino. Y es este último elemento lo que le dio una impronta singular y plenamente científica desde un punto de vista moderno: el uso sistemático de las matemáticas.

En sus concepciones físicas más elementales el sistema de Ptolomeo es muy similar al aristotélico. Sin embargo, para salvar las apariencias y corregir los periodos orbitales de la física del Estagirita⁴², Ptolomeo, valiéndose de los trabajos de Apolonio de Perge e Hiparco de Nicea, desarrolló un modelo revisado y mejorado aplicando métodos matemáticos⁴³. El punto de partida del modelo ptolemaico indica que la Tierra se sitúa en el centro de un sistema cósmico esférico en el cual los cuerpos celestes orbitan en círculos alrededor de ésta. ¿De qué manera los planetas y las estrellas fijas orbitaban en torno a la Tierra? Si con Aristóteles el movimiento era circular y uniforme a partir de una única circunferencia, el sistema de Ptolomeo inventó tres artificios geométricos que permitían explicar las aparentes retrogradaciones y variaciones orbitales de los cuerpos celestes. En primer lugar, el sistema contempla un círculo interior a partir del cual los planetas orbitan en torno a un punto central - el cual no estaba ubicado la Tierra - sino en un lugar que se encuentra en el medio exacto de una línea diametral que se trazaba a lo largo de este círculo que recibe el nombre de *deferente*. No obstante, como

⁴⁰ Koyré, *Estudios*, 21.

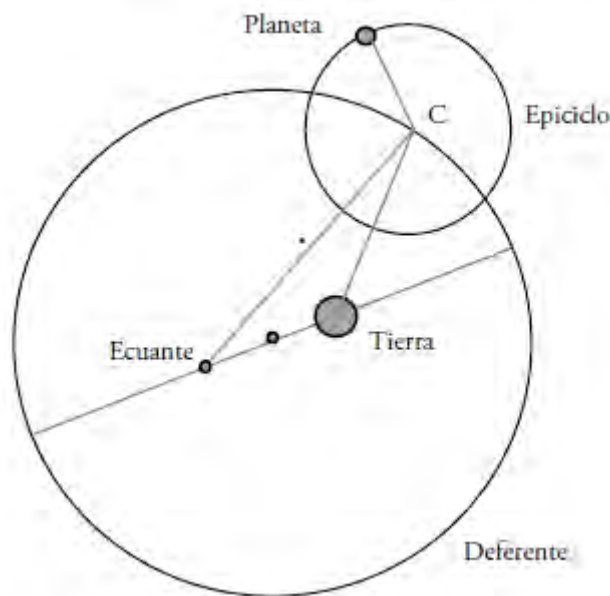
⁴¹ Crombie, *Historia de la Ciencia 1*, 82.

⁴² Por ejemplo, los epiciclos de Ptolomeo entraban en una completa contradicción con la teoría de Aristóteles de que los planetas orbitan circularmente alrededor de la Tierra a partir de un centro fijo.

⁴³ Suárez, *Astros, humores y cometas*, 32.

los movimientos planetarios no aparentaban ser circularmente perfectos, Ptolomeo desarrolló un segundo mecanismo geométrico, el *epiciclo*, que traza una serie de círculos a partir de los cuales el planeta en cuestión gira alrededor de la *deferente* que orbita en torno a un punto central de la línea diametral en la que yacía la Tierra. Finalmente, este sistema empleaba círculos excéntricos y ecuantos para explicar las variaciones en velocidad de los periodos orbitales.

Ilustración 2: El sistema de Ptolomeo



Fuente: Debus 1985: 144. Elaborado por Joaquín Guerrero. Extraído de Suárez, *Astros, humores y cometas*, 34.

Por medio de esta danza planetaria, Ptolomeo construyó un modelo matemático con descripciones bastantes precisas que permitían salvar las apariencias de los movimientos orbitales planetarios con bastante exactitud; fue universalmente aceptado hasta la temprana modernidad y perduró como paradigma cosmológico incluso décadas después de la aparición del modelo copernicano⁴⁴. El sistema era perfectamente coherente, permitía calcular con suma precisión los cambios de posición de los planetas e, incluso, en su contenido yacen cálculos matemáticos empleados hoy en ingeniería⁴⁵. En palabras de Koyré y Hall, el sistema de los epiciclos era de una profundidad y potencia matemática extraordinaria, y de una creatividad

⁴⁴ Crombie, *Historia de la Ciencia 1*, 83. Suárez, *Astros, humores y cometas*, 32. Koyré, *Estudios*, 80.

⁴⁵ Kuhn, *La estructura*, 115.

inigualable⁴⁶. No en vano, su elaboración fue el producto final de siglos de exigencia intelectual por parte de matemáticos griegos. Sin embargo, presentaba dos errores: uno de observación y otro de raigambre filosófica. En cuanto al primero, el modelo no presentaba límites a la aparición de epiciclos que dependían de las variaciones orbitales⁴⁷, y el segundo - del cual devinieron las críticas matemáticas más duras durante el Renacimiento - surge de la suposición filosófica de que la Tierra permanecía inmóvil en el centro del universo⁴⁸.

Empero, más allá de la precisión de los cálculos como de la coherencia interna de sus premisas, existía otra razón, más cercana al sentido común que a las matemáticas, que propició el éxito del modelo ptolemaico y su coronación como principal paradigma cosmológico por siglos: su eficacia intuitiva. En el siglo III a.c. un astrónomo griego, Aristarco de Samos, contra todo pronóstico elaboró un modelo cosmológico heliocéntrico, más no matematizado, que situaba al Sol en el centro del cosmos y a la Tierra, como un planeta más, orbitando alrededor de este. Hoy en día se sabe que tal modelo encarnaba la realidad de forma más verídica que el geocéntrico, pero sin una explicación matemática y física del movimiento, quedaba subyugada por la percepción inmediata: si la Tierra se moviese, ¿por qué todos los objetos no anclados a la superficie terrestre no salen disparados por la fuerza centrífuga impresa por el movimiento⁴⁹? Adicionalmente, ¿si la Tierra se movía, por qué si se suelta un objeto desde cierta altura considerable, este no caía en un punto lejano al lugar del lanzamiento⁵⁰? Evidentemente, si esto no ocurría, lo más lógico era suponer que la Tierra permanecía inmóvil con el resto de cuerpos celestes orbitando en torno a ella. El sentido común se impuso a lo contraintuitivo.

La física de Ptolomeo se convirtió, debido a su precisión y apelación al sentido común, en el paradigma astronómico de la cristiandad europea y fuente de conocimiento canónico acerca del cosmos. No obstante, como explica Kuhn “*el tener un éxito admirable no es lo mismo que tener un éxito absoluto*”⁵¹. Por ejemplo, la teoría de Ptolomeo no poseía un mecanismo adecuado de aplicación práctica para predecir ciertos fenómenos observables como la precesión de los equinoccios, lo que exigía la incorporación de ajustes extraordinarios para salvar las apariencias del sistema. Entonces, cuando la complejidad del sistema avanzó a un ritmo

⁴⁶ Hall, *La Revolución Científica*, 91. Koyré, *Estudios*, 81.

⁴⁷ Koyré, *Estudios*, 81.

⁴⁸ Hall, *La Revolución Científica*, 91.

⁴⁹ Koyré, *Estudios*, 186.

⁵⁰ Suárez, *Astros, humores y cometas*, 34.

⁵¹ Kuhn, *La estructura*, 115.

superior a la exactitud de los cálculos, y la creación de nuevos artificios para corregir los errores generaban más dudas que certezas, el paradigma y la ciencia normal bajo la que operaba, entró en crisis⁵². Finalmente, cuando surgió un sistema nuevo que permitió corregir los errores mediante la simplificación de sus premisas, la revolución científica entró en juego. Esto ocurrió en los siglos XVI y XVII en Europa cuando el modelo heliocéntrico fue elaborado, conocido y estudiado por la comunidad de científicos.

Nicolás Copérnico

El proceso de transición del paradigma geocéntrico de Aristóteles y Ptolomeo por el heliocentrismo fue prolongado y sinuoso. El primer paso fue dado por el sacerdote polaco Nicolás Copérnico (1473-1543), responsable de perfeccionar (es decir, matematizar) el sistema heliocéntrico propuesto por Aristarco por el cual los planetas del Sistema Solar, en lugar de girar alrededor de la Tierra, lo hacen en torno al Sol. Copérnico, a diferencia de sus predecesores, fue un hombre del Renacimiento. Se educó en la Universidad de Cracovia donde estudió derecho canónico, pero también fue aprendiz de astronomía de Domenico Maria Novara en la Universidad de Bologna, en Italia. Posteriormente, se trasladó a Roma y luego a Padua donde cursó medicina, para afincarse finalmente en la catedral de Frauenberg, al este de Prusia, donde vivió sus últimos días⁵³. El neoplatonismo de Novara motivó a Copérnico a explicar el funcionamiento del universo en términos matemáticos, e inspirado en la obra de autores clásicos como Aristóteles, Ptolomeo y hasta Plutarco, *Sobre las revoluciones de los orbes celestes* marcó el hito inicial de una de las reformas paradigmáticas de la astronomía más importantes de la historia. El manuscrito, si bien fue finalizado a inicios de la década de 1530, tardó más de diez años en ser publicado por temor del autor a que su trabajo se viera ridiculizado. Finalmente, la obra fue impresa el mismo año de su muerte (1543) en la ciudad de Nüremberg bajo el título latino de *De Revolutionibus Orbium Coelestium* y dada conocer al mundo a partir de la fecha⁵⁴.

La obra de Copérnico era de matemáticas técnicas. A diferencia de Brahe, Kepler o Galileo él no era un observador asiduo de los cielos (no poseía un observatorio ni instrumentos adecuados, como telescopios) y su trabajo se asemejaba más al de un filósofo matemático que al de un

⁵² Kuhn, *La estructura*, 116.

⁵³ Crombie, *Historia de la Ciencia 2*, 167.

⁵⁴ Crombie, *Historia de la Ciencia 2*, 168.

matemático práctico⁵⁵. El principio fundamental del modelo heliocéntrico es sencillo: los planetas orbitan en torno al Sol, y lo que aparente ser el movimiento solar en realidad representa la traslación de la Tierra alrededor de este, pues la Tierra pasa a ser un planeta “más” del Sistema Solar⁵⁶. Esto implicaba necesariamente que, si bien la distancia del Sol a la Tierra se hacía considerablemente más lejana, esta era incomparable con la distancia a las estrellas fijas. Y es que el modelo copernicano aún preservaba ciertos principios de la física de Aristóteles: mantenía siete de las diez esferas concéntricas que iniciaba con Mercurio, Venus, La Tierra y la Luna (sustituyendo al Sol), Marte, Júpiter, Saturno y el Firmamento. Afirmaba, además la uniformidad y circularidad de las órbitas planetarias, pues estas representaban la perfección y el orden de un sistema armonioso⁵⁷. Indudablemente, el heliocentrismo copernicano encarnaba un modelo bastante más aproximativo que los paradigmas astronómicos predecesores. Introdujo un nuevo movimiento terrestre (de traslación), permitió calcular más precisamente el tamaño y las distancias de los planetas, y dibujó un orden más simple que el geocentrismo helénico. Copérnico corrigió ciertos elementos arbitrarios del modelo anterior, como los epiciclos y los ecuantos, y validó un modelo teórico apoyado en principios matemáticos⁵⁸.

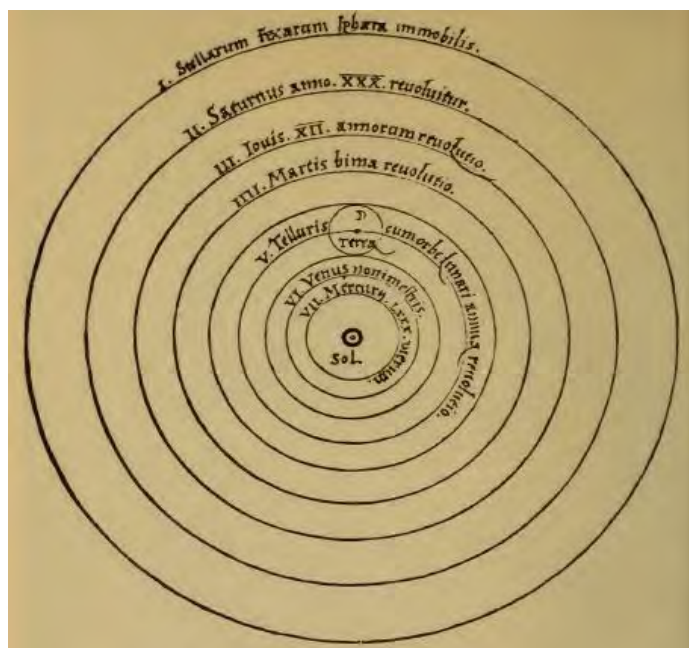
⁵⁵ Hall, *La Revolución Científica*, 69.

⁵⁶ En realidad, como señala Hall, el modelo copernicano no era estrictamente heliocéntrico, sino heliostático: el centro de órbita no es estrictamente el Sol, sino el centro de la órbita de la Tierra que se encuentra muy próxima a nuestra estrella, *La Revolución Científica*, 105. En cuanto a Newton, el centro del sistema se encuentra en un centro común de masas entre la Tierra y el Sol, que por la abismal diferencia gravitatoria, se encuentra extremadamente más próxima a nuestra estrella.

⁵⁷ Crombie, *Historia de la Ciencia 2*, 174.

⁵⁸ Crombie, *Historia de la Ciencia 2*, 177.

Ilustración 3: El sistema copernicano



Fuente: Copérnico, *De Revolutionibus Orbium Coelestium*, Nuremberg, 1543. Extraído de Crombie, *Historia de la ciencia 2*.

No obstante, a pesar de poseer estas ventajas, la astronomía copernicana, por sí misma, no presentaba evidencias suficientes que deslegitimaran al geocentrismo. Es decir, necesitaba de una física del movimiento planetario que matematizara el comportamiento de los cuerpos celestes mediante la fuerza de la gravedad, descubrimiento que necesitó de Isaac Newton para dilucidar⁵⁹. En ese sentido, el copernicanismo resultó igual de artificioso que la obra que deseaba rebatir, *El Almagesto*, solo con la excepción de que la premisa de fondo era correcta: la Tierra gira alrededor del Sol. Geométricamente era más simple, pero matemáticamente el modelo no generaba ningún valor agregado que indefectiblemente refutara la física de Ptolomeo. Además, al alejandrino le favorecía el sentido común. Copérnico parecía ser el inventor de un sistema matemáticamente elegante, pero intuitivamente inverosímil⁶⁰. La teoría de Copérnico no era más “exacta” que la de Ptolomeo ni tampoco condujo a mejoras en el calendario vigente de la época: el juliano. Su visión del cosmos apenas atrajo la atención de potenciales seguidores en las décadas inmediatas a la publicación de su libro. Solamente el sistema consiguió captar más adeptos cuando, *a posteriori*, se hicieron nuevos descubrimientos

⁵⁹ Suárez, *Astros, humores y cometas*, 77.

⁶⁰ Hall, *La Revolución Científica*, 70.

que ratificaron la teoría en detrimento de las geocéntricas⁶¹. Por tal motivo, Copérnico requirió de descubrimientos ulteriores, especialmente los de Kepler, Galileo y Newton para validar científicamente el modelo.

¿Cuáles fueron las repercusiones filosóficas del heliocentrismo copernicano? En primera instancia, la obra de Copérnico abrió un primer parteaguas que significó, posteriormente con Newton, la ruptura de la división del cosmos en dos regiones claramente diferenciadas: la terrestre y supralunar⁶²; lo corruptible de lo incorruptible. El universo, por tanto, debía ser homogéneo⁶³. Adicionalmente, aunque no estaba previsto debido a las limitaciones instrumentales y filosóficas del momento, el copernicanismo marcó el inicio del fin de la concepción de un universo estructuralmente cerrado por uno abierto, indefinido y potencialmente infinito⁶⁴. Por último, y más relevante aún, desplazaba a la Tierra de un lugar privilegiado en el cosmos: de ser el centro de un sistema premeditado a un planeta *más* en el cosmos. No se hacía necesario atribuir una arquitectura del universo para explicar su orden⁶⁵. Ello no solo obligó a entender los problemas de la astronomía y de la física de una forma radicalmente nueva, sino que también entró en discrepancias con los sistemas geocéntricos defendidos por la Iglesia Católica y, más importante aún, en contradicción con las Sagradas Escrituras.

A pesar de ello, el sistema copernicano no ponía en tela de juicio la Creación: seguía siendo obra y gracia de la Divinidad. Incluso Galileo Galilei defendió la idea de que censurar el modelo era equivalente a desacreditar pasajes enteros de la Biblia en los que Dios manifestaba su grandeza⁶⁶. No obstante, el 24 de febrero de 1616 la Santa Inquisición Romana declaró herética la tesis heliocéntrica por contradecir las Sagradas Escrituras y a los Padres de la Iglesia. Días más tarde, el 3 de marzo, el Index Romano incluyó *De Revolutionibus* en la lista de libros prohibidos hasta que sus premisas fueran corregidas. Las correcciones fueron efectuadas: en lugar de presentarse como un modelo de reemplazo al geocentrismo, el copernicanismo fue expuesto a modo de hipótesis. En 1620, cuatro años más tarde, el libro pudo ser nuevamente

⁶¹ Como la existencia de satélites en Júpiter, la fases de Venus o la existencia de cientos de estrellas nuevas que extendían el tamaño del universo.

⁶² Koyré, *Estudios*, 188.

⁶³ Jonas, Hans. «El siglo diecisiete y después: El significado de la revolución científica y tecnológica». *Guaragua* 29 (2008): 83.

⁶⁴ Koyré, *Estudios*, 154.

⁶⁵ Hans, *El siglo diecisiete y después*, 83.

⁶⁶ Glacken, *Traces*, 376.

leído e impreso en territorio sometido a la Inquisición Romana⁶⁷. La defensa del sistema, sin embargo, no tardó. En 1632 se publicó el *Diálogo sobre los máximos sistemas: ptolemaico y copernicano* de Galileo, primera obra de activismo científico en favor del heliocentrismo. Dicha publicación le granjeó graves problemas inquisitoriales que derivaron en su “arresto domiciliario” hasta abjurar de sus creencias.

Tycho Brahe

En los siglos posteriores, el sistema copernicano, con todos sus defectos, terminó configurándose como el “verdadero sistema del mundo”. No obstante, debido a lo controversial de sus premisas, así como por sus limitaciones empíricas, fue puesto en discusión por una importante cantidad de científicos entre los que destaca el nombre de Tycho Brahe (1546-1601), el primer observador sistemático de los cielos de la Modernidad Europea. El producto final de su obra desembocó en la realización del paradigma cosmológico más exitoso en Europa y América hasta la apropiación de Newton: el modelo geoheliocéntrico o tychónico.

Desde temprana edad, Brahe había mostrado habilidades para la astronomía al corroborar, tras la conjunción de Saturno y Júpiter en 1563, que las tablas astronómicas de Ptolomeo se encontraban equivocadas por un mes entero y las de Copérnico, publicadas dos décadas antes, por unos días⁶⁸. Posteriormente, y gracias al financiamiento del rey Federico II de Dinamarca, en 1576 se inició la construcción del primer laboratorio de observación astronómica de la historia en el castillo de Uraniborg, en la isla De Hven, donde terminó trabajando y publicó su sistema en 1588⁶⁹.

Brahe fue único entre los primeros científicos de la Modernidad por su insistencia en la importancia crucial de la medición cuantitativa exacta, y por ser el primer astrónomo europeo en utilizar las modernas coordenadas espaciales, calculando la posición de las estrellas no desde la eclíptica, sino desde el ecuador celeste⁷⁰. ¿En qué consistía el modelo propuesto por el sabio danés? Básicamente imitó el sistema copernicano por el cual los cinco planetas (Mercurio, Venus, Marte, Júpiter y Saturno) orbitan en torno al Sol, solo que este último (junto con el resto de planetas) lo hace también alrededor de la Tierra, que permanece inmóvil en el centro del

⁶⁷ Crombie, *Historia de la Ciencia 2*, 211.

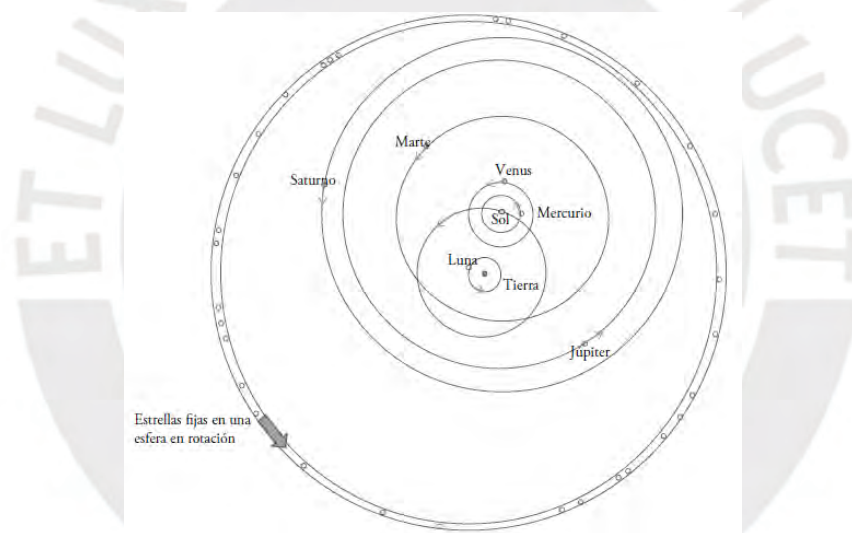
⁶⁸ Hall, *La Revolución Científica*, 209.

⁶⁹ Hall, *La Revolución Científica*, 313.

⁷⁰ Hall, *La Revolución Científica*, 208.

universo con la Luna orbitando en la primera esfera⁷¹. Este nuevo sistema, que refuta tanto a Ptolomeo como a Copérnico, era estructural y matemáticamente similar al de este último, solo que contaba con la increíble ventaja del sentido común y la intuición: no era necesario explicar el aparente movimiento terrestre⁷². Además, incluía los beneficios de los datos numéricos como la corrección de las tablas astronómicas. Por otro lado, sostenía que los cometas no se generaban por exhalaciones de la Tierra, sino que eran cuerpos celestes, y que las esferas concéntricas no podían existir como objetos físicos, ya que los asteroides y la órbita del Sol irrumpirían la de Mercurio, Venus y Marte (lo cual, visto desde el otro sentido, puede interpretarse como una “falla” del sistema desde una concepción aristotélica del cosmos, porque las esferas se cortarían mutuamente al cruzar órbitas⁷³).

Ilustración 4: Sistema cosmológico de Tycho Brahe



Fuente: Debus 1985, 166. Elaborado por Joaquín Guerrero. Extraído de Suárez, *Astros, humores y cometas*, 78.

El producto elaborado por Tycho Brahe era bastante original. Uno podría preguntarse, no obstante, por qué un sistema como este apareció posterior al copernicano y qué motivó al astrónomo danés a desconfiar de la física del polaco. Según Koyré, probablemente por las siguientes razones: en primer lugar, por una defensa de la doctrina cristiana cuyos postulados

⁷¹ Suárez, *Astros, humores y cometas*, 77.

⁷² Hall, *From Galileo to Newton*, 22.

⁷³ Hall, *La Revolución Científica*, 103, 210.

entraban en conflicto con las Sagradas Escrituras. Segundo, por la imposibilidad física de admitir el movimiento traslativo de la Tierra en una época que, previo a Galileo y Newton, era intuitivamente sencillo de refutar⁷⁴. El modelo de Brahe tuvo un éxito rotundo y primó como paradigma cosmológico entre las comunidades científicas de Europa occidental hasta bien entrado la segunda mitad del siglo XVII. Curiosamente, el discípulo del Tycho, el alemán Johannes Kepler, rechazó el sistema de su maestro, revivió el modelo de Copérnico y lo fortaleció con su descubrimiento de las tres leyes fundamentales de las órbitas planetarias. Si bien persistían en ideas de Kepler y Galileo nociones mágicas y alquímicas (hoy pseudocientíficas), ambos fueron líderes de una nueva generación de astrónomos y físicos que reforzaron el heliocentrismo y marcaron la pauta para la gran síntesis newtoniana de finales del XVII.

Hacia el cambio de paradigma en el siglo XVII: científicos modernos antes de Newton

El proceso de invención del pensamiento científico que surge en la Antigua Grecia, y que tuvo en Aristóteles, Aristarco y Ptolomeo a sus principales representantes en astronomía, se vio profundamente transformado con la llegada de la Modernidad. Es cierto que durante la Baja Edad Media existieron numerosos autores que se pueden calificar de científicos para su contexto histórico: Roger Bacon, Grosseteste, Nicolás de Cusa, Guillermo de Ockham, Leonardo da Vinci etc. Incluso, para algunos autores como A. C. Crombie, la Revolución Científica del siglo XVII se debe entender como un producto intelectual heredero de una primera fase de revolución del pensamiento occidental que data de los siglos XIII al XV⁷⁵. Sin embargo, pese a la creatividad científica que caracterizó a este periodo, lo ocurrido en el XVII, por su impacto posterior, constituye un fenómeno de magnitud sin precedentes.

Entonces, uno se puede preguntar qué factores históricos facilitaron el florecimiento de esta renovación en los albores del siglo XVII. Los más relevantes pertenecen al ámbito educativo y a la lectura: un aumento en la alfabetización letrada y matemática, un incremento notable en el número de potenciales lectores gracias a la invención de la imprenta y la proliferación del libro, y el acceso cada vez mayor a las universidades. Todo ello contribuyó a una incipiente democratización de la información que tuvo como correlato la extensión del conocimiento más

⁷⁴ Koyré, *Estudios*, 84.

⁷⁵ Para Crombie, la Revolución Científica del siglo XVII representa una aceleración y mejora cualitativa de las innovaciones de los siglos XIII al XV, en especial en lo referente a la matematización de los fenómenos físicos, la observación empírica e, inclusive, la experimentación. Crombie, *Historia de la Ciencia 2*, 110-122.

allá de los hombres de Iglesia, académicos y médicos, y su apertura a grupos no tradicionalmente ubicados en la casta religiosa⁷⁶.

Como se desarrolló en el acápite anterior, el Renacimiento europeo del siglo XVI se caracterizó no solo por la recuperación de la tradición clásica, sino, sobre todo, por su crítica⁷⁷. En astronomía fue el caso de Nicolás Copérnico frente al geocentrismo aristotélico-ptolemaico. Pese a ello, el polaco tuvo muy pocos seguidores en lo que restó del siglo. Por tanto, *De revolutionibus*, como indica Hall, debe entenderse más como una obra heredera y fruto maduro de siglos de tradición más que como obra “debutante” de la Revolución Científica⁷⁸.

No obstante, medio siglo después, de la mano de Johannes Kepler y Galileo Galilei la renovación empezó su curso. Es cierto que en sus trabajos todavía se pueden observar (por lo menos hasta la publicación de los *Diálogos* de Galileo en 1632) reminiscencias de un pensamiento mágico o esotérico, que en su contexto de producción, no eran incompatibles con lo que se entendía por “ciencia” o “filosofía natural”, pero sus investigaciones resultan fundamentales para comprender la astronomía y física modernas. Para el primer cuarto del siglo XVII aún no se puede hablar claramente de un proyecto de revolución científica, ni de “ciencia moderna”⁷⁹, pero en adelante la intuición y el sentido común ceden frente a la experimentación y a las matemáticas. Un nuevo tipo de ciencia, más mecanicista, matematizada, experimental e institucional emerge⁸⁰, y tuvo en la fuerza universal del movimiento su principal eje de investigación⁸¹.

Johannes Kepler

Johannes Kepler (1571-1630) fue, indudablemente, una de las figuras más importantes de la revolución astronómica del siglo XVII y el primer gran defensor del sistema heliocéntrico tras la muerte de Copérnico. De origen alemán, Kepler fue asistente de Tycho Brahe en Praga y luego se convirtió en el matemático imperial de la corte del emperador Rodolfo II del Sacro

⁷⁶ Hall, *La Revolución Científica*, 43, 44, 63, 316.

⁷⁷ Otro evento histórico que fomentó la crítica clásica fue el descubrimiento de América por los europeos.

⁷⁸ Hall, *La Revolución Científica*, 116.

⁷⁹ Hall, *From Galileo to Newton*, 35.

⁸⁰ Capra Fritjof, y Pier Luigi Luisi. «The Mechanistic Worldview». En *The systems view of life*, United Kingdom: Cambridge University Press, 2014, 7.

⁸¹ Hall, *From Galileo to Newton*, 36.

Imperio Romano Germánico, y de los sucesivos emperadores Matías I y Fernando II, hasta su muerte en 1630.

Las enseñanzas de Brahe fueron fundamentales en su formación como matemático y astrónomo, pues no solo aprendió enormemente del astrónomo más reconocido y capaz de la Europa de la segunda mitad del siglo XVI, sino que heredó más de treinta años de investigación del sabio danés⁸². A pesar de ello, su desarrollo como científico fue, en gran medida, independiente de las investigaciones de su maestro, hasta el punto de rechazar su paradigma cosmológico (geoheliocentrismo) para convertirse en ferviente defensor del modelo copernicano y el primero en elaborar teorías matemáticas que lo sustentara⁸³. Sus obras más destacadas fueron aquellas donde se presentaron sus tres leyes del movimiento planetario: las dos primeras en su *Astronomia nova sive physica coelestis* (1609) y la tercera en *Epistome Astronomiae copernicanae*, publicada entre 1618 a 1621. Estas fueron, sin lugar a dudas, las contribuciones científicas más resaltantes del astrónomo alemán, pues fue la primera vez en la historia que se teorizó matemáticamente el modelo heliocéntrico y constituyó un segundo paso fundamental (tras Copérnico) de la gran síntesis newtoniana.

Los valores y creencias detrás de la obra científica de Kepler se pueden clasificar, desde una mirada contemporánea, a partir de dos perspectivas: una científicamente moderna y la otra de “precientíficas”. La primera perspectiva remite necesariamente a una concepción del cosmos totalmente original e inédita: la idea de que el universo está regido en todas sus partes por leyes naturales universales de naturaleza estrictamente matemática. Esto no significa que detrás de su idea del universo no existiera una entidad creadora, llámase Dios; de hecho la hay, y fue el responsable de construir un universo ordenado, pero el lenguaje de su Creación estaba determinado por consideraciones matemáticas⁸⁴. Por ejemplo, Kepler descubrió mediante leyes matemáticas que las órbitas planetarias no eran circulares, sino elípticas y que las velocidades orbitales no podían ser uniformes, sino que varían periódicamente en función de la distancia relativa al Sol⁸⁵. Estas consideraciones, por tanto, debían producir principios generales de aplicación universal mediante la observación y no a partir de consideraciones apriorísticas⁸⁶.

⁸² Hall, *La Revolución Científica*, 207.

⁸³ Capra y Luisi, *The systems view*, 20.

⁸⁴ Koyré, *Estudios*, 47.

⁸⁵ Si bien esta idea permite entrever una incipiente idea de gravitación universal, esta es negada por el propio Kepler al sostener que la gravedad es propiedad de cada cuerpo celeste y no una fuerza universal. Koyré, *Newtonian Studies*, 173.

⁸⁶ Hall, *La Revolución Científica*, 212.

Esto derivó en una reflexión científicamente moderna por la cual las matemáticas, la medición y la física podían unirse en una síntesis, aunque ésta fuera incompleta (hasta Newton). En ese sentido, marcó una pauta que sirvió para normativizar la actividad astronómica (es decir, “científica”) tomando la exactitud de la observación y la matematización como criterios indispensables⁸⁷.

Sin embargo, su producción no refleja únicamente (ni mayoritariamente) un bagaje estrictamente renovador por el cual se deba atribuir toda su obra bajo el calificativo de “científicamente moderna”, sino que, como todo hombre de finales del siglo XVI e inicios del XVII, fue heredero del influjo precientífico de la época. Con “pre-ciencia” no nos referimos a un conocimiento pseudocientífico o anticientífico, sino a un tipo de filosofía natural cuyos principios epistemológicos no pueden definirse estrictamente como científicamente modernos. Esto no plantea una falsa dicotomía, sino lo complicado que resulta establecer los límites entre ciencia y pre-ciencia. En ese sentido, Kepler representa un caso paradigmático: fue el sintetizador de una filosofía natural nueva, original y “moderna”, sometido a un contexto histórico heredero de una ciencia antigua, preponderante metafísica, filosófica y hasta mágica.

Un primer campo de observación de la “precientificidad” de Kepler se puede observar en la persistencia de doctrinas aristotélicas en su obra. Previamente se calificó la física aristotélica de científica, pero dicho enunciado cobra validez en su contexto de producción. Al ser la ciencia un concepto en constante evolución, con la irrupción de los autores que dieron vida a la revolución del XVII, la terminología mutó, y la pre-ciencia pasa a convertirse en un concepto más adecuado para definir la mayor parte de la filosofía natural hasta entonces. De la influencia del Estagirita, señala Hall, Kepler fue el último de los grandes astrónomos en concebir la existencia de las estrellas fijas en una esfera concéntrica más allá de la órbita de Saturno⁸⁸. El universo del astrónomo alemán era uno bastante más extenso que el imaginado por Aristóteles y Ptolomeo, pero compartía la creencia de un universo finito limitado por una gigantesca bóveda estelar que marca los límites del universo⁸⁹. Por último, creía en la existencia de un cosmos jerárquicamente ordenado, sólo que en lugar de ubicar a la Tierra en el centro del sistema, lo hace en torno al Sol⁹⁰.

⁸⁷ Hall, *La Revolución Científica*, 221.

⁸⁸ Hall, *From Galileo to Newton*, 159.

⁸⁹ Koyré, *Estudios*, 48.

⁹⁰ Koyré, *Estudios*, 47.

Adicionalmente, el tiempo que Kepler le dedicaba a sus investigaciones no estaban dirigidas principalmente a la astronomía, sino a las cronologías⁹¹. Este estudio demandaba la conjunción de diversas disciplinas tales como la astrología, astronomía, filología e historia con el objetivo de reconstruir cronológicamente, mediante calendarios y observaciones astronómicas del pasado, los eventos históricos más importantes y “prevenir” eventuales catástrofes. Como astrólogo, Kepler creía en la injerencia de los astros (especialmente las conjunciones de Júpiter y Saturno) en los acontecimientos del mundo terrenal. Este era un tema que hasta el siglo XVII se tomaba con absoluta seriedad entre astrólogos, pues su estudio “permitía” anticipar posibles desastres en los reinos y mitigar sus alcances.

Ahora bien, lo que no se pone en duda es la modernidad del pensamiento científico de Kepler. El objetivo de Kepler presente en su proyecto científico es hallar la armonía y el orden del cosmos creado por Dios, meta “conseguida” con la matematización del heliocentrismo a través de las tres leyes del movimiento planetario. Es decir, la concepción kepleriana del universo era uno que partía de una búsqueda de origen griego (la armonía de las esferas), pero cuyo derrotero, a diferencia de los antiguos, no estaba previsto por atribuciones cualitativas, sino matemáticas. Esta es la base metafísica sobre la cual se edifica la obra del astrónomo alemán: una donde convergen un modelo astronómico (el heliocentrismo) con principios físicos debidamente matematizados, pero conservando, en sus bases epistemológicas, una herencia de larguísima existencia.

Por último, y sin soslayar los aportes científicos de Kepler, hay que reiterar que una época, donde la mayoría de las mentes brillantes fungían de astrónomos simultáneamente que astrólogos y alquimistas, resulta particularmente complicado marcar los límites entre lo científico y pre-científico. Estos límites empezaron a desdibujarse, aunque lentamente, con Galileo. Empero, antes de estudiar al científico italiano, debemos aterrizar en las principales innovaciones astronómicas de Kepler, sus limitaciones e implicancias para el desarrollo científico del siglo XVII.

Como se adelantó, el principal aporte de Kepler fue el descubrimiento matematizado de las tres leyes del movimiento planetario⁹². *Astronomia nova* (1609), obra donde presenta las dos primeras leyes, se redactó con la finalidad de desmentir el modelo de Ptolomeo, a Tycho Brahe

⁹¹ Al respecto véase Grafton, Anthony «Chronology, Controversy, and Community in the Republic of Letters, The case of Kepler ». En *World made by Words. Scholarship and Community in the Modern West*. United States of America: Library of Congress, 2009.

⁹² Capra y Luisi, *The systems view*, 26.

y corregir las fallas del copernicanismo. La primera ley constituye el primer ejemplo en la historia de la astronomía de un descubrimiento obtenido a partir de la búsqueda de una teoría universal⁹³. Aunque simple, su postulado era letal: los planetas del Sistema Solar se desplazan alrededor del Sol no en órbitas circulares - que bajo la filosofía aristotélica heredada por Copérnico implicaba una órbita *perfecta* - sino elípticas o excéntricas. Con ello, se liquidó el último vestigio del antiguo sistema orbital persistente en la modernidad. El afelio representa el punto más alejado del planeta frente al Sol y el perihelio el más cercano, siendo la velocidad orbital más lenta durante el primero y más rápida en el segundo.

Partiendo de esta premisa, Kepler postuló la segunda ley que establece que las áreas trazadas por un planeta desde un punto B a un punto A señalando en cada punto una línea recta hacia el Sol, así como el tiempo de recorrido, son iguales, lo que se sostiene la afirmación anterior de que las velocidades orbitales de los planetas dependerán de la cercanía o lejanía a nuestra estrella⁹⁴. Finalmente, la tercera ley, elaborada más de una década después en su obra *Epistome Astronomiae copernicanae* (1621), demuestra que el cuadrado del periodo orbital de un planeta en torno al Sol es directamente proporcional al cubo de la mitad más larga del diámetro de una elipse. De esta forma, Kepler logró teorizar los movimientos planetarios y reunirlos, por primera vez en la historia de la astronomía, en una gran síntesis.

A pesar de que Kepler inauguró una idea de hacer ciencia en donde la teoría matematizada se convirtió en el criterio principal para explicar el funcionamiento del cosmos, su sistema contaba con ciertas limitaciones. Se matematizó una nueva astronomía, así como se presentó la “forma de las cosas”, pero no se elaboró una explicación de su funcionamiento; es decir de las *causas* que operan en el universo⁹⁵. Las leyes de Kepler eran perfectamente descriptivas, pero no ofrecían una explicación de por qué las órbitas funcionan del modo en que lo hacen. En otras palabras, se podían describir las órbitas planetarias y señalar que estas son elípticas, pero no explicar qué fuerza o causa las producían. Se conocían las leyes del movimiento planetario, pero no la del movimiento de los objetos⁹⁶.

¿Qué impacto tuvo la obra de Kepler en el periodo inmediato a la publicación de sus investigaciones entre las comunidades de científicos y para la Revolución Científica del siglo

⁹³ Hall, *La Revolución Científica*, 211.

⁹⁴ *Historia de la Ciencia* 2, 181.

⁹⁵ Jonas, Hans. “El siglo diecisiete y después”, 91.

⁹⁶ Koyré, *Estudios*, 46.

XVII? Respecto a lo primero, su alcance fue muy reducido y apenas tuvo un pequeño grupo de simpatizantes hacia la década de 1630. Sin embargo, su legado fue imprescindible para la síntesis newtoniana de finales del XVII. Kepler no solo había descubierto las leyes de los periodos orbitales: terminó por destruir el geocentrismo griego con sus órbitas circulares y dio el primer paso para la elaboración de una astronomía *física* que unificara las dinámicas celestes y terrestres⁹⁷. Esto se consiguió recién con Newton quien necesito, aparte de Kepler, de Galileo Galilei: el gran científico del movimiento terrestre y voraz descubridor de fenómenos astronómicos.

Galileo Galilei

Según varios filósofos e historiadores de la ciencia, entre los que destacan Edmund Husserl y Alexandre Koyré, Galileo Galilei fue, en lo que respecta a las ciencias físicas y astronómicas, el primer científico moderno. Ello no desmerece lo realizado por Copérnico y Kepler; no obstante, el pisano inauguró una práctica que se configuró como canon entre los científicos posteriores: aparte de la exigencia matemática y la búsqueda de teorizar leyes universales, Galileo fue un asiduo creyente en la experimentación científica, inventor de instrumentos, un “antimágico”, y un hombre absolutamente convencido de la geometrización del espacio y de la verdad de sus descubrimientos⁹⁸.

Galileo nació en la ciudad de Pisa en 1564 en el Gran Ducado de la Toscana. Estudió en la Universidad de Pisa donde posteriormente se convirtió en catedrático a finales de la década de 1580. Sin embargo, él toscano se hizo realmente conocido con la cátedra de matemáticas y geometría en la Universidad de Padua, en donde ejerció como profesor de 1592 a 1610, años que coinciden con la invención de su telescopio y una cadena de descubrimientos astronómicos. Adicionalmente, en 1609 se une a la *Accademia dei Lincei*⁹⁹ de orientación científica (aunque no únicamente) en donde recibe, por cierto tiempo, respaldo institucional para sus investigaciones. En 1610 regresa a Florencia y se entrega totalmente a sus investigaciones sobre el sistema copernicano con el auspicio del Gran Duque¹⁰⁰, hasta su condena por la Inquisición Romana en 1633, y su arresto domiciliario que terminó tras la pérdida de su vista en 1638. Finalmente, falleció cuatro años después en su casa en la villa de Arcetri.

⁹⁷ Crombie, *Historia de la Ciencia* 2, 192.

⁹⁸ Koyré, *Estudios*, 49.

⁹⁹ Hall, *La Revolución Científica*, 134.

¹⁰⁰ Hall, *La Revolución Científica*, 152.

Galilei, al igual que muchos de sus predecesores (e infinidad de científicos posteriores) mantuvo la creencia en la circularidad y naturalidad de las órbitas planetarias¹⁰¹, una herencia del pasado aristotélico ampliamente extendida hasta la masificación y comprensión de los trabajos de Kepler sobre las órbitas elípticas. Su convicción se debía a dos razones: por ignorancia de los trabajos de Kepler, pero, sobre todo, por la importancia filosófica de la premisa: o bien las órbitas son circulares (perfectas), o el objeto en cuestión carece de movimiento, ya que el universo debe preservar un orden¹⁰². No obstante, ello, a diferencia de Kepler, la persistencia de elementos precientíficos fue mucho más escasa en su obra.

En ese sentido, Galilei consideraba que las matemáticas (la geometría) representaban la esencia de la física del movimiento: la única herramienta capaz de producir postulados teóricos de aplicación universal¹⁰³. Esta creencia no era exclusiva de Galileo. De hecho, era compartida por Kepler, Copérnico y otros filósofos de la naturaleza durante la Edad Media. Lo que hizo particular al pisano, en cambio, fue el grado de extensión que llevó de dicha creencia. Para Galileo, el “libro de naturaleza” está escrito en caracteres geométricos, lo que implica que la ciencia moderna debe reemplazar los conceptos cualitativos de la física de Aristóteles por una eminentemente cuantitativa. Todo aquello que no pueda ser sometido a medición queda excluido de una apropiada filosofía natural¹⁰⁴. Por tanto, se exige que los criterios de verdad científicos se hagan más amplios: como escribió en una carta dirigida al gran duque de la Toscana en 1618, para discutir los problemas de la naturaleza uno no debe remitirse únicamente a las Sagradas Escrituras o a la autoridad de los textos canónicos, sino que debe apelar a la experiencia y a la necesaria demostración empírica de los hechos¹⁰⁵.

Lo presentado denota un primer acercamiento a Galileo como un científico moderno. Galileo es, además, reconocido por ser uno de los primeros filósofos naturales en desarrollar el método científico moderno y ver en la teoría científica un derrotero indispensable en la obtención de principios universales. Este incipiente método científico parte de la idea, mencionada en sus *Diálogos sobre los dos máximos sistema del mundo* (1632), de que la ciencia nace de la observación y que solo la observación tiene la última palabra¹⁰⁶. Sin embargo, por sí misma es

¹⁰¹ La naturalidad de las órbitas planetarias se refiere a que el movimiento de los planetas se produce por la naturaleza de los cuerpos celestes y no por fuerzas externas que generan el movimiento. Crombie, *Historia de la Ciencia 2*, 194.

¹⁰² Hall, *From Galileo to Newton*, 44-45.

¹⁰³ Hall, *From Galileo to Newton*, 7.

¹⁰⁴ Koyré, *Estudios*, 276.

¹⁰⁵ Crombie, *Historia de la Ciencia 2*, 201.

¹⁰⁶ Crombie, *Historia de la Ciencia 2*, 138.

insuficiente. La observación requiere de mediciones y cálculos que permitan traducir la experiencia en teorías científicas. Y para conseguir ello, se convierte en requisito indispensable el experimento.

El principio de la inercia, elaborado inicialmente por el toscano (descrito en ley por Newton medio siglo después) es un ejemplo de ello: un principio matemático del movimiento de los objetos terrestres obtenido a partir de numerosos experimentos, ensayos, errores, y la búsqueda final de su teorización definitiva. Un caso más exitoso fue la elaboración de su ley de la caída libre (1590) por la cual dedujo, contra intuitivamente, de que en el vacío todos los cuerpos físicos, independientemente de su masa o composición, caen con la misma aceleración, refutando la idea aristotélica de que los cuerpos más pesados, por su naturaleza, caen más deprisa que los livianos. En ese sentido, derivó una teoría científica que establecía la aceleración de los objetos en el vacío como una constante de aplicación universal; esto es, en cualquier parte del cosmos¹⁰⁷. Por tanto, la creencia en que solo los experimentos pueden conducir a la validación de hechos matemáticos de aplicación universal fue uno de los legados más poderosos del pisano: institucionalizó una práctica inédita de hacer ciencia e hizo del experimentalismo, junto con Bacon, en una de las filosofías de la ciencia dominantes del siglo XVII¹⁰⁸.

Resulta muy complicado reducir la obra científica de Galileo a un único logro. La metodología experimental fue un legado importantísimo para la ciencia posterior. Estos experimentos estaban encaminados a descubrir fenómenos físicos con el uso de las matemáticas. Según Hans Jonas, “*su contribución realmente decisiva [de Galileo] al desarrollo de la ciencia moderna fue la fundamentación de una ciencia del movimiento, una “cinética” general*”¹⁰⁹. Mientras Kepler descubrió los principios del movimiento planetario, Galileo lo hizo con la dinámica terrestre y dio también un paso importante para la consolidación del primero. El número se consolidó, entonces, como la *explicación* del movimiento. Toda filosofía que deduzca principios universales debe ser matematizada. De no estarlo, no es filosofía natural.

Pese a todo lo anteriormente expuesto, en una época donde la alfabetización no era la norma y la comprensión del álgebra aún menos, las matemáticas y las leyes elaboradas a partir de estas resultaban ininteligibles para la mayoría de la población, incluso para la gente docta. El

¹⁰⁷ Koyré, *Newtonian Studies*, 212.

¹⁰⁸ Crombie, *Historia de la Ciencia* 2, 319.

¹⁰⁹ Jonas, *El siglo diecisiete*, 93.

telescopio, inventado en Italia por Galileo permitió, en ese sentido, extender el número de individuos hábiles para comprender los nuevos descubrimientos en astronomía. Si *De Revolutionibus* de Copérnico, las leyes de Kepler o la cinemática de Galileo no fueron suficientes para demostrar la validez del sistema heliocéntrico, el telescopio hizo de la cuestión un problema bastante más difícil de refutar.

Para Koyré, el telescopio galileano constituye el primer instrumento verdaderamente científico, una máquina agudizadora de los sentidos y una encarnación de la teoría¹¹⁰. Para Galileo, este invento inauguró un nuevo periodo en el conocimiento humano¹¹¹, un arma contra la cual la escolástica no tenía defensas, puesto que las pruebas estaban sencillamente marcadas por la observación directa de nuestros sentidos. En primer lugar, Galileo demostró que la Luna era rugosa como la Tierra, con montañas y valles, y no una superficie lisa como pensaba Aristóteles. Además, observó que el Sol poseía manchas y no superficialmente uniforme. Descubrió que Venus tenía fases (día y noche) y que estas debían producirse por el Sol. Detectó anomalías en Saturno, que cincuenta años después con el potenciamiento del telescopio, se dilucidó que se trataban de anillos. Halló miles de estrellas nuevas en el firmamento, por lo que el universo tenía que ser inconmensurablemente más extenso de lo que se creía. Por último, descubrió que Júpiter viajaba acompañado de cuatro satélites (Europa, Calisto, Ganímedes e Ío) y, tras años de observación, concluyó que estos orbitaban en torno a este¹¹². Todo ello, según el toscano comprobada la tesis copernicana: la Tierra debe girar alrededor del Sol.

Sin embargo, y pese a que la *verdad* aparentaba estar servida, el proceso de asimilación del copernicanismo fue bastante sinuoso. Tras la prohibición de este sistema por la Inquisición romana en 1616, Galileo declaró que esta medida implicaba prohibir la astronomía en su totalidad¹¹³. De hecho, aunque la prohibición no mencionaba en ninguna parte el nombre de Galileo, estaba implícito que la principal víctima era él¹¹⁴, quien era el más prominente defensor del heliocentrismo a inicios del siglo XVII.

Esta batalla por demostrar lo evidente (para él) le produjo serias tensiones con la Iglesia Romana. El desencadenante de la sanción inquisitorial de 1633 se produjo a raíz de la publicación de su obra magna *Diálogo sobre los máximos sistemas del mundo* (1632). En ella,

¹¹⁰ Koyré, *Estudios*, 50.

¹¹¹ Hall, *From Galileo to Newton*, 166.

¹¹² Hall, *La Revolución Científica*, 188.

¹¹³ Crombie, *Historia de la Ciencia 2*, 204.

¹¹⁴ Crombie, *Historia de la Ciencia 2*, 211.

Galileo no solo argumentó en favor de un sistema declarado herético por la Iglesia Católica, sino que lo hizo apelando a un lenguaje popular (no matemático) donde se burlaba de los filósofos que defendían el geocentrismo, y de argumentos empleados por el Papa para justificar el modelo. El castigo fue duro: tuvo que abjurar de sus creencias, se le prohibió comunicarse con otros eruditos y recibió arresto domiciliario por cinco años¹¹⁵. Pese a todo, Galileo nunca renunció a la fe católica, ni tampoco cuestionó el derecho de la Iglesia a censurar sus argumentos¹¹⁶, pero mantuvo su firmeza hasta el final de sus días. La últimas palabras, que se cree que fueron pronunciadas por él antes de morir, reflejan su convicción en el ocaso de su vida: *Eppur si muove*¹¹⁷.

La producción científica de Galileo, a pesar de sus revolucionarias contribuciones a la filosofía natural, tanto en mecánica terrestre como astronomía, presentaron obstáculos y limitaciones que trascendían a la autoridad de la Iglesia Católica y el sentido común. Quizás la principal “limitación” de su trabajo científico - aunque él nunca lo buscó - fue el no constituirse como paradigma científico. Se puede hablar de paradigma aristotélico, ptolemaico, copernicano y newtoniano, pero difícilmente se puede concebir la existencia de un “paradigma galileano” más allá de su fervor por la demostración matemática. Sus descubrimientos y explicaciones parecen ser inconexas, y en caso de guardar un sentido, solo fungen como refuerzo a la astronomía de Copérnico. Salvo por las escasas leyes que descubrió, su obra carece de un sistema que brinde términos universales de explicación; es decir, nunca pudo - o nunca tuvo como objetivo - elaborar una síntesis que unifique su obra, como Aristóteles, Copérnico y, en especial, Newton¹¹⁸.

Copérnico sentó las bases de la nueva idea del cosmos, Kepler descubrió las leyes orbitales planetarias y Galileo dio el primer paso para unificar la mecánica terrestre con la celeste a través de la ley de la caída de los objetos y el principio de inercia, así como la invención de un instrumento que “validó” empíricamente el modelo heliocéntrico; pero aún en su trabajo faltaba el *porqué* de las cosas; es decir, qué mecanismo hace que los cuerpos se comporten de la forma que lo hacen. La respuesta la encontramos en el sabio inglés, quien vio en Descartes un modelo de inspiración a refutar para su famosa síntesis.

¹¹⁵ Hall, *La Revolución Científica*, 203.

¹¹⁶ Hall, *La Revolución Científica*, 185.

¹¹⁷ “Y, sin embargo, se mueve”.

¹¹⁸ Hall, *La Revolución Científica*, 201.

René Descartes (1596-1650) es, con poco lugar a discusión, el primer gran filósofo de la Modernidad. La obra del francés es gigantesca: no solo destacó por ofrecer una aproximación filosófica de la física, sino que también fue un estupendo matemático. Al igual que Kepler y Galileo, Descartes creía que la potencialidad de las matemáticas trascendía los estrechos límites de la filosofía natural¹¹⁹. Pese a ello, la historiografía y la filosofía de la ciencia lo han reconocido por ser el inventor de una epistemología nueva de la naturaleza, más que como matemático. Esto se debe a una poderosa razón: desde Aristóteles ningún filósofo creó un fundamento metafísico tan exitoso que abarcara por completo una explicación racional de todos los fenómenos de la naturaleza¹²⁰. Y esta nueva filosofía de la naturaleza tuvo un impacto notable no solo en su tiempo, sino que, complementada por numerosos científicos posteriores, prevaleció hasta bien entrado el siglo XX: el mecanicismo cartesiano¹²¹.

La visión organicista del mundo, de origen griego y de gran impacto en el mundo cristiano occidental hasta la segunda mitad del siglo XVII sostiene que el *todo* existe primero (desde la mente de un gran artesano), antes que en sus partes. Esto es, que el comportamiento del todo explica las acciones y reacciones de sus partes. Esta mirada fue sustituida en la segunda mitad del XVII por el mecanicismo: el todo (por ejemplo, las leyes de la naturaleza) se explica necesariamente a partir de la suma de sus partes, (por ejemplo, la Tierra constituye al igual que los otros planetas una “parte más” de este todo), y que esta gran máquina que conforma todo el sistema se entiende en términos geométricos¹²². De tal manera que las causas finales quedan suprimidas, pues el sistema puede prescindir de un “gran artesano” y sustituirlo por las leyes físicas de la naturaleza¹²³.

El sistema cartesiano nace de la afirmación de que el mundo se divide en dos reinos independientes y separados: el reino de la mente o *res cogitans*, y el mundo físico o material denominado *res extensa*¹²⁴. Dentro de este segundo reino, el del mundo material, las cosas se explican a partir de la reducción de sus partes a los elementos más simples, y que la suma de

¹¹⁹ Hall, *La Revolución Científica*, 177.

¹²⁰ Hall, *La Revolución Científica*, 265.

¹²¹ Esta es la tesis central del libro de Fritjof Capra y Pier Luigi Luisi, la cual sostiene que el mecanicismo cartesiano trascendió como paradigma científico no solo en el mundo estrictamente físico, sino también en las ciencias biológicas, sociales y hasta en la administración de empresas. *The systems view of life*, United Kingdom: Cambridge University Press, 2014.

¹²² Crombie, *Historia de la Ciencia 2*, 161.

¹²³ Glacken, *Traces*, 378.

¹²⁴ Capra y Luisi, *The systems*, 24.

estos explican la totalidad del sistema mecanicista. La materia, por tanto, conforma las piezas de todo este engranaje: el resultado es una visión materialista del mundo que suprime toda explicación teológica por las fuerzas de la naturaleza¹²⁵.

En este mundo, los animales, las plantas, los planetas y toda la materia son máquinas dentro del sistema. Incluso, lo vivo es presentado como una máquina más, pues para Descartes los animales y las plantas pueden reducirse a simples sistemas de reflejos carentes de pensamiento. Solo el ser humano por su cualidad pensante (*res cogitans*), su racionalidad innata y posesión de un alma representa la excepción al sistema¹²⁶. El detalle está en que Descartes elevó el maquinismo de siglos anteriores a un nuevo nivel: al incorporar las máquinas en una explicación racional del mundo natural, llegó al mecanicismo, pues antes de él se creía que la mecánica era solo una manera de crear artificios, no un sistema de explicación universal racional¹²⁷.

De esta forma, la reducción del todo a las partes (el mecanicismo) se convirtió en la base de toda explicación racional del sistema del mundo. Lo planteado por Descartes se consolidó como un verdadero paradigma científico: una explicación universal de las cosas. El cartesianismo fue adoptado por la mayoría de los círculos académicos y científicos de la Europa continental y se convirtió así en la filosofía natural más exitosa del siglo XVII. Tuvo una influencia notable, por ejemplo, en la *Royal Society* de Londres y en la Academia de Ciencias de París¹²⁸, las dos instituciones científicas más importantes de Europa hasta el siglo XIX. La ventaja más sobresaliente del cartesianismo como sistema residía en su renovada explicación universal de la naturaleza, una que no se había elaborado desde tiempos aristotélicos. En ese sentido, Descartes encarnaba para muchos filósofos una alternativa adecuada frente al aristotelismo agonizante y la incapacidad de Galileo por proporcionar explicaciones generales de la naturaleza. Descartes fue ese espíritu conductor de una época filosóficamente huérfana, pero vivaz¹²⁹.

Además de filósofo, Descartes fue un prodigio de las matemáticas. Su visión del cosmos era uno gobernado por números, específicamente en caracteres geométricos. Como matemático, el

¹²⁵ Koyré, *Newtonian Studies*, 109.

¹²⁶ Hall, *La Revolución Científica*, 195-196.

¹²⁷ Laguna, Rogelio, "De la máquina al mecanicismo: breve historia de la construcción de un paradigma explicativo" *Revista colombiana de filosofía de la ciencia* 16 (2016), 68-69.

¹²⁸ Crombie, *Historia de la Ciencia* 2, 304.

¹²⁹ Hall, *La Revolución Científica*, 302.

francés logró unificar dos sistemas matemáticos en un solo marco conceptual: la geometría, regida por la aritmética, y el álgebra dieron lugar a la geometría analítica, un método de hacer visibles fórmulas y ecuaciones algebraicas en formas geométricas¹³⁰. Este método, sin embargo, solo contaba con una limitación: no podía calcular la aceleración (y desaceleración) de un objeto en un momento exacto. Para ello se requirió de la invención del cálculo infinitesimal logrado de forma independiente por Newton y Leibniz¹³¹.

Este mundo, entendido como una perfecta máquina gobernada por leyes matemáticas (geométricas) fue posteriormente completado por Isaac Newton (aunque también buscó refutar ciertas opiniones de Descartes) en sus *Principia*, cuya gran síntesis coronó la Revolución Científica del siglo XVII¹³². No obstante, a pesar que la síntesis newtoniana contribuyó a fortalecer la tesis principal del mecanicismo cartesiano, donde las leyes matemáticas de la naturaleza (el “todo”), se pueden reducir a la suma de sus partes, la obra nace en respuesta a ciertas discrepancias con el cartesianismo presente principalmente en la obra *Principia Philosophiae* (1644), en donde el francés expuso su teoría sobre los vórtices¹³³, refutada más adelante con la matematización definitiva de la ley de la gravitación universal.

Ahora bien, el cartesianismo en su vertiente cosmológica fue el último paradigma astronómico de gran éxito antes de Newton, pero presentaba falencias. Quizás lo más resaltante fue su escaso experimentalismo. Por un lado, el mecanicismo perduró hasta bien entrado el siglo XX, pero la cosmología de los vórtices fue rápidamente rebatida por Newton antes de finalizar el siglo XVII. Se siguió hablando de Descartes en Europa durante todo el XVIII, pero difícilmente podemos considerar su astronomía un modelo vigente en la actualidad, a diferencia del newtonianismo¹³⁴.

Bacon, Boyle y Huygens

Los tres personajes estudiados representan las tres figuras más destacadas de la cosmología occidental y fueron figuras centrales en la Revolución Científica del siglo XVII. Pero la filosofía de la naturaleza comprende más que solo astronomía. En lo que resta de este capítulo

¹³⁰ Capra y Luisi, *The systems*, 100.

¹³¹ Jonas, *El siglo diecisiete*, 96.

¹³² Glacken, *Traces*, 391. Capra y Luisi, *The systems*, 24.

¹³³ Teoría por la cual se creía que el espacio está compuesto por una sustancia denominada éter que gira en forma de vórtices alrededor de los cuerpos celestes produciendo las órbitas de los planetas alrededor del Sol.

¹³⁴ Koyré, *Newtonian Studies*, 54.

se reseñan brevemente otras tres figuras destacadas del periodo. Uno ligado al método, otro vinculado con la química y el experimentalismo, y el último orientado a la física: los británicos Francis Bacon y Robert Boyle, y el neerlandés Christiaan Huygens.

De la misma generación que Galileo, Francis Bacon (1561-1626) fue uno de los pioneros del renovado método científico de la Modernidad. Similar al toscano, en la filosofía natural de Bacon residía un propósito de ciencia nuevo en contraste con épocas pretéritas: la filosofía natural como herramienta para ganar poder sobre la naturaleza¹³⁵. Siguiendo esta línea, el legado del británico se observa no tanto en su producción como filósofo de la naturaleza (no era matemático ni observador asiduo de los cielos), sino como metodista: un intelectual que planteó miradas renovadoras de cómo concebir la empresa científica, empleando el empirismo-experimentalismo y el inductivismo.

Bacon concebía la labor científica a través de procedimientos metódicos con el objetivo de responder preguntas acerca del mundo natural. Estos procedimientos no son aleatorios, sino que parten de una metodología rigurosa que emplea la experimentación, la matematización y el raciocinio inductivo como rutas para llegar a las respuestas. Es decir, Bacon enseñó que el conocimiento científico puede construirse a través de la elaboración de preguntas que las matemáticas, los experimentos y la inducción son capaces de responder¹³⁶. Como menciona en su *Novum Organum* (1620) “Debemos preparar una historia natural experimental” (Libro II, aforismo 10)¹³⁷. La experimentación debe conducir a la obtención de datos particulares, que mediante la inducción deben generalizarse para elaborar conclusiones generales sobre los fenómenos de la naturaleza.

El impacto de Bacon fue notable en Inglaterra. Junto con el racionalismo cartesiano, el experimentalismo-inductivismo de Bacon (y Galileo) fueron las filosofías científicas más populares de Europa, especialmente en las islas británicas. De hecho, gran parte de los fundadores de la *Royal Society* en 1660 se consideraban sus discípulos¹³⁸, entre los que definitivamente destaca el padre de la química moderna: Robert Boyle.

Robert Boyle (1627-1691) fue un destacado científico británico, pieza fundamental de la Revolución Científica del siglo XVII. A Boyle se le reconoce por ser uno de los precursores de

¹³⁵ Crombie, *Historia de la Ciencia* 2, 286.

¹³⁶ Crombie, *Historia de la Ciencia* 2, 287. Hall, *From Galileo to Newton*, 130.

¹³⁷ Citado en Crombie, *Historia de la Ciencia* 2, 292.

¹³⁸ Hall, *From Galileo to Newton*, 104.

la química moderna. Sin embargo, esta denominación es reciente, porque para la segunda mitad del XVII no existía propiamente una ciencia de los materiales o de la transformación de las sustancias.

El área de especialización del científico inglés fue el estudio de la composición del aire. Fue el primer gran filósofo de la naturaleza en descubrir que el aire no es una sustancia inerte, sino que está compuesto por gases cuyo comportamiento cambia dependiendo de numerosas variables, como la presión, el volumen o la ausencia (vacío) a la que está sujeta. Esta ciencia recibe el nombre de neumática y su principal instrumento de estudio corresponde a la bomba de aire. Contando con instrumentos y un objeto de estudio fijo, la investigación científica de Boyle no podía ser de otra forma más que experimental. Después de Galileo, el británico, influenciado por Bacon, fue uno de los máximos defensores del método experimental en Inglaterra de la segunda mitad del siglo XVII, metodología que consideraba como la única válida para construir hechos científicos¹³⁹.

Fueron numerosos los experimentos que realizó Boyle con la bomba de aire. En el vacío descubrió que el sonido cesaba, los animales perecían, el fuego se extinguía, el agua caliente hervía descontroladamente, mientras que la luz no se veía alterada¹⁴⁰. En ese sentido, para Boyle solo el experimento y nada más que el método experimental (apoyado por instrumentos precisos) resulta como modelo apropiado para construir conocimiento científico auténtico o *matters of facts/assent* (cuestiones de hecho)¹⁴¹. Cualquier otra filosofía de la naturaleza fundada en otros principios no estaba destinada, entonces, a producir juicios científicos.

Sin embargo, los experimentos, por sí solos, no producen información científica precisa si no se cuenta con materiales adecuados para asegurar el máximo de fiabilidad. Al igual que el telescopio de Galileo o el microscopio de Hooke, la bomba de aire permitía agudizar el uso de los sentidos que resultan fundamentales, desde un punto de vista empírico e inductivo, para generalizar la experiencia de los resultados obtenidos¹⁴². Pero, además, se requería de un espacio delimitado de trabajo donde realizar adecuadamente los experimentos. En esta época es cuando se construyeron los primeros laboratorios científicos, donde no solo se hacían los

¹³⁹ Steven Shapin y Simon Schaffer, *Leviathan and the Air-Pump. Hobbes, Boyle and the experimental life* (Oxford: Princeton University Press 2011 [1985]) 7.

¹⁴⁰ Hall, *La Revolución Científica*, 393.

¹⁴¹ Shapin y Schaffer, *Leviathan*, 4, 22.

¹⁴² Shapin y Schaffer, *Leviathan*, 36.

experimentos, sino que también permitían ser observados por testigos que acreditasen los resultados obtenidos¹⁴³.

Este grupo de testigos estaba conformado por especialistas. Aparte de Robert Hooke¹⁴⁴, uno de los más cercanos a la labor de Boyle y miembro de la *Royal Society* fue el neerlandés Christiaan Huygens. Al igual que Galileo, fue un apasionado de los cielos. A mediados del siglo XVII descubrió con un telescopio potenciado los anillos de Saturno y su satélite principal, Titán, lo que sirvió para proporcionar evidencia adicional en favor del sistema copernicano. Por otra parte, fue el físico más destacado en la rama de la óptica hasta la publicación de *Opticks* por Newton en 1704. Finalmente, teorizó sobre la fuerza centrífuga y la aceleración gravitacional de los objetos en el vacío que luego sirvieron a Newton para elaborar su ley de la gravitación universal en 1687.

Por más que no existió ningún hecho o proceso histórico que indefectiblemente desembocara en esta revolución del pensamiento, para la segunda mitad del XVII el cambio parecía inevitable. La autoridad y el sentido común paulatinamente empezaban a palidecer frente a lo contraintuitivo, la experimentación y las matemáticas. Los autores analizados sirven para ejemplificar cómo el concepto tradicional de filosofía natural o ciencia fue cambiando progresivamente hasta la culminación de la Revolución Científica con Newton. Sin embargo, es importante no soslayar el hecho de que no existía una línea clara que demarcara la actividad científica de la precientífica: personas como Kepler, Bacon y Boyle eran magos o alquimistas al igual que científicos con una vocación cada vez más moderna. Asimismo, otros como Galileo nunca renunciaron totalmente al aristotelismo o privilegiaron, como Descartes, el juicio filosófico sobre el matemático para explicar el sistema del mundo. Además, salvo por el mecanicismo, ninguna de las visiones atentaba contra la religión y ninguno de los autores coqueteaba con posiciones ateas o anticristianas¹⁴⁵. Pese a ello, estos hombres marcaron un precedente, una pauta sin la cual Newton nunca pudo siquiera imaginar las leyes con las que luego conquistó la naturaleza. Efectivamente, estaba parado en hombros de gigantes.

En el siguiente capítulo el propósito será justamente indagar en aquellos elementos y características que nos permiten hablar de una revolución en la filosofía natural que deriva en

¹⁴³ Shapin y Schaffer, *Leviathan*, 56, 334.

¹⁴⁴ Célebre autor de la obra *Micrographia*, el primer trabajo de publicación científica a través del dibujo de animales, insectos y objetos facilitados por la invención del microscopio, fue uno de los primeros teóricos de la ley de la gravitación.

¹⁴⁵ Hall, *La Revolución Científica*, 183-184.

el surgimiento de la ciencia moderna, se continúa con una evaluación de la obra magna de la Revolución Científica del XVII, *Los Principios matemáticos de la filosofía natural* de Isaac Newton como paradigma de la nueva ciencia y se finaliza con una problematización del término desde la historiografía hispanoamericana.

Capítulo II: Isaac Newton en el contexto de la Revolución Científica del siglo XVII

“La naturaleza es un libro escrito en lenguaje matemático”

Galileo Galilei (Saggiatore [Ensayista] 6)

El siglo XVII, empleando el lenguaje de Kuhn, fue el siglo de las revoluciones científicas. Fue en esta centuria cuando se cimentaron las bases definitivas de la ciencia moderna: una empresa europea que, a partir de un grupo reducido de autores, forjaron las bases de la cultura científica contemporánea. Esta mirada, sin embargo, resulta incompleta si abarcamos la actividad científica en su totalidad¹⁴⁶. En ese sentido, debemos centrarnos en aquellas disciplinas que fueron las protagonistas de la revolución: las ciencias físicas. El siglo XVII fueron cien años de un esplendor extraordinario en astronomía y mecánica. ¿Qué elementos propiciaron esta revolución en el campo de la ciencias físicas y astronómicas? En este acápite se indican los más resaltantes: matematización, experimentalismo, nuevas metodologías (como el inductivismo) e institucionalización: una inédita empresa intelectual destinada a explicar de forma revolucionaria los fenómenos físicos de la naturaleza. Empero, antes de desarrollar las características, debemos proporcionar una definición de “ciencia moderna”.

¹⁴⁶ Por ejemplo, los estupendos avances científicos conseguidos en el siglo XVI por los imperios ibéricos en ciencias como la geografía, cosmografía, náutica, medicina, botánica y del mundo natural permiten hablar de una “revolución científica” del siglo quinientos. Esto se profundiza más adelante, en el tercer acápite del presente capítulo.

Una nueva filosofía natural: definición y características de la ciencia moderna

El término moderno de “ciencia” deriva de la palabra *scientia* (en latín) que significa “conocimiento”. Mantuvo este significado durante la Edad Media, el Renacimiento y la Revolución Científica del siglo XVII¹⁴⁷. En el siglo XVII el término moderno de ciencia era “filosofía natural”, es decir, el estudio del mundo que existe independientemente de los seres humanos. A modo de ejemplo, la obra científica más importante de esta centuria, los *Principia* de Newton recibió el nombre completo de los “Principios matemáticos de la *filosofía natural*”.

Ahora, cuando se habla de ciencia en términos modernos, nos referimos a un cuerpo de conocimiento organizado elaborado a partir del método científico que surge en el siglo XVII, se desarrolla a lo largo de este siglo y el siguiente, y se consolida definitivamente en el XIX. Sucintamente, el método científico exige criterios rigurosos de observación, el empleo de herramientas matemáticas para describir la naturaleza y de experimentos¹⁴⁸. Estos elementos son constitutivos de la ciencia moderna, pero ¿de qué se diferencia de lo anterior? Brevemente se busca esclarecer esta interrogante.

En palabras de Koyré, la ciencia moderna (en astronomía y física) inicia con la sustitución de un cosmos como una unidad cerrada y finita, además de jerárquicamente ordenada y configurada mediante criterios cualitativos, por un universo abierto, infinito, homogéneo gobernado por leyes universales construidas matemáticamente¹⁴⁹. Ahora bien, existen elementos adicionales. El surgimiento de la ciencia moderna también se trató de individuos haciéndose nuevas preguntas, cuyas respuestas solo podían ser obtenidas mediante la experimentación y la abstracción matemática, sin alegar a la “naturaleza” de las cosas. Asimismo, la ciencia moderna relegó las inquietudes metafísicas a un segundo plano (aunque no las suprime) y priorizó las preguntas que solo pueden responderse desde lo físico. Es decir, todo aquello que puede ser medido, pesado o comparado mediante conceptos aritméticos, geométricos, algebraicos o cálculos se convierten en el centro del objeto de estudio, cuyos resultados requieren de experimentos para ser corroborados¹⁵⁰.

Esta nueva ciencia representó también una ruptura con los modelos clásicos heredados de la Edad Media. La ciencia moderna termina por rechazar a los antiguos y su ciencia cualitativa,

¹⁴⁷ Capra y Luisi, *The systems*, 1.

¹⁴⁸ Hall, *La Revolución Científica*, 14.

¹⁴⁹ Koyré, *Estudios*, 181.

¹⁵⁰ Crombie, *Historia de la Ciencia* 2, 287

principalmente Aristóteles, pero también a los Padres de la Iglesia, como Santo Tomás de Aquino, cuya búsqueda estaba marcada más por el significado de las cosas, que por el control y dominio sobre la naturaleza.¹⁵¹ De esta manera, se expulsa de la filosofía natural todo lenguaje conceptual que emplea términos como *armonía*, *perfección*, *valor* o *significado*¹⁵² y se reemplaza por la primacía de la experimentación y las matemáticas. El uso sistemático de estos dos métodos produjo una aceleración radical del conocimiento positivo, lo que contribuyó a la Revolución Científica del siglo XVII¹⁵³.

Este proceso comienza en la primera mitad del siglo XVI, experimentó una notable aceleración a partir del 1600 y finaliza al término de ese siglo. Esto nos lleva a plantear la siguiente pregunta: ¿fue una “revolución” o más bien una “evolución” hacia la ciencia moderna?¹⁵⁴ Las revoluciones, según Jonas, son entendidas como cambios bruscos, radicales, completos y muy acelerados en el tiempo¹⁵⁵. Los tres primeros puntos son característicos de la ciencia moderna. ¿Sin embargo, se puede hablar, por lo tanto, de una revolución de casi doscientos años de duración? Más allá de la precisión terminológica, lo claro está en que el surgimiento de la ciencia moderna no se puede entender como un acontecimiento aislado ni como un evento puntual, sino como un proceso histórico contingente, cuyas causas, consecuencias y hechos particulares no fueron inexorables.

La etapa que corresponde con la primera mitad del siglo XVII se caracteriza por el uso cada vez más frecuente del término “curiosos” para designar a un grupo de filósofos de la naturaleza que plantean nuevas preguntas, al tiempo que la “curiosidad” perdió toda connotación negativa en los sectores seculares¹⁵⁶. Hacia alrededor de 1640, cuando los trabajos de Galileo empezaron a hacerse conocidos, los criterios de delimitación científica se achicaron: no se necesitaron ni de magia ni de fuerzas ocultas o esotéricas para producir enunciados científicos, solo una intensificación del método experimental y matemático. Paulatinamente, la alquimia, la magia y la astrología fueron perdiendo credibilidad en los círculos científicos en favor de la química,

¹⁵¹ Capra y Luisi, *The systems*, 19. Burke, *A social history of knowledge* (USA: Polity Press, 2000) 39.

¹⁵² Koyré, *Newtonian studies*, 7.

¹⁵³ Crombie, *Historia de la Ciencia* 2, 22.

¹⁵⁴ Redondo Francisco, “Algunos rasgos de la revolución científica en el siglo XVII”, *Boletín. Instituto de estudios giennenses* 198 (2009): 2.

¹⁵⁵ Jonas, *El siglo diecisiete*, 75.

¹⁵⁶ Burke, *Social history*, 111.

la física y la astronomía¹⁵⁷. La filosofía natural se hacía cada vez más “ciencia”, mientras lo primero descendía al mundo de lo precientífico.

A partir de lo anteriormente expuesto, se puede definir a la ciencia moderna como una empresa intelectual con un cuerpo organizado de conocimiento que surge en el XVI y se radicaliza en el XVII, compuesto por filósofos de la naturaleza o “curiosos” que abandonan progresivamente los criterios de autoridad de la antigüedad y el medioevo, así como los principios de armonía, significado y orden de la cosas que definen a la preciencia, en reemplazo por nuevos conceptos de trabajo como la experimentación, un renovado método científico y la generalización del uso de la abstracción matemática para explicar los fenómenos físicos del mundo natural, todo esto propiciado por una progresiva, pero firme profesionalización e institucionalización de la actividad científica.

El auge de las matemáticas

“La naturaleza es un libro escrito en lenguaje matemático” declaraba Galileo a inicios del siglo XVII. En la Antigüedad y la Edad Media, como se observó, no es que las matemáticas fueran despreciadas por los filósofos, sino que no eran consideradas instrumentos legítimos para producir juicios de verdad sobre el mundo natural: no podía explicar la naturaleza de las cosas ni la esencia de los objetos físicos¹⁵⁸. El cambio se produjo cuando se demostró la necesidad de reemplazar los sistemas semicualitativos del pasado por nuevos modelos explicados por abstracción matemática. Las matemáticas ya no eran simplemente una ciencia práctica de demostración, sino el pilar de la teoría científica: la herramienta por defecto del mundo natural. Todo aquello que no podía ser cuantificable, por tanto, quedó relegado al plano de lo extracientífico.

Para comprender el mundo natural a cabalidad, se hizo necesario establecer leyes que otorguen orden, verosimilitud y sentido de predicción a los hechos. El primer ejemplo en física moderna se observa con la ley de la caída libre de los objetos de Galileo de 1590, y en astronomía con las tres leyes del movimiento planetario de Kepler elaboradas mediante razonamientos matemáticos, que pasaron a convertirse en la base de la explicación científica. Toda ley del movimiento *tiene* que ser matemática.

¹⁵⁷ Hall, *La Revolución Científica*, 145.

¹⁵⁸ Crombie, *Historia de la Ciencia* 2, 130.

Newton fue, sin espacio a discusión, el matemático más prolífico (junto con Leibniz) de la segunda mitad del siglo XVII e inicios del XVIII. El británico desarrolló en sus *Principia* tres leyes de la naturaleza y la ley de la gravitación universal¹⁵⁹. Para Newton, y un gran número de sus predecesores, las leyes de la naturaleza solo podían derivarse del razonamiento matemático. Para descubrirlas, Newton tuvo que inventar un nuevo tipo de matemáticas, el cálculo infinitesimal¹⁶⁰, que va más allá del álgebra, la trigonometría, o incluso, de la geometría analítica de Descartes, ya que permite calcular la aceleración de los cuerpos sólidos, desde piedras, asteroides hasta planetas en cualquier momento, así como brindar una definición matemática del concepto de “infinito” que por siglos había intrigado a los filósofos¹⁶¹. Esto resultó vital para derivar matemáticamente la ley de la gravitación que se mantuvo esquiva a muchos científicos en el pasado¹⁶². El significado de este descubrimiento radica en su aplicación universal¹⁶³. Es decir, se hace válido para todo cuerpo del Sistema Solar, incluidos los asteroides y cometas. Esta universalidad de la ley, como con los ejemplos anteriores, solo se garantiza con el uso de los números.

Ahora bien, la filosofía natural abarcaba varias ramas de lo establecido hoy como ciencia. De todas ellas, la mecánica fue la rama científica que recibió el mayor empleo de los recursos matemáticos¹⁶⁴. La extensión de las matemáticas al estudio de todo el mundo físico, en concreto la aplicación de las matemáticas al movimiento de los cuerpos (mecánica), fue lo que reconfiguró toda la concepción del hombre sobre el cosmos y permitió la refutación de la cosmología aristotélica en su totalidad¹⁶⁵.

Fue este proceso que comenzó con la geometrización de la naturaleza por parte de Kepler y la matematización de la ciencia del movimiento de los cuerpos reales por Galileo (consolidado posteriormente por Newton) lo que proporcionó un modelo para las ciencias físicas del siglo XVII en adelante¹⁶⁶. El movimiento y el reposo ya no eran propiedades inherentes a la naturaleza de los cuerpos como se creía antes, sino que existen en relación con los otros cuerpos

¹⁵⁹ Sobre una explicación detallada de la ley y sus implicancias filosóficas lo abordaremos en el siguiente acápite.

¹⁶⁰ Dividido en cálculo diferencial e integral.

¹⁶¹ Capra y Luisi, *The systems*, 102.

¹⁶² Por ejemplo, Robert Hooke creía en la existencia de una relación gravitatoria proporcional entre la masa de un cuerpo y su distancia al cuadrado, pero carecía de las herramientas infinitesimales para llegar a ella. Leibniz la poseía, pero no era físico.

¹⁶³ Capra y Luisi, *The systems*, 27.

¹⁶⁴ La mecánica es la rama de la física que estudia el movimiento y el reposo de los cuerpos.

¹⁶⁵ Crombie, *Historia de la Ciencia 2*, 125.

¹⁶⁶ Hall, *La Revolución Científica*, 23.

y en el espacio (distancia) en el que se encuentran¹⁶⁷. En ese sentido, estos científicos demostraron que la mecánica constituía una base suficiente para explicar universalmente la ciencia física y, por lo tanto, un pilar indispensable de la ciencia moderna. Lo que ocurría en el espacio y en la Tierra respondía a los mismos principios. Esa certidumbre solo la podían brindar las matemáticas. Esta fue la conclusión necesaria que legaron los científicos a sus pares del futuro.

De esta manera, surge una nueva filosofía, una forma inédita de pensar el mundo natural a partir de las matemáticas. De ser una herramienta que servía únicamente para aplicaciones prácticas, se convirtió en la base de la teoría científica: como pensaba Descartes, la llave del universo reposaba en su estructura matemática¹⁶⁸. Las leyes subyacentes a la abstracción matemática se vuelven innatas a la naturaleza. Las matemáticas pasan de ser simplemente *útiles* a convertirse no solo en el razonamiento más seguro para descubrir las verdades del cosmos, sino en el instrumento lógico y necesario para su comprensión.

Nuevos métodos científicos: inducción y experimentalismo

El método científico moderno no tuvo un solo creador, tampoco una investigación precursora o un origen único. Como toda creación intelectual, el método científico se desarrolló como un proceso histórico cuya tenacidad y fuerza se vuelve más vigorosa conforme pasa el tiempo. Evidentemente, tuvo sus protagonistas, como Galileo, Kepler o Bacon, pero no fue hasta la segunda mitad del siglo XVII cuando la comunidad científica toma consciencia de la creación y la incorpora como pieza fundamental en el quehacer del científico.

Un primer fundamento del método científico yace en la sustitución de explicaciones teológicas y metafísicas para explicar las causas materiales y eficientes de la naturaleza, por su reemplazo con el cuerpo físico cuantificable como objeto de estudio¹⁶⁹. Esto no implica abrazar una ciencia atea, sino que toda mención a Dios queda relegada exclusivamente a las causas finales. Tomando el mecanicismo como ejemplo, el sistema prescinde de toda divinidad para describir su funcionamiento, pero para Newton, heredero de la filosofía de Descartes, Dios representa el “ingeniero” responsable de que el sistema funcione de la forma en que lo hace: es su Creador.

¹⁶⁷ Koyré, *Newtonian studies*, 9.

¹⁶⁸ Capra y Luisi, *The systems*, 22.

¹⁶⁹ Crombie, *Historia de la Ciencia* 2, 317.

El método científico es una forma particular y eficiente de adquirir conocimiento acerca del mundo natural¹⁷⁰. En las ciencias naturales, el método científico consiste en la observación de ciertos fenómenos y la recolección de datos sobre estos para plantear una hipótesis empleando el lenguaje matemático. Si la hipótesis es refutada por el modelo o no corresponde con los datos recopilados, entonces se descarta y se plantea una nueva. Si la hipótesis es correcta, entonces se le debe someter a más experimentos para contrastarla y corroborar su validez. De ser consistente, entonces la hipótesis se convierte en teoría científica¹⁷¹.

En la primera mitad del siglo XVII, en astronomía y mecánica, los paradigmas tradicionales estaban empezando a ser reemplazados por nuevos modelos. En opinión de Kuhn, surge la revolución científica y nace de ella una nueva ciencia normal. En ese sentido, no existían modelos teóricos a partir de los cuales contrastar los nuevos descubrimientos, por lo tanto, el desarrollo de la ciencia en esa etapa fue primordialmente inductiva. En palabras de Bacon, “*the point was to begin from the senses and particulars and then to rise by stages to general conclusions*” (Novum Organum, Aforismo XIX, XCV)¹⁷². Es decir, partir de la observación de fenómenos particulares para luego postular principios generales (generalización). En el siglo XVII, las dos principales formas de deducir los fenómenos de la naturaleza era mediante la observación, pero conforme avanzaba el siglo, se dio mayor énfasis a la experimentación¹⁷³. Entonces, de la observación y de los experimentos se debían llegar a conclusiones generales por medio de la inducción¹⁷⁴.

Isaac Newton fue el científico que se tomó más en serio el rol de la inducción como método indispensable en el trabajo científico. En el esolío general de la segunda edición de los *Principia* publicado en 1713 declaró lo siguiente:

“No he sido capaz aún de deducir a partir de los fenómenos la razón de estas propiedades de la gravedad y yo no finjo hipótesis. Pues lo que no se deduce de los fenómenos, debe ser llamado una hipótesis; y las hipótesis, bien metafísicas o físicas, o basada en cualidades ocultas, o mecánicas, no tienen lugar dentro de la filosofía experimental. En esta filosofía experimental las proposiciones se deducen de los fenómenos, y se convierten en generales por

¹⁷⁰ Capra y Luisi, *The systems*, 2.

¹⁷¹ Capra y Luisi, *The systems*, 2.

¹⁷² Citado en Burke, *Social history*, 16.

¹⁷³ Galileo fue, indiscutiblemente, el primer gran científico experimentalista de la Edad Moderna.

¹⁷⁴ Hall, *From Galileo to Newton*, 244.

inducción. La impenetrabilidad, la movilidad, el ímpetu de los cuerpos y las leyes del movimiento y ley de la gravedad se han hallado por este método”¹⁷⁵.

En este fragmento, el físico británico es absolutamente claro: todo aquello que no puede deducirse de los fenómenos recibe el nombre de hipótesis, y estas, sean físicas o metafísicas, no son admitidas en la filosofía experimental¹⁷⁶. Entonces, solo aquello que *existe*; es decir, que se puede deducir de los fenómenos de la naturaleza, como la gravedad, pueden ser asimilados como una proposición que, mediante el razonamiento inductivo, posteriormente llegan a convertirse en una conclusión científica: una ley de la naturaleza.

El razonamiento inductivo, como elemento pilar del método científico, se convirtió así en una característica básica del surgimiento de la ciencia moderna. Sin embargo, una inducción apropiada sólo se puede lograr por medio de una serie de procedimientos que aseguren la verosimilitud de los enunciados posteriores. En el pasado, la observación y la experiencia cumplieron este rol, pero la ciencia moderna exige criterios adicionales. Aparte de las matemáticas, la ciencia moderna tuvo entre sus rasgos característicos la experimentación¹⁷⁷.

No es la experiencia, sino la experimentación lo que caracteriza la ciencia del siglo XVII, declaraba Koyré¹⁷⁸. La observación como método empírico de adquisición de conocimiento del mundo natural data de la Antigua Grecia, pero son los experimentos un rasgo original de la ciencia moderna. Los experimentos existieron en la Antigüedad y estuvieron presentes también entre los intelectuales de la Edad Media, pero como método lógico de la filosofía natural se puede hablar recién en la segunda mitad del XVII. Antes de esa fecha, el método experimental fue progresivamente calando en los trabajos de Galileo Galilei y Francis Bacon, pero resulta equivocado pensar que existía un consenso acerca de la validez de la experimentación como paso indispensable de aproximación al mundo natural.

Ello fue cambiando tras la muerte de Descartes, la asimilación de Galileo por los filósofos de la naturaleza y la creación de las primeras instituciones científicas en la década de 1660. Por ejemplo, en los Estatutos de la *Royal Society* de Londres publicados en 1663 se puede leer lo siguiente respecto a la esencia de la organización: «El propósito y fin de la Sociedad Real es

¹⁷⁵ Citado en Giraldo David, “El papel de las hipótesis en la filosofía natural de Isaac Newton”, *Ingenium. Revista Electrónica de Pensamiento Moderno y Metodología en Historia de la Ideas*, 15 (2021): 67.

¹⁷⁶ El término “filosofía experimental” es una variación de menor uso de “filosofía natural”. Ambos aluden a la definición moderna de ciencia.

¹⁷⁷ Aunque cabe resaltar que ambos métodos iban casi siempre de la mano.

¹⁷⁸ Koyré, *Estudios*, 275.

fomentar el conocimiento de las cosas naturales y todas las artes, manufacturas, prácticas mecánicas, máquinas e inventos útiles por medio de los experimentos, sin inmiscuirse en cuestiones teológicas, metafísicas, morales, políticas, gramaticales, retóricas o lógicas [...] hallando una explicación racional de las causas de las cosas»¹⁷⁹. De forma similar, la Academia de Ciencias de París, fundada en 1666 surgió como una institución dedicada al estudio de las ciencias experimentales. Lo inédito, entonces, era el experimento como mecanismo creador de conocimiento científico sobre el mundo natural, algo que nunca fue dado como un hecho obvio, sino todo lo contrario: un proceso histórico contingente que dependió, además de la ciencia, de factores políticos, sociales y culturales para consolidarse como tal¹⁸⁰.

Como declaró Hooke en los Estatutos de la *Royal Society*, la nueva ciencia se aproxima al mundo natural no desde la teología o la metafísica, sino con experimentos. Esto, sin embargo, no debe confundirse con un ateísmo anacrónico. No fue que los filósofos naturales del XVII anticiparon el positivismo o abrazaron el materialismo puro. La experimentación sólo puede ilustrar la verdad de la mecánica; es decir, solo puede emitir juicios de verdad sobre el mundo físico, mientras que la teología y la metafísica ofrecen razones extramateriales sobre el orden del mundo, como la Creación.

Ya para el último tercio del siglo XVII se empezó a tomar conciencia del experimento como médula espinal de la filosofía natural, proceso que se consolida en su totalidad a finales de siglo de la mano de Newton. Pero la experimentación, por sí misma, no puede ofrecer criterios de verdad. Fue el encaje entre la experimentación y teoría lo que permitió brindar máxima utilidad y el más alto grado de certeza a la investigación científica, ya que por sí mismas las teorías se reducen a aserciones que no pueden comprobarse empíricamente y los experimentos se convierten solo en curiosidades carentes de explicación subyacente¹⁸¹.

Ahora bien, Bacon fue promotor del método experimental sin ser científico y Galileo el primer gran experimentador de la ciencia moderna, pero se le reconoce más por sus observaciones astronómicas. Ellos fueron, indiscutiblemente, precursores de la filosofía experimental, pero no vivieron en una época marcada por la institucionalización de su práctica. A mediados del siglo XVII, en un periodo que va de la muerte de Galileo y Descartes, hasta antes de la madurez

¹⁷⁹ Redondo, Francisco, "Algunos rasgos de la Revolución Científica", 589. El subrayado es nuestro.

¹⁸⁰ Esta es la tesis central del libro de Simon Schaffer y Steven Shapin *Leviathan and the Air-Pump. Hobbes, Boyle and the experimental life* (Oxford: Princeton University Press 2011 [1985])

¹⁸¹ Hall, *La Revolución Científica*, 383.

de Newton (1642-1666 aproximadamente), los empiristas ingleses dominaban el escenario experimental europeo. El centro de la actividad experimental de la física estaba puesta en la neumática con la figura de Robert Boyle a la cabeza con sus experimentos con la bomba de aire y el vacío publicadas en sus trabajos de 1660 y 1663 sobre la “elasticidad” del aire y una defensa del método experimental¹⁸². Adicionalmente, Robert Hooke sobresale en el campo de la mecánica y como autor de *Micrographia*, la primera obra sobre el mundo microscópico.

Sin embargo, los experimentos físicos más sobresalientes del siglo XVII fueron realizados por Newton a lo largo de la década de 1660, pero recién vieron luz con la publicación de sus *Opticks* (Tratado sobre el reflejo, la refracción, inflexión y colores de la luz) en 1704¹⁸³. La óptica es la rama de la física que estudia las propiedades y la composición de la luz. La luz tradicionalmente se creía que era únicamente blanca, y que los colores se originaban por su interacción con la materia. Newton, a través de una serie de experimentos que consistían en reflejar la luz que entraba por un pequeño orificio perforado de una ventana de su hogar, a través de espejos o prismas, dio con la conclusión de que el color de la luz no podía ser neutro (es decir, blanca), sino que estaba compuesto por matices de diversos colores cuyo orden era rojo, anaranjado, amarillo, verde, azul, índigo y morado¹⁸⁴; y que todos los colores surgen de una combinación de estos siete. De esta forma, se destruyó un paradigma de la física de más de dos mil años de antigüedad, solo con el método experimental.

Los experimentos, sin embargo, conseguían un alto grado de precisión gracias a la invención de instrumentos científicos. También es cierto que, salvo por el telescopio de Galileo¹⁸⁵, el experimentalismo precedió a los nuevos instrumentos de la ciencia¹⁸⁶, pero su utilización otorgó un grado inédito de exactitud a los descubrimientos. Fue en este periodo también que se masificó el laboratorio científico como espacio institucionalizado de creación de conocimiento abierto al público especializado, con el propósito de contrastar los resultados entre pares y validar socialmente los descubrimientos¹⁸⁷.

¹⁸² Hall, *From Galileo to Newton*, 249.

¹⁸³ Newton atrasó la publicación de sus *Opticks* hasta 1704, porque esperaba que falleciera Robert Hooke, uno de sus principales contrincantes en la escena científica, en 1703.

¹⁸⁴ En física, actualmente estos colores pertenecen a la luz visible (que los seres humanos podemos ver) del espectro electromagnético.

¹⁸⁵ La mejora de este aparato permitió descubrir nuevos satélites, como Titán y los anillos de Saturno en tiempos de Huygens.

¹⁸⁶ Como la bomba de aire de Boyle, el microscopio de Hooke, el reloj perfeccionado de Huygens, etc.

¹⁸⁷ Hall, *La Revolución Científica*, 368-369.

La invención de los instrumentos planteó unos cambios epistemológicos en la forma de concebir la realidad que se buscaba describir. Por ejemplo, tanto el telescopio como el microscopio no solo permitieron mejorar los sentidos del usuario al poder ver más allá en el cielo o detalles muy pequeños para la vista humana, sino que, además, servían como advertencia para percatarse de que los sentidos son limitados y que el filósofo de la naturaleza pasaba a ser dependiente de sus inventos para producir conocimiento científico verdadero. Los sentidos ya no eran suficientes, sino también inadecuados para crear conocimiento correcto¹⁸⁸. Asimismo, también fue la capacidad de emplear estos instrumentos y de ahí extraer las leyes de la naturaleza lo que caracterizó al científico moderno¹⁸⁹. De esta forma, experimentos e instrumentos forjaron un vínculo simbiótico de la mano del científico.

Ahora bien, debemos retomar la tesis del libro de Shapin y Schaffer sobre la aceptación del experimentalismo como elemento básico de la ciencia moderna. Al respecto persisten las siguientes preguntas: ¿por qué el experimento triunfó como método para llegar a la verdad científica? ¿Fue su éxito un hecho inevitable? ¿Existieron otros?¹⁹⁰ Basándose en la disputa entre Robert Boyle y Thomas Hobbes, los autores llegaron a las siguientes conclusiones.

La tesis central del libro afirma que durante la disputa entre Boyle y Hobbes (décadas de 1660 y 1670) no existía en Inglaterra nada evidente e inevitable que determinase un consenso en favor del método experimental como el camino indicado para producir conocimiento científico¹⁹¹. Por un lado, el experimentalista inglés opinaba que la única forma de producir un correcto conocimiento del mundo natural - y que eventualmente terminó triunfando - era mediante prácticas experimentales, ya que este método era el único apropiado para generar hechos¹⁹² científicos. Por otro lado, Thomas Hobbes, a quien hoy en día se le asocia más con la filosofía política que la filosofía natural, sostenía que los experimentos nunca podrían rendir el grado de certeza de cualquier empresa válida de ser denominada “filosofía”, puesto que no podían demostrar “hechos” efectivos¹⁹³. Hobbes negaba el status de filosofía del método experimental, el cual entendía como la práctica que estudia cómo los efectos son producidos por sus causas y cómo las causas pueden ser inferidas a partir de sus consecuencias. Como el

¹⁸⁸ Shapin y Schaffer, *Leviathan*, 37.

¹⁸⁹ Hernández Asensio, Raúl, *El matemático impaciente: La Condamine, las pirámides de Quito y la ciencia ilustrada (1740-1751)* Lima: IFEA, 2008) 153-154.

¹⁹⁰ Shapin y Schaffer, *Leviathan*, 3.

¹⁹¹ Shapin y Schaffer, *Leviathan*, 13.

¹⁹² Traducción del inglés *assent*

¹⁹³ Shapin y Schaffer, *Leviathan*, 22, 79, 110.

experimentalismo no satisfacía esta definición, ergo no era filosofía, por tanto, no puede generar juicios de hechos sobre el mundo natural¹⁹⁴.

No obstante, ambas perspectivas compartían un elemento en común: la preocupación en cómo generar enunciados o “hechos” científicamente válidos era el motor de las empresas intelectuales de Boyle y Hobbes. En el caso del primero, se observa que el método apropiado se da con el descubrimiento de hallazgos del mundo natural empleando el método experimental que, con una correcta revisión de testigos, se transforman en “verdades científicas”. Ahora bien, todavía en una época de transición hacia ciencia moderna, el triunfo del método experimental sobre la filosofía de Hobbes no se debió a una superior eficacia del primero sobre lo segundo, sino del apoyo que recibió Boyle de la comunidad científica inglesa. Hobbes recibió un rotundo rechazo para ingresar a la *Royal Society*. Boyle, por su lado, fue uno de los fundadores. La victoria del experimento y su canonización como etapa lógica del método científico moderno estriba en el sostén institucional que recibió el experimentalismo en la Inglaterra de la Restauración. Por tanto, fue un triunfo social más que uno propiamente científico: de cómo una comunidad legitimó una forma particular de concebir “hechos” y cómo otras fueron desechadas¹⁹⁵.

De esta forma, llegamos a la última característica esencial que explica el surgimiento de la ciencia moderna. Las matemáticas se convirtieron en la herramienta por definición, el inductivismo como pilar del método y los experimentos en la forma correcta de producir hechos científicos. Sin embargo, sin un soporte institucional, la ciencia nunca hubiera progresado del modo que lo hizo. En ese sentido, la institucionalización de la práctica científica y su posterior profesionalización representa el último paso en la consolidación del nuevo modelo de filosofía natural.

La institucionalización de la filosofía natural

La institucionalización del saber ha sido históricamente un elemento crucial para la construcción del conocimiento en Occidente. Los individuos producen el conocimiento, más sin embargo, son las instituciones las que propician e impulsan el desarrollo necesario para que dicho conocimiento no solo llegue a más personas, sino también para que sea contrastado¹⁹⁶.

¹⁹⁴ Shapin y Schaffer, *Leviathan*, 111.

¹⁹⁵ Shapin y Schaffer, *Leviathan*, 225.

¹⁹⁶ Burke, *Social history*, 32.

Sean académicas, artísticas o científicas, las instituciones generan un contexto social en donde el conocimiento producido puede ser debatido y discutido entre pares; proveen a su vez de oportunidades para la innovación¹⁹⁷ y el aprendizaje de nuevos saberes.

En Europa las primeras instituciones del conocimiento fueron las universidades. Estas fueron creadas principalmente para enseñar a los jóvenes sobre disciplinas: medicina, derecho y teología, y no para ser centros de investigación¹⁹⁸. Las primeras universidades de Europa datan del siglo XIII con el auge de la escolástica y la filosofía medieval de tradición aristotélica. La de Bologna en Italia y París en Francia fueron las primeras, luego Salamanca en Castilla, Oxford en Inglaterra y Nápoles.

Ahora bien, las universidades monopolizaron prácticamente el conocimiento hasta el siglo XVI. Con el advenimiento del XVII surgen, en parte en respuesta, pero también por necesidad, las primeras instituciones científicas, como la Academia del Cimento en Florencia (1657) la *Royal Society* de Londres (1660) y la Academia de Ciencias de París (1666). La historiografía de la ciencia, por lo menos hasta la década de 1970, construyó una visión sobre la cual aparentemente existió una dualidad entre las universidades como bastiones conservadores reacios a las innovaciones científicas, en contraste con las instituciones científicas como progresistas y renovadoras¹⁹⁹. Esta mirada ha sido profundamente cuestionada por historiadores más recientes al percatarse de que centros universitarios como Oxford ya contaban desde finales del siglo XVI con cátedras de astronomía moderna, donde se discutía la obra de Copérnico. Pero más importante aún, figuras emblemáticas de la Revolución Científica del siglo XVII como Galileo y Newton mantenían vínculos cercanos con la universidad. Por ejemplo, el primero fue profesor en Florencia cuando descubrió la ley de la caída de los objetos y en Padua cuando inventó su primer telescopio. En el caso de Newton, no se debe omitir su vínculo con el Trinity College y el Gresham College, así como por ser miembro y posterior presidente de la *Royal Society*. Sin embargo, esto no omite el hecho de que las universidades, en líneas generales, eran centros donde no se desarrollaban nuevas ideas al ritmo que lo hacían las instituciones científicas. En palabras de Burke, sufrían de “inercia institucional”²⁰⁰.

¹⁹⁷ Si bien las instituciones permiten la innovación, también, dependiendo del estado de conocimiento de una disciplina dada, puede dar espacio al anquilosamiento, pues al discutirse las el conocimiento socialmente, también pueden producirse rencillas que obstaculizan la renovación. Esta etapa es la que Kuhn denomina “ciencia normal”.

¹⁹⁸ Hall, *From Galileo to Newton*, 133.

¹⁹⁹ Burke, *Social history*, 40.

²⁰⁰ Burke, *Social history*, 48.

La *Royal Society* fue, junto con la Academia de Ciencias de París, la institución científica más importante de Europa durante los siglos XVII y XVIII. Dentro de sus miembros más destacados, se pueden resaltar a Robert Hooke, Robert Boyle, Christiaan Huygens e Isaac Newton, Edmund Halley, etc. La *Royal Society*, cuyo nombre completo es “*Royal Society of London for the promotion of natural knowledge*” fue fundada en 1660 con la aprobación del rey Carlos II, pero sus orígenes intelectuales datan de un par de décadas antes de la mano de Robert Boyle y otros jóvenes de Oxford, que se juntaban semanalmente en la casa del químico para discutir los trabajos de Francis Bacon sobre el experimentalismo y discutir sus resultados sobre sus hallazgos en filosofía natural²⁰¹. Su objetivo, como ya se indicó, era promover el aprendizaje de las matemáticas y la filosofía experimental, dos de los pilares de la ciencia moderna.

Desde su fundación hasta inicios del siglo XVIII, la *Royal Society* fue la institución científica más prestigiosa de Europa en física experimental²⁰². A pesar de la aprobación real, la *Royal Society*, a diferencia de la Academia de París, era básicamente un club privado independiente del Estado, pues la financiación provenía principalmente de sus miembros y no de un patrocinio real que nunca llegaba. El único “obsequio” real que recibió la sociedad fue la financiación para la creación del observatorio astronómico de Greenwich en 1775. Además, eran los propios socios quienes escogían a sus miembros.

Pese al prolífico nivel intelectual de muchos de sus miembros, la Society nunca fue un centro de investigación ni mucho menos de enseñanza, sino de un centro de información, discusión y de autoridad colectiva para la validación de experimentos²⁰³. Era también la editora de filosofía natural más prestigiosa de Europa, encargada de publicar la *Micrographia* de Hooke en 1665 (primera obra científica editada por la *Royal Society*), la segunda edición de *Opticks* de Newton en 1718 y la publicación de los *Principia* en 1687. La *Royal Society* era, pues, un espacio de discusión y publicación de conocimiento científico, pero no propiamente un grupo de profesionales de la ciencia²⁰⁴. Casi ninguno de los miembros se ganaba la vida mediante la actividad científica y algunos, como Boyle, nunca percibieron un penique por sus investigaciones. Esta era la diferencia fundamental con la Academia de Ciencias de París.

²⁰¹ Redondo, Francisco, “Algunos rasgos de la Revolución Científica”, 587.

²⁰² Hall, *From Galileo to Newton*, 257.

²⁰³ Hall, *La Revolución Científica*, 337, 340.

²⁰⁴ Aunque muchos, efectivamente, eran científicos extraordinarios, pero no profesionales en el sentido que vivían de la ciencia.

La Academia de Ciencias de París se creó en el año 1666 gracias a las iniciativas de Charles Perrault y de uno de los más importantes ministros de Luis XIV: Jean Baptiste Colbert²⁰⁵. A diferencia de la *Royal Society*, la Academia de París fue creada con el protagonismo del monarca francés, y sus miembros eran pensionados del rey. La relevancia del monarca francés como benefactor era tal, que el grabado oficial de la Academia muestra a Luis XIV en su centro visitando a sus filósofos de la naturaleza. Y es que el rey, como señala Hall, fue el centro gravitante de donde se organizaron todas las actividades culturales y científicas de la Francia absolutista²⁰⁶.

Aparte de recibir una pensión, la Academia de París se distinguía de la *Royal Society* en otras cuestiones. Por ejemplo, su fundación vino de la mano con la construcción del observatorio astronómico de París, lo que proporcionó a los científicos una base permanente de trabajo continuo. Adicionalmente, los parisinos debían constatar el mérito detrás de todo invento. En tercer lugar, la Academia controlaba más arduamente las publicaciones de sus miembros, y organizaba expediciones científicas tanto dentro como fuera del territorio francés²⁰⁷. Todo ello hacía de la Academia parisina, en términos contemporáneos, una institución bastante más profesional que la *Royal Society*, aunque fue la segunda la que produjo obras más destacadas en el siglo XVII.

Sin embargo, existe un último ingrediente que define la particularidad del modelo francés de práctica científica. Como señala Hernández Asensio se trataba de “la centralidad de la Academia de Ciencias de París como escenario de producción, validación y legitimación del conocimiento científico”²⁰⁸. Son los miembros de la academia parisienses no solo los más prestigiosos de toda Europa continental, sino también los que tienen la última palabra en materia científica. Pero, además, es la institución más cercana a la corte francesa, por lo que pertenecer a ella no otorgaba únicamente prestigio científico, sino también social²⁰⁹. Pertenecer a ella se convirtió en un escenario de competencia entre los filósofos naturales franceses: un reducto indispensable para recibir favores de la nobleza y del rey, a pesar de no pertenecer necesariamente a este estamento social.

²⁰⁵ Redondo, Francisco, “Algunos rasgos de la Revolución Científica”, 595.

²⁰⁶ Hall, *La Revolución Científica*, 331.

²⁰⁷ Hall, *La Revolución Científica*, 338-339.

²⁰⁸ Hernández, *El matemático impaciente*, 115.

²⁰⁹ Hernández, *El matemático impaciente*, 116.

Si bien la *Royal Society* y la Academia de Ciencias de París dominaban la escena institucional científica europea, existieron otras dignas de mención. En Italia, por ejemplo, en 1657 se crea la primera institución científica moderna, *Accademia del Cimento* dedicada al estudio de las obras de Evangelista Torricelli y Galileo Galilei. En la Rusia de los Zares se crea en 1717 la Academia de Ciencias de San Petersburgo, mientras que en el mismo año surge en la España borbónica la primera iniciativa institucional con la creación de la Escuela de Guardiamarinas de Cádiz, cuyos más destacados estudiantes, Jorge Juan y Antonio de Ulloa, participaron en la expedición de La Condamine al Perú en 1735.

Por último, en Prusia se acordó en 1700 la creación de la Academia de Ciencias de Berlín de la mano del más destacado filósofo del periodo, Gottfried Wilhelm Leibniz, enemigo acérrimo de Newton. Leibniz veía en las academias de ciencias un instrumento esencial del estado moderno: una pieza por la cual la ciencia interpretaría un rol fundamental en el devenir de la vida política, social y económica. La academia vio luz recién once años después y Leibniz fue nombrado presidente perpetuo por parte del rey Federico I, quien posteriormente abandonó la institución a su suerte²¹⁰.

Ahora bien, para finalizar con este apartado, es menester evaluar algunos rasgos adicionales de la institucionalización de la filosofía natural en su transición a la ciencia moderna. Como indica su nombre, las instituciones científicas agrupaban personas con el objetivo de descubrir, de forma organizada, los secretos del mundo natural mediante métodos contrastables como la experimentación, la observación y el uso sistemático de las matemáticas²¹¹. En los ejemplos desarrollados, resalta el predominio de la ciudad capital como el centro aglutinador de los movimientos científicos²¹². Londres y París, así como Berlín y San Petersburgo hegemonizaron este escenario, relegando la ciencia provincial a un segundo plano. Estos hombres, asimismo, publican frecuentemente en revistas, intercambian cartas y reciben críticas de sus colegas, lo que permitía no solo el intercambio entre pares nacionales, sino el debate y la discusión entre científicos de diversos territorios. De esta forma, se consolidaron redes científicas que unían

²¹⁰ La Academia de Ciencias de Berlín, a pesar de fundarse por uno de los científicos y filósofos más importantes de finales del siglo XVII e inicios del XVIII, no tuvo el nivel de sus pares parisinos y londinenses. Redondo, "Algunos rasgos de la Revolución Científica", 596.

²¹¹ Redondo, Francisco, "Algunos rasgos de la Revolución Científica", 567.

²¹² Hall, *La Revolución Científica*, 320.

diferentes centros en Europa, como el caso de Christiaan Huygens, quien viajaba frecuentemente entre Londres, París y Ámsterdam²¹³.

Lo que estaba quedando claro es que para finales del XVII y durante todo el siglo XVIII la absoluta mayoría de los hombres de ciencia estaban ligados a alguna de estas instituciones. Como indica Asensio, para el siglo XVIII las academias de ciencias se convirtieron en las únicas instituciones con la legitimidad para validar el conocimiento científico²¹⁴. Se convierten en entidades rectoras de lo que es y no es ciencia: se forja una retórica prescriptiva del contenido científico. Solo en las instituciones científicas de prestigio se encuentran los individuos capacitados para elaborar hechos científicos, pues su ingreso se encuentra limitado a una élite intelectual con un dominio exquisito de la matemáticas, constructores y manipuladores de instrumentos cada vez más especializados y experimentadores adiestrados. En pocas palabras, científicos cada vez más en su sentido moderno²¹⁵.

En este acápite se han presentado los rasgos que, a nuestro parecer, definen y caracterizan el surgimiento de la ciencia moderna en contraste con el periodo precientífico anterior. Estos elementos están marcados por la extensión de la abstracción matemática al mundo físico como paso lógico de la actividad científica, el uso del método inductivo como el más apropiado para descubrir las leyes de la naturaleza, la sistematización del método experimental para producir hechos científicos y la institucionalización de la ciencia como mecanismo de promoción y discusión del mundo natural entre pares. Entre finales del siglo XVII e inicios del XVIII hubo, sin embargo, muy pocos personajes que pueden vanagloriarse por reunir todas estas características. De los pocos, el más importante para la historia es el protagonista de nuestra investigación: un matemático extraordinario inventor del cálculo infinitesimal, un inductivista ferviente descubridor de leyes fundamentales de la naturaleza, un experimentador incesante y presidente icónico de la *Royal Society* por más de veinte años. Sir Isaac Newton.

Isaac Newton y los *Principios matemáticos de la filosofía natural*: la gravitación universal

Isaac Newton (1642-1727) fue no solo el científico más importante de su tiempo, sino probablemente el más destacado de la historia de la humanidad. Sus logros no parecen ser alcanzados por un único individuo: descubridor de leyes fundamentales de la mecánica y de las

²¹³ Huygens fue de los escasos científicos del siglo XVII que pertenecía tanto a la Royal Society como a la Academia de Ciencias de París siendo extranjero.

²¹⁴ Hernández, *El matemático impaciente*, 145.

²¹⁵ Hernández, *El matemático impaciente*, 146.

propiedades de la luz blanca, matematizador de la ley de la gravitación universal e inventor del cálculo infinitesimal. Además, como autor fue responsable de dos de las más importantes obras de la Revolución Científica: *Opticks* (1704) y los *Principios matemáticos de la filosofía natural* (1687). Con ambas, Newton estableció un modelo de ciencia que se institucionalizó como práctica científica a partir del siglo XVIII en Europa. Finalmente, con Newton se da por concluida la Revolución Científica del siglo XVII, pues con él se consolida, en definitiva, la ciencia moderna.

Ilustración 5: Retrato de Sir Isaac Newton por Godfrey Kneller (1689)



Fuente:https://en.wikipedia.org/wiki/Isaac_Newton#/media/File:Portrait_of_Sir_Isaac_Newton,_1689.jpg

No obstante, en 1642 la ciencia moderna aún se encontraba en proceso de afianzamiento. Los trabajos de Galileo todavía no eran del todo aceptados, las leyes de Kepler eran desconocidas para la mayoría de filósofos de la naturaleza y el impacto de Descartes, Huygens y Boyle era casi inexistente²¹⁶. Este panorama cambió en los años sesentas, década de madurez intelectual de Newton. Las obras de los primeros dos se hacen conocidas, Descartes se convierte en una celebridad, Boyle reina en la recién formada *Royal Society* y Huygens se pasea por toda Europa. Los “hombros de gigantes” que sostienen a Newton toman forma definitiva.

²¹⁶ Hall, *From Galileo to Newton*, 277.

Newton nació en la Navidad de 1642 en la región de Lincolnshire, Inglaterra. Provenía de una familia de campesinos adinerados (baja *gentry*), aunque nunca llegó a conocer a su padre, pues este falleció tres meses antes de su nacimiento. Se formó de adolescente en The King's School en Grantham donde aprendió matemáticas y latín (el idioma internacional de la filosofía natural en aquel entonces). Sin embargo, el inicio de su madurez científica iniciaría con su ingreso al Trinity College de la Universidad de Cambridge en 1661. En la universidad, Newton estudió las obras de Kepler, leyó los *Diálogos* de Galileo, la obra de Descartes y los experimentalistas ingleses, lo que contribuyó sustancialmente a su formación como matemático.

Newton se graduó de bachiller en 1665. Pese a ello, todavía no había realizado ninguna contribución relevante a la ciencia. Esto cambiaría radicalmente cuando el Parlamento inglés, a finales de ese año, declaró una cuarentena obligatoria en toda Inglaterra para combatir una mortal plaga de peste negra que perdurará hasta el año siguiente. Esos dos años le sirvieron a Newton para establecer las bases de lo que posteriormente serán sus contribuciones más grandes a la ciencia: experimentos con prismas y rayos de luz, cálculo y un desarrollo inicial de la ley del cuadrado inverso (gravitación universal)²¹⁷. En 1667, cuando se declara el fin de la epidemia, Newton regresa al Trinity College y es nombrado profesor. A partir de este momento, su vida científica cobra forma definitiva: en la década siguiente será nombrado miembro de la *Royal Society*, el Gresham College y director de la Casa de la Moneda a finales del siglo.

A pesar de que Newton trascendió por su labor como científico, es importante recalcar que, además, se dedicaba a otras funciones intelectuales como la teología y la cronología bíblica como muchos otros de sus pares en Europa. Sin embargo, de todas ellas, la que más sobresale fue su interés por la alquimia, una actividad que se ubicaba en el limbo entre lo precientífico de lo científico²¹⁸. No obstante ello, estudiar esta faceta de la vida de Newton resulta irrelevante a propósito de esta investigación en la medida en que su legado como alquimista fue ínfimo en contraste a como filósofo de la naturaleza. El presente acápite evalúa cuatro aspectos de la obra de Newton como científico: conceptos generales sobre su filosofía, inventos y descubrimientos científicos; se prosigue con un análisis minucioso de su obra magna, los *Principia*; se ofrece luego una reflexión sobre Newton y la función de Dios dentro de su sistema y se finaliza con

²¹⁷ Hall, *From Galileo to Newton*, 277-278.

²¹⁸ Bernard Cohen y Anne Whitman. *Isaac Newton. The Principia* (Los Ángeles, California University Press, 1999), 294.

una mirada sobre el impacto de su obra, el paradigma científico que institucionaliza y su legado para los científicos del siglo XVIII en adelante.

Filosofía, inventos y descubrimientos

Roger Cotes, discípulo de Newton y autor del prefacio del editor a la segunda edición de los *Principia*, resume la filosofía científica de su maestro. En su opinión, la filosofía natural occidental había sido abordada de tres formas diferentes. En primer lugar, una surgida de los griegos, en especial Aristóteles, heredada por la doctrina escolástica y peripatética que apelaba a cualidades ocultas o desconocidas para explicar la “naturaleza” de los cuerpos. Esta filosofía es criticada por Cotes (y Newton) por no ofrecer ninguna explicación *real* de las cosas; es decir, se centra en nombrar a los objetos más que en indagar en las causas que producen sus efectos. En segundo lugar, se encuentran aquellos que, superando la visión aristotélica, elaboran hipótesis para explicar la naturaleza de los hechos. No obstante, sus suposiciones yacen en la mera especulación y no son capaces de ofrecer explicaciones más allá de las meras conjeturas, por lo que, si bien brindan fábulas ingeniosas para dotar de una explicación racional a los fenómenos, estas no dejan de ser fábulas a fin de cuentas²¹⁹.

El tercer tipo de filósofos de la naturaleza, categoría en la que en palabras de Cotes se encontraba su maestro, se trataba de pensadores que deducen las causas de las cosas a partir de los principios más simples, pero sin inventar hipótesis. Es decir, excluyen de la filosofía natural todo aquello que no pueda explicarse a partir de los fenómenos. Con esto en mente, podemos estudiar una serie de rasgos fundamentales de la epistemología del sabio inglés. Un primer elemento reside en su concepción de filosofía experimental. Para Newton, toda ley natural debe elaborarse a partir de su corroboración con los fenómenos, mientras que toda “hipótesis” debe excluirse de la filosofía natural. Esta idea nos presenta dos conceptos claves en la filosofía científica del sabio inglés: fenómenos e hipótesis.

En física contemporánea, un fenómeno es simplemente un “evento observable”, un mero dato desde el cual no se pueden establecer conclusiones científicamente relevantes. En cambio, para Newton un fenómeno representa un estado del conocimiento que puede producir generalizaciones de los datos obtenidos o, inclusive, establecer conclusiones teóricas²²⁰. En

²¹⁹ Isaac Newton. *Principios matemáticos de la Filosofía natural*. Estudio preliminar, traducción y notas de Antonio Escohotado. (Madrid, Tecnos, 1980), 9-10.

²²⁰ Cohen, *Isaac Newton*. 201.

opinión de Newton, la filosofía natural debe abocarse al estudio de los fenómenos y solo admitir causas, principios y explicaciones que se desprendan de ellos²²¹.

Las hipótesis, por su parte, son enunciados hipotéticos que no tienen espacio alguno en la filosofía natural de Newton, pues representan meras ficciones que no pueden corroborarse a partir de los fenómenos, sean estas causas físicas o metafísicas²²². Además de la mencionada cita de la segunda edición de los *Principia*, en el primer párrafo de la edición inglesa de *Opticks* señala lo siguiente: “*My design in this Book is not to explain the Properties of Light by Hypotheses, but to propose and prove them by reason and experiments*”²²³.

Como se puede ver, Newton maneja un concepto no tradicional de hipótesis: estas no son presentadas como una proposición fundamental de una teoría o un principio a ser demostrado, sino como una idea especulativa sin base científica, en gran medida falsa, o una aserción que no puede ser verificada y, por tanto, irrelevante para la ciencia. Las hipótesis de Newton tienen claramente una connotación negativa, pero útiles en la medida que significaron un primer paso en la demarcación entre el conocimiento filosófico y científico.

No obstante, Newton, aunque de manera subliminal, manejaba dos conceptos diferenciados de hipótesis: las imaginarias y las experimentales. Las hipótesis imaginarias Newton las destierra de la filosofía natural por su contenido hipotético y ficticio. Las experimentales, en cambio, las presenta en su obra a modo de conjetura, pero con una base experimental que permite una especulación verosímil. Esta última ocupa un papel relevante en la filosofía natural en la medida que plantea posibilidades que pueden ser demostradas a futuro, pero carecen aún de suficiente contenido como para ser un “fenómeno” o principio empíricamente apodíctico²²⁴.

Ahora bien, como proyecto filosófico-científico, el newtonianismo fue el complemento matemático del mecanicismo cartesiano: el modelo de ciencias naturales que dominó hasta el siglo XX. Como se explicó anteriormente, el mecanicismo es una filosofía científica que comprende el “todo” como la suma de las partes, oponiéndose a la visión organicista del universo. Según la mecánica newtoniana, todos los fenómenos físicos se reducen al movimiento de partículas materiales ocasionadas por su mutua atracción, es decir, por la fuerza

²²¹ Cohen, *Isaac Newton*. 54.

²²² Para más detalles, véase la cita de la página 42.

²²³ Koyré, *Newtonian studies*, 25.

²²⁴ Giraldo, “El papel de la hipótesis”, 70.

de la gravedad²²⁵. En otras palabras, además de adherirse al mecanicismo, la física de Newton es atomista²²⁶, pues parte del enunciado no hipotético de que la materia está compuesta por partículas que son responsables de que los cuerpos se atraigan mutuamente en razón proporcional de sus masas e inversamente proporcionales a sus distancias al cuadrado.

De esta forma, el universo newtoniano no es solo mecanicista, sino también determinista: todo obedece a la ley del inverso al cuadrado (la gravitación universal), así como a las otras tres leyes de la mecánica. Desde la filosofía newtoniana, todo aquello que no pueda derivarse de la mecánica (rama de la física que estudia el movimiento de los cuerpos con masa), es decir, de los “fenómenos” de la mecánica, es desterrado a la categoría de hipótesis, por tanto, irrelevantes para la filosofía natural. A través de la abstracción matemática, Newton no solo “validó” el modelo mecanicista cartesiano, sino que lo justificó plenamente y probó que estas son suficientes para explicar la ciencia física en su totalidad²²⁷.

Con ello, llegamos a un tercer rasgo de Newton como científico: la invención del cálculo infinitesimal²²⁸. La invención del cálculo fue quizás la polémica científica más importante de finales del siglo XVII e inicios del XVIII. Tanto Newton como Leibniz inventaron el cálculo de forma independiente y de manera casi simultánea, solo que el prusiano publicó sus resultados antes, mientras que el inglés lo inventó previamente, pero no lo difundió hasta hacer público los *Principia* por temor a que se robaran sus ideas.

Antes que físico, Newton fue un excelente matemático. Su formación en el Trinity College estuvo centrada en las matemáticas. Posteriormente las aplicó al mundo de la física, tanto de la mecánica como de la óptica. De hecho, la razón por la que la astronomía y la mecánica avanzaron a pasos agigantados durante todo el siglo XVII fue porque matemáticos como Galileo, Descartes, Leibniz y Newton se interesaron, al menos en parte, en el mundo físico²²⁹.

¿En qué consistía el cálculo newtoniano y por qué motivo fue fundamental para la consolidación de la Revolución Científica del siglo XVII? En pocas palabras, el cálculo (diferencial) constituye el pilar de la mecánica moderna, pues permite calcular la velocidad exacta de un cuerpo en aceleración en un momento determinado. En el siglo XVII Newton

²²⁵ Capra y Luisi, *The systems*, 29.

²²⁶ Hall, *From Galileo to Newton*, 223.

²²⁷ Hall, *La Revolución Científica*, 455.

²²⁸ Aquí omitimos los *Principia* que son motivo de análisis del siguiente apartado, y *Opticks*, que ya se explicó previamente.

²²⁹ Hall, *La Revolución Científica*, 428.

empleó el cálculo para describir todos los posibles movimientos de los cuerpos sólidos en términos “diferenciales”, lo que desde ese momento se conoce como las “ecuaciones del movimiento de Newton”²³⁰ que se aplican en sus tres leyes de la mecánica y la gravitación universal. Este método matemático permitió a Newton concluir que la fuerza que atrae los planetas alrededor del Sol y retiene los objetos sobre la tierra es la misma: la gravedad es única y universal²³¹. De este modo, el cálculo fue el ingrediente determinante que definió el mecanicismo de Descartes, pues todo el movimiento en el universo se podía reducir ahora a la atracción de los cuerpos obtenida a partir del cálculo de sus particularidades. Parecía que todo se podía predecir con absoluta certeza y a detalle. Todo se hacía determinable y todo lo que pasaba tenía una causa que lo producía. En pocas palabras, se consolidó un modelo que imaginaba el universo como una máquina de relojería perfecta.

Los Principia

Los elementos anteriormente expuestos constituyen aspectos esenciales para comprender la magnitud científica y filosófica de la empresa newtoniana. A continuación, sin embargo, se presenta un análisis de la obra de mayor impacto del sabio inglés, el trabajo que marcó definitivamente la consolidación y el fin de la Revolución Científica del siglo XVII: *Los Principios matemáticos de la Filosofía natural*.

Publicada en Londres por la *Royal Society* en 1687 con el nombre de *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica*, los *Principia* son, sin espacio a exageración alguna, la obra científico-física con mayor trascendencia en la historia del mundo elaborada por un único hombre. En vida, Newton llegó a ver publicadas dos ediciones adicionales. La segunda en 1713 que incluye su famoso Escolio General y la versión de 1726 publicada un año antes de su muerte. Los aspectos que analizaremos a continuación se basan tanto en la segunda como la tercera edición de los *Principia*.

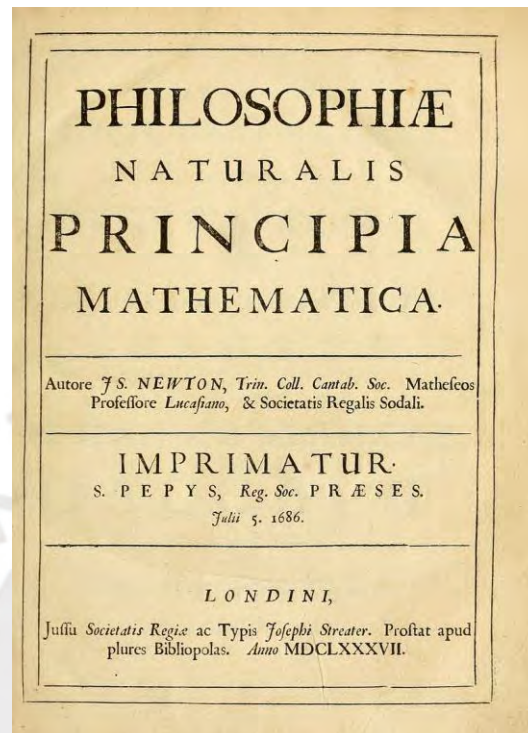
Los *Principia* es un libro difícil de entender. Para comprenderlo a cabalidad hay que ser versado en matemáticas. Debido a la inclusión del cálculo en sus ecuaciones, en vida de su autor la obra de Newton solo estuvo al alcance de su cabal comprensión de un número reducido de intelectuales cuya cifra no debe haber superado el millar de personas. Por tanto, no sorprende que los debates posteriores que se dieron al interior del Virreinato del Perú estuvieron limitados

²³⁰ Capra y Luisi, *The systems*, 102.

²³¹ Koyré, *Newtonian studies*, 4.

a unas cuantas docenas de individuos circunscritos a los grupos intelectuales más exclusivos de la capital.

Ilustración 6: Portada de la primera edición de los *Principia* (1687)



Fuente:

https://es.wikipedia.org/wiki/Philosophi%C3%A6_naturalis_principia_mathematica#/media/

Archivo:Principia-title.png

Los *Principia* es un libro de matemáticas aplicadas al mundo natural en la medida en que la naturaleza es descubierta a partir de la observación y de experimentos²³². El libro trata sobre el movimiento de los cuerpos con masa tanto en el espacio como en la Tierra. Newton, al descubrir que la gravedad es una fuerza universal, logró unificar las dinámicas celestes y terrestres en una sola ley. Ello significó la ruptura definitiva de la física de Aristóteles y comprobó que la Tierra y todos los objetos celestes del Sistema Solar giran en torno a un centro de masas común próximo al Sol. Es decir, Newton matematizó el modelo heliocéntrico de forma definitiva e incuestionable. Asimismo, refutó la teoría de los vórtices de Descartes y abrazó la gravitación como la única fuerza responsable detrás del movimiento de los planetas, incluidos los cometas. En pocas palabras, Newton elevó sus leyes al estado de hechos objetivos.

²³² Cohen, *Isaac Newton*. 369.

La estructura de la tercera edición está compuesta de la siguiente forma: cuatro prefacios, “definiciones” de conceptos a emplear, “axiomas o leyes del movimiento”, tres libros y un Escolio General o conclusión. El Libro Primero se llama “El movimiento de los cuerpos”, el segundo “El movimiento de los cuerpos en medios resistentes” y el tercero “Sobre el sistema del mundo”. En cada libro se aplican las tres leyes de la mecánica newtoniana, mientras que el último es una reafirmación no matemática de cómo la gravitación es un fenómeno universal existente.

Si bien el objeto de estudio de nuestra investigación se focaliza en el impacto de la ley del inverso al cuadrado (gravitación universal), el proyecto científico de los *Principia* es bastante más amplio. En el segmento de definiciones, Newton presenta conceptos tales como inercia, masa, momento, fuerza, fuerza centrípeta, que luego fueron canonizados como definiciones clave de la mecánica clásica. Posteriormente, en “axiomas o leyes del movimiento”, el científico presenta las tres leyes de la mecánica:

1. *“Todos los cuerpos perseveran en su estado de reposo o de movimiento uniforme en línea recta, salvo que se vean forzados a cambiar ese estado por fuerzas impresas”*²³³. Esto quiere decir que todos los cuerpos que siguen una velocidad uniforme o se encuentran en reposo preservan su movimiento rectilíneo uniforme, siempre y cuando no se vean impelidos por una fuerza externa, como el aire o la gravedad.
2. *“El cambio de movimiento es proporcional a la fuerza motriz impresa. y se hace en la dirección de la línea recta en la que se imprime esa fuerza”*²³⁴. Esto quiere decir que si una fuerza genera un movimiento, entonces una fuerza doble generará el doble de movimiento y una fuerza el triple y así sucesivamente.
3. *“Para toda acción hay siempre una reacción opuesta e igual. Las acciones recíprocas de dos cuerpos entre sí son siempre iguales y dirigidas hacia partes contrarias”*²³⁵. En pocas palabras, si uno golpea una pared, entonces la pared responde el golpe con la misma fuerza; o si un cuerpo tropieza con otro y debido a su fuerza lo desvía, entonces el objeto tocado ejerce la misma respuesta, pero en sentido contrario.

El grueso de los *Principia* está ubicado en sus tres libros. El primero estudia el movimiento de los objetos en espacios sin resistencia. En este libro, Newton estudia las órbitas de los planetas

²³³ Newton, *Principia*, 41.

²³⁴ Newton, *Principia*, 41.

²³⁵ Newton, *Principia*, 42.

y concluye matemáticamente que éstas deben ser elípticas y deben responder a la ley del inverso al cuadrado. Fue concluido en 1686 y representa la matematización definitiva del sistema heliocéntrico. El segundo libro trata acerca del movimiento en espacios con resistencia. La dinámica que se aborda aquí es principalmente terrestre, se centra en la investigación experimental en mecánicas fluidas y refleja el estado más avanzado de las matemáticas newtonianas²³⁶. Por último, el libro tercero es básicamente una explicación de los resultados del libro I en un lenguaje más simple y menos matematizado. En él se reafirma el modelo heliocéntrico bajo la universalidad de la ley del inverso al cuadrado.

En opinión de Alexandre Koyré, una de las inspiraciones de Newton al escribir los *Principia* era refutar el modelo de los vórtices de Descartes que a la sazón imperaba como modelo astronómico por la comunidad de científicos a finales del siglo XVII. Para el filósofo francés, los *Principia* es una obra anticartesiana en su núcleo, pues se opone al apriorismo de sus enunciados y critica la falta de rigurosidad matemática y experimental de muchos de sus postulados, sobre todo la hipótesis de los vórtices²³⁷. De hecho, el título de la obra *Los Principios matemáticos de la Filosofía natural* es una respuesta a la obra de 1644 de Descartes denominada *Principios filosóficos*, en la que en cuestión presenta su teoría de los vórtices. La obra del sabio inglés, desde su nombre, tuvo como uno de sus objetivos polemizar contra los cartesianos. Esto se puede observar en varios pasajes de su obra. Por ejemplo, en el escolio último del Libro II, Newton declara que:

*“Por tanto, es evidente que los planetas no son transportados en vórtices corpóreos. En efecto, según la hipótesis de Copérnico, los planetas que se mueven alrededor del Sol giran en elipses con el Sol como foco común, y describen áreas proporcionales a los tiempos con radios trazados hasta el Sol. Pero las partes de un vórtice jamás pueden girar con semejante movimiento”*²³⁸.

Para Newton, la teoría de los vórtices, debido a su falta de verificación con los fenómenos de la naturaleza, recae en la categoría de hipótesis que, como se ha visto, contiene una fuerte dosis de negatividad en la filosofía del sabio británico. Es posible que la famosa frase *“Hypotheses non fingo”*²³⁹ sea una respuesta directa a los defensores de los vórtices cartesianos. Y es que

²³⁶ Hall, *From Galileo to Newton*, 301.

²³⁷ Koyré, *Newtonian studies*, 95.

²³⁸ Newton, *Principia*, 455.

²³⁹ “Yo no finjo hipótesis”.

entre finales del siglo XVII y la primera parte del XVIII la ciencias físicas se dividían entre cartesianos y newtonianos: los primeros negaban la gravedad como fuerza que existe a partir de la relación entre dos cuerpos, y postulaban que las atracciones y repulsiones nacen del contacto de los cuerpos con una sustancia inherente al espacio denominada éter²⁴⁰. Newton, en cambio, creía que el problema de la gravedad no residía al interior de los cuerpos celestes o de una sustancia etérea, sino en la relación entre dos cuerpos que se establecía proporcionalmente a sus masas e inversamente proporcionales a sus distancias al cuadrado²⁴¹.

Tras comprobar matemáticamente que esto es así (que la gravedad aumenta o decrece según la masa de los cuerpos y sus distancias) la teoría se convirtió en ley y los vórtices quedaron como una teoría científica más relegada en la historia. No obstante, la gravitación universal no fue un descubrimiento newtoniano. Desde décadas atrás se sospechaba de la existencia de un vínculo que explicaba la interacción gravitatoria entre dos cuerpos, y que esta dependía de la masa de los objetos y la distancia que los separaba.

Tal como señala Hall, la teoría de la gravitación universal no la descubrió nadie. Desde tiempos griegos ya existían nociones elementales acerca de la naturaleza de la gravedad, pero no fue hasta inicios del siglo XVII que se elaboraron las primeras conjeturas acerca de la universalidad de su fuerza²⁴². La génesis de esta idea se encuentra en Kepler al demostrar que la aceleración de los periodos orbitales de los planetas varía según la distancia en que se encuentran del Sol, haciendo que esta sea mayor en el perihelio y menor en el afelio. Esto es solo posible porque el Sol, al ser un cuerpo superlativamente más masivo que el resto de planetas, genera una atracción más intensa en los planetas en la medida que estos se aproximan a la estrella (porque las órbitas son elípticas). Kepler nunca llegó a elucidar que los cuerpos se atraen mutuamente; de hecho, creía que la fuerza del universo residía en el Sol; ni tampoco creía en una fuerza gravitatoria universal. Sin embargo, su segunda ley sentó las bases para las investigaciones posteriores.

No obstante, la aproximación más cercana a la ley de la gravitación universal antes de Newton fue elaborada por su enemigo más acérrimo en Inglaterra, el físico y presidente de la *Royal Society* Robert Hooke. En una carta a Newton en 1678 escribió: “*Supongo que el poder de gravitación del Sol en el centro de esta parte del Cielo en la cual estamos, tiene un poder*

²⁴⁰ Hall, *La Revolución Científica*, 445.

²⁴¹ Hernández, *El matemático impaciente*, 25.

²⁴² Hall, *La Revolución Científica*, 448.

atractivo sobre todos los planetas, y que éstos a su vez tienen una relación correspondiente”²⁴³. Esta cita constituye el primer documento escrito que conjetura acerca de la existencia de una fuerza universal que atrae a todos los cuerpos, pues a diferencia de Kepler, la gravedad no es solo ejercido por el Sol, sino por todos los cuerpos con masa. Asimismo, el autor de *Micrographia* añade que esta fuerza se hace más poderosa en la medida en que los cuerpos se encuentran a menor distancia. Más adelante, en una carta fechada en enero de 1680 a Newton, Hooke expuso la hipótesis de que “la fuerza de la gravedad es inversamente proporcional al cuadrado de la distancia medida desde el centro de la masa que gravita”²⁴⁴. En pocas palabras, años antes de la publicación de los *Principia* ya existía una imagen cada vez más nítida de la existencia de una fuerza gravitatoria universal.

Pese a lo teorizado por Hooke, Newton nunca le dio el crédito correspondiente. Cuando publicó su obra en 1687, Hooke reclamó ante la *Royal Society* el derecho de aparecer en los créditos de los *Principia*, pero Newton arguyó que, independientemente de lo propuesto por Hooke, él había descubierto la ley por su cuenta, afirmaba que Hooke la había “adivinado”, mientras que él mismo dio un paso más: la matematizó correctamente empleando el cálculo diferencial²⁴⁵. Y es que para 1684, tanto Newton, Hooke, Christopher Wren y Edmund Halley tenían una versión intuitiva de la ley del inverso al cuadrado, pero fue el primero el único que, para 1687, pudo derivar las órbitas planetarias de esta ley matemáticamente²⁴⁶. Quizás esto último explica el temor de Newton a publicar el cálculo infinitesimal antes de tiempo.

Hasta el momento se han señalado los rasgos fundamentales de la ley del inverso al cuadrado (gravitación universal), pero aún no nos hemos focalizado en la verdadera relevancia de su descubrimiento por Newton. En ese sentido, a continuación, se ofrece un panorama completo del contenido de la ley y sus implicancias para la astronomía de finales del siglo XVII.

Desde antes de la redacción de los *Principia*, Newton consideraba evidente que el Sol se ubica en el centro del Sistema Solar y todos los cuerpos celestes orbitan en torno suyo. Copérnico lo había teorizado, Kepler ofreció leyes que lo sustentaba, Galileo lo demostró mediante observaciones telescópicas, pero ninguno de ellos brindó una explicación matemática de *por qué* estos fenómenos ocurrían de la manera en que lo hacían. Es decir, si bien estos astrónomos

²⁴³ Citado en Hall, *La Revolución Científica*, 453.

²⁴⁴ Citado en Hall, *La Revolución Científica*, 453.

²⁴⁵ Cohen, *Isaac Newton*. 20.

²⁴⁶ Hall, *From Galileo to Newton*, 292-293.

habían ofrecido pistas sólidas sobre el movimiento de la Tierra, carecían de pruebas irrefutables. Newton, con la elaboración de la ley del inverso al cuadrado finalmente pudo sentenciar el asunto. La fuerza gravitatoria existe en relación proporcional a la masa de dos cuerpos y es inversamente proporcional a sus distancias al cuadrado desde el centro del planeta. En ese sentido, debido a que el Sol es el cuerpo más masivo del Sistema Solar, todos los cuerpos sometidos a su campo gravitatorio necesariamente tienen que orbitar alrededor suyo. Esto supuso la destrucción científica del geocentrismo. En adelante, el universo sería newtoniano²⁴⁷.

La gravitación universal newtoniana es una fuerza recíproca. Lo es, en el sentido que todos los cuerpos con masa se atraen mutuamente en el espacio, pero dicha fuerza decrece en relación al peso de los objetos en cuestión y a la distancia que los separa. De este modo, la Tierra ejerce una fuerza gravitatoria sobre el Sol, pero la estrella, al ser miles de veces más masiva, ejerce una fuerza gravitatoria superior en relación a la diferencia de masas y la distancia que separa ambos objetos²⁴⁸. Del mismo modo, como menciona Newton en el Libro Tercero de *Principia*, no solo la Tierra, sino todos los cuerpos del Sistema Solar, incluidos los cometas, siguen órbitas alrededor de nuestra estrella, al tiempo que los satélites primarios de Júpiter, Saturno y la Tierra orbitan mutuamente en torno a sus planetas según la ley del inverso cuadrado²⁴⁹.

Por lo tanto, no es que únicamente todos los cuerpos del Sistema Solar giran alrededor del Sol, sino que todos los cuerpos gravitan hacia todos los planetas, y esta fuerza depende de la masa de los cuerpos y la distancia que los separa²⁵⁰. Se trata de una fuerza mutua. A modo de ejemplo, si la Tierra se ubicara a una distancia cercana a Júpiter, por la diferencia de masas la primera giraría alrededor de la segunda; del mismo modo que si la Luna se alejara a una distancia suficiente de la Tierra, esta dejaría de orbitar en torno a nuestro planeta y lo haría únicamente alrededor del Sol. Esto debido a que el Sol no es solo el cuerpo celeste más masivo, sino que concentra más del 99% de toda la masa del Sistema Solar y ejerce una fuerza gravitatoria inmensamente mayor al resto de objetos²⁵¹, por lo que de *facto* estos terminan girando alrededor de un punto de masas común ubicado a una distancia cercana a un diámetro del astro rey. En ese sentido el Sol, a diferencia de lo pensado por Kepler y Galileo, no se encuentra inmóvil,

²⁴⁷ Destrucción teórica, más no su eliminación como modelo validado por sectores sociales.

²⁴⁸ Según Newton, la atracción gravitacional ejercida por el Sol es 230 '000 veces más poderosa que la ejercida por la Tierra. Hall, *From Galileo to Newton*, 158.

²⁴⁹ Newton, *Principia*, Libro III, Fenómeno III.

²⁵⁰ Newton, *Principia*, Libro III, Proposición VI, Teorema VI.

²⁵¹ Según Newton, la fuerza circunsolar es más de mil veces superior a la de todos los planetas descubiertos hasta la fecha juntos, una cifra aproximada a la real de 99.86% de toda la masa del Sistema Solar. *Principia*, 845.

sino que se mueve mínimamente y a una velocidad bastante más reducida que el resto de planetas (según el modelo newtoniano)²⁵².

Ahora bien, si la naturaleza de las revoluciones de la Luna alrededor de la Tierra resulta ser las mismas que los satélites jovianos y saturnianos, y estos planetas, a su vez, manifiestan revoluciones similares alrededor del Sol, entonces es correcto inferir que todos estos movimientos responden a un mismo fenómeno que es común a todos los cuerpos con masa. La conclusión evidente de todo esto es que existe una fuerza responsable de este ordenamiento. Esta fuerza es la gravitación universal y responde a la ley del inverso al cuadrado²⁵³.

Finalmente, esta fuerza no solo rige a los cuerpos celestes, sino a todos los objetos con masa. Esto significa que los cuerpos pequeños, como los que yacen dentro de la Tierra, también están sometidos a la gravitación universal. El fenómeno es el mismo, pero el efecto visual es diferente, pues no se ve que los objetos terrestres orbiten en torno al núcleo de la Tierra, sino que tienden hacia este. La gravedad terrestre atrae a todos los objetos a su núcleo mediante una fuerza centrípeta, pero es retenido por la corteza. Además, la intensidad de dicha atracción varía según la masa de los cuerpos y la distancia que los separa. La razón por la que los efectos de la mecánica terrestre y la celeste aparentan ser disímiles yace en la dificultad de percibir la fuerza de la gravedad en objetos con escasa masa, pues es ínfima. Pero Newton logró unificar ambos “mundos” en un solo. La dinámica no es diferente como creía Aristóteles al imaginar la región sublunar en contraste con la celeste, sino que, en esencia, todo responde a los mismos principios físicos. La gravedad, por lo tanto, sea de una manzana cayendo de un árbol o un gigante gaseoso inserto en el Sistema Solar, se encuentra en todos los cuerpos universalmente²⁵⁴.

El sistema del mundo propuesto por Newton era uno radicalmente inédito. En la primera edición publicada por la *Royal Society* en 1687 se presentó los *Principia* como la demostración matemática del sistema copernicano²⁵⁵. Es decir, no como una simple hipótesis, sino como un hecho objetivo. La fuerza de la gravedad no constituye una simple explicación *ad hoc* para acomodar un modelo, sino que es la causa que describe el movimiento y el orden en el Sistema Solar. Es cierto que Newton nunca llegó a brindar una explicación física del origen de la

²⁵² Newton, *Principia*, 848.

²⁵³ Newton, *Principia*, Prefacio del editor a la segunda edición, 15.

²⁵⁴ Newton, *Principia*, Prefacio del editor a la segunda edición, 17.

²⁵⁵ Crombie, *Historia de la Ciencia* 2, 216.

gravidad, pero para él era suficiente con demostrar que efectivamente *existe*, pues sus efectos son empíricamente observables y están matemáticamente sustentados²⁵⁶. Las indagaciones respecto al origen del mecanismo están en última instancia en Dios, un elemento central en los *Principia*.

Newton, de esta forma, dio “validez” al modelo mecanicista del universo. Por primera vez en la historia un sistema del mundo pudo predecir matemáticamente y con exactitud el funcionamiento del cosmos. Las leyes descubiertas por el sabio inglés proporcionaron orden al sistema, un sentido que iba mucho más allá de la especulación, la contingencia o de una gran probabilidad, sino como un hecho objetivo: que no puede ser de otra forma.

Los historiadores y filósofos de la ciencia argumentan que la Revolución Científica del siglo XVII tuvo como fecha de culminación el año 1687. Este año corresponde con la publicación de los *Principios matemáticos de la Filosofía natural* de Isaac Newton. Esta obra marca el fin de una etapa no solo porque institucionaliza un nuevo paradigma de hacer ciencia. Significó además la síntesis de más de ciento cuarenta años de evolución del pensamiento astronómico moderno. Fue una gran síntesis, en el sentido que Newton se nutrió de los gigantes que lo precedieron para elaborar su obra. Por un lado, le dio sustento definitivo al heliocentrismo copernicano; se valió del experimentalismo de Galileo, Bacon y mucho más, y unificó la dinámica terrestre y los principios de la inercia del italiano con las tres leyes del movimiento de los planetas de Johannes Kepler. En resumen, la síntesis newtoniana fue la comprensión y unificación de toda las ciencias físicas en un conjunto de leyes de aplicación universal elaboradas matemática y experimentalmente a partir de los cuales todos los fenómenos mecánicos pueden ser deducidos con exacta precisión²⁵⁷.

Ciencia y fe

En una carta fechada el 25 de febrero de 1693 Newton le escribe al pastor Richard Bentley lo siguiente: “*Gravity must be caused by an Agent acting constantly according to certain Laws ; but whether this Agent be material or immaterial, I have left to the Consideration of my Readers*”²⁵⁸. Adicionalmente, en el prefacio de Roger Cotes a la segunda edición de los *Principia* afirma que “*La obra eximia de Newton será la protección más segura contra los*

²⁵⁶ Giraldo, “El papel de la hipótesis”, 72.

²⁵⁷ Hall, *From Galileo to Newton*, 244.

²⁵⁸ Citado en Hall, *From Galileo to Newton*, 307.

*ataques de los ateos, pues de ningún carcaj como éste podrán extraerse flechas para hostigar a la caterva de los impíos”*²⁵⁹. ¿Qué nos dicen ambas citas?

Existen suficientes pruebas que evidencian la creencia en Dios por parte de Newton. El universo elaborado por el científico inglés se presenta gobernado por leyes físicas que rigen el movimiento de los cuerpos. En un universo mecanicista todo es predecible y determinista. Los cuerpos menores orbitan los mayores y lo hacen siguiendo la ley del inverso al cuadrado. Sin embargo, se preguntaba Newton, ¿qué o quién es responsable de que todo funcione de la forma en que lo hace? En la mecánica de Newton el movimiento de los cuerpos tiene una causa que lo produce y es la gravedad, pero la gravedad en sí misma (en opinión de Newton) no puede explicar el por qué las cosas funcionan de la forma en que lo hacen. Esta causa primera, que no puede ser mecánica, no llega a ser dilucidada por Newton; pero él le asigna a un Creador la responsabilidad de dar curso a todo el sistema²⁶⁰.

Para Newton la existencia de Dios era una certeza a través de la cual se pueden explicar de manera última todos los fenómenos físicos del universo²⁶¹. En el Escolio General presentado en la segunda edición de los *Principia*, Newton habla de un ser inteligente y omnipotente²⁶², un arquitecto o “ingeniero” que existe y que, aunque implícitamente, señala como hacedor detrás de todo el sistema que descubre. El Dios de Newton no es uno que simplemente construyó un sistema similar a un mecanismo de reloj y lo dejó a su suerte, sino que se trata de Uno que vigila constantemente el funcionamiento del universo y lo gobierna²⁶³. La materia, la gravedad y todo aquello que existe en el cosmos no puede ser eterna, en opinión del científico inglés; en su lugar, hay alguien detrás que dio curso a todo y vela por su buen funcionamiento. La perfección que él observa en el sistema no puede haberse construido al azar, sino todo lo contrario: existe un Arquitecto que diseñó el universo.

Sin embargo, a pesar que Newton abrazó el Cristianismo como religión (era anglicano) y argumentó en los *Principia* en contra de doctrinas ateas, no está del todo claro la naturaleza del Dios que profesa. El Dios que presenta en su Escolio General no es el dios del Cristianismo, uno que vela por los seres humanos y castiga a los pecadores, sino un “ingeniero”, es decir, una deidad cuya presencia se expresa en la perfección del sistema del mundo. No interviene en

²⁵⁹ Newton, *Principia*, Prefacio del editor a la segunda edición, 25.

²⁶⁰ Newton, *Principia*, Escolio General, 621.

²⁶¹ Koyré, *Newtonian studies*, 38.

²⁶² Newton, *Principia*, Escolio General, 619.

²⁶³ Hall, *La Revolución Científica*, 483.

la vida de los hombres, sino que es causa del movimiento, orden y perfección del cosmos. En otros términos, el Dios de Newton se aproxima más a uno de la ciencia, que uno de la teología²⁶⁴.

Ahora bien, el motivo de la carta de Newton a Richard Bentley tenía como propósito demostrar que la filosofía mecanicista no solo no conducía al ateísmo o materialismo, sino que resulta una prueba fundamental de la existencia de un Gran Artífice Universal. No obstante, el crítico más implacable de Newton y el pensador más ilustre del momento, Leibniz, se preguntaba que si el universo era exclusivamente mecánico, entonces Dios no tendría ningún lugar en él, y si lo tuviera, no podría hablarse de un universo inherentemente mecánico, porque daría lugar a la intervención, y esto alteraría el orden perfecto del cosmos²⁶⁵. Por otro lado, las Sagradas Escrituras eran prueba suficiente de que Dios creó a Adán y Eva, así como la Tierra, pero no los fenómenos universales como la gravedad. En la mente de Newton se arguye que detrás de la creación del universo mecanicista hay un ingeniero responsable, pero esta afirmación nunca pudo trascender el rango de hipótesis. Adicionalmente, suponiendo que las leyes de la mecánica son, en última instancia, creaciones divinas, los fenómenos físicos que son expresiones de ellas no lo son de forma alguna.

El desarrollo de las ciencias físicas ha demostrado con el tiempo que la intervención de un Dios se hizo cada vez más prescindible, a pesar de que muchos de sus científicos abrazaron creencias religiosas profundamente sólidas. Desde que Copérnico le arrebató el centro del universo a la Tierra, pasando por Newton como matematizador de la filosofía mecanicista; en adelante la presencia de un Dios responsable de todo fue perdiendo progresivamente prerrogativas antes adjudicadas a su omnipotencia. En el caso de Newton, la gravedad era una fuerza suficiente en sí misma: al explicar los fenómenos físicos se hacía innecesaria la apelación a fuerzas ocultas o a la Divina Providencia, sino a la interacción de los cuerpos en razón proporcional a sus masas e inversamente proporcionales a sus distancias al cuadrado. Newton, por más creyente que fuera, abrió sus puertas a un universo sin Dios²⁶⁶.

Cuando el científico y matemático francés Pierre-Simon Laplace, un heredero newtoniano de finales del siglo XVIII e inicios del XIX empezó con la elaboración de su obra magna

²⁶⁴ Hall, *From Galileo to Newton*, 304.

²⁶⁵ Hall, *From Galileo to Newton*, 318.

²⁶⁶ Hernández, *El matemático impaciente*, 26.

*Mécanique céleste*²⁶⁷, mantuvo una conversación con Napoleón Bonaparte en la que el emperador le preguntó sobre la participación de Dios en sus sistema y este respondió: “yo no necesito *esa hipótesis*”²⁶⁸. Y es que, independientemente de las opiniones de los científicos newtonianos, el universo pensado por el científico inglés trazaba, inexorablemente, un sendero hacia creencias ateas.

El legado de Newton

El impacto de la mecánica newtoniana en el horizonte europeo y mundial fue indiscutiblemente notable. No es sorpresa que cuando uno revisa ránkings de las personalidades más influyentes en la historia de la humanidad (no solo científicos), Isaac Newton se encuentra, por lo general, en los primeros cinco o diez puestos. Hoy en día, sin embargo, soslayamos su influencia, porque la mecánica clásica ha sido profundamente desmentida por las dos ramas físicas más importantes del siglo XX: la relatividad especial y general, y la mecánica cuántica. La idea de Newton de un espacio y tiempo absolutos dio paso a un universo relativista en donde la masa y la velocidad de un objeto altera la percepción del tiempo y del espacio de un observador situado en la proximidad al evento. Por otro lado, el mundo de la indeterminación de la mecánica cuántica refutó la tesis newtoniana de la predictibilidad y absoluta determinación de los eventos por la probabilidad y el azar²⁶⁹. Si Newton veía el universo un mecanismo perfecto de relojería creado por un Dios, la física del siglo XX demostraría que este Dios juega a los dados. En otras palabras, no se puede aceptar la mecánica relativista ni la cuántica sin afirmar que la de Newton está equivocada.

Así funciona el mundo de la ciencia: teorías científicas siendo continuamente sometidas al avance y al reto de nuevos postulados científicos. Esto no quiere decir que la física newtoniana fuera *falsa*. Hoy en día es empleada por la mayoría de ingenieros al hacer sus cálculos. El problema radica cuando se quiere extender los descubrimientos de Newton a las más completas teorías científicas del siglo XX y XXI. Pero válida sigue siendo en la actualidad. Las tres leyes de la mecánica y la gravitación universal (en velocidades no relativistas) no ha sido rebatida y tampoco podrá serlo²⁷⁰.

²⁶⁷ “Mecánica celeste” en castellano.

²⁶⁸ Koyré, *Newtonian studies*, 21.

²⁶⁹ Capra y Luisi, *The systems*, 34.

²⁷⁰ Kuhn, *La estructura*, 160.

La ley de la gravitación universal fue el mayor triunfo físico de Isaac Newton. Según Hall, ningún trabajo hasta 1687 había podido explicar de forma tan precisa, original y exacta el funcionamiento del universo. Los *Principia* de Newton representan la obra definitiva de la Revolución Científica del siglo XVII. Con ella, Newton no sólo consolidó la física como una ciencia moderna, sino que a la actividad científica en su conjunto. El camino que unía a la filosofía natural en un mismo cauce comenzaría a bifurcarse: el divorcio entre ciencia y filosofía como una actividad análoga llegaría próximamente a su fin. El mundo de las “hipótesis” o de los “más o menos” serán sustituidos por un universo de exactitud²⁷¹.

Isaac Newton falleció el 31 de marzo de 1727 a la edad de 84 años. Al momento de su muerte su influencia fuera de Inglaterra era escasa. No era que Newton fuera un absoluto desconocido en Europa continental, sino que la física de Descartes fue el modelo astronómico más popular hasta el inicio de la década de 1730. En Inglaterra era el presidente de la *Royal Society*, líder indiscutible del mundo científico insular y sus libros más populares tuvieron más dos ediciones cada uno, pero aun así no existían traducciones oficiales al francés o alemán (la comunidad leía ciencia en latín). Leibniz lo despreciaba, los cartesianos marcaban su distancia y los religiosos cuestionaban muchas de sus premisas. Curiosamente, tuvo que morir para quedar inmortalizado.

El ascenso del newtonianismo como el credo científico de moda llegó de la mano con el derrocamiento del cartesianismo. Como suele ocurrir en el mundo de la ciencia, tuvo que surgir una nueva generación de científicos entre el último tercio del siglo XVII y las primeras décadas del XVIII, que sustituyeron al anquilosado sistema cartesiano. Aparte de los británicos, destacaron un grupo de científicos franceses y neerlandeses como los nuevos seguidores de Newton. En Francia, la figura de Voltaire junto con su amante la *Madame* de Chatelet fueron clave, pues no solo promovieron el newtonianismo por encima de su compatriota Descartes²⁷², sino que fueron responsables de una excelente traducción de los *Principia* a su lengua. Otros destacados matemáticos franceses fueron Alexis Clairaut y el coautor de la *Enciclopedia*, Jean le Rond d’Alembert.

En los Países Bajos fueron fundamentales en la promoción del newtonianismo tres profesores: William Jacob Gravesande, profesor de la Universidad de Leiden, Hermann Boerhaave y Petrus van Musschenbroek, autor de un libro de texto sobre los *Principia* que posteriormente

²⁷¹ Cohen, *Isaac Newton*. 362.

²⁷² Voltaire fue autor de la obra *La metafísica de Isaac Newton*.

se emplearía en el Real Convictorio de San Carlos de Lima, como veremos en el capítulo cuarto.

A pesar del creciente atractivo del newtonianismo entre los científicos continentales, para la década de 1730 aún no existía una sola prueba empírica que demostrara la verdad del sistema. Una disputa geodésica determinaría al sistema triunfador. Por un lado, los cartesianos sostenían que el sistema de los vórtices haría de la figura de la Tierra una forma oblonga, por el cual el planeta estaría achatado en el Ecuador, mientras que los newtonianos, basándose en la gravedad, afirmaban que la forma de la Tierra debía ser chata en los polos (como un esferoide ligeramente plano). Tanto Pierre Louis Moreau de Maupertuis como Charles Marie de la Condamine emprendieron misiones geodésicas a la Laponia sueca y al Virreinato del Perú²⁷³ para comprobar la verdadera forma de la Tierra. Los resultados de las expediciones, ambas financiadas por la *Academia de Ciencias de París* confirmarían la versión de los newtonianos. Las pruebas ya estaban completamente servidas: Newton se erigirá como el campeón científico del siglo XVIII.

El devenir del desarrollo científico, al igual que todos los procesos históricos, están marcados por hechos contingentes. Nada es inevitable en la historia. Un Newton pudo o no haber surgido, pero lo claro y evidente es que así ocurrió, y su impacto es muy difícil de minimizar. Los siglos XVIII y XIX se caracterizaron por el triunfo del científico inglés: la mecánica era newtoniana, la matemática avanzada se basaba en el cálculo de Newton y la filosofía experimental se nutría de él mismo. Como menciona Hall, esto no significaba que las comunidades científicas europeas olvidaran a los gigantes que precedieron a Newton, sino que su síntesis permitió unificar todo dentro de un modelo de ciencia extremadamente exitoso²⁷⁴.

Lo que nosotros llamamos paradigma newtoniano no es solo un modelo astronómico como el heliocentrismo copernicano o el geocentrismo aristotélico, sino una forma inédita de producir ciencia. La influencia de Newton, como se observará, no se limitó a los círculos ilustrados de Europa central y occidental, sino que también, aunque progresivamente, invadiría las universidades y centros de enseñanza de España y sus reinos de ultramar. Sin embargo, antes de abordar la recepción del newtonianismo en el mundo hispano en cuestión, primero debemos

²⁷³ Respecto a la expedición geodésica al Perú se estudiará a mayor profundidad en el siguiente capítulo, dedicado a la difusión del newtonianismo en España y sus reinos ultramarinos.

²⁷⁴ Hall, *La Revolución Científica*, 526.

finalizar este capítulo con un acápite de reflexión acerca del desarrollo científico español entre los siglos XVI y XVIII.

Problematizando el concepto de “Revolución Científica”

En las páginas anteriores hemos insertado los cambios revolucionarios de la filosofía natural en los siglos XVI y XVII dentro de una narrativa histórica denominada “Revolución Científica”. Los historiadores suelen asignar nombres a determinados períodos históricos para darle sentido a una época. En Occidente, el siglo XVI corresponde con el Renacimiento, el siglo XVIII con la Ilustración y el XIX con la Revolución Industrial. Evidentemente, la asignación de un nombre determinado a una época responde a un ejercicio preponderantemente inductivo: en el siglo XVI no todos los europeos abrazaron el Humanismo o criticaron a los clásicos; en el siglo XVIII no todos los campesinos franceses leían las obras de Rousseau, Voltaire o Montesquieu. Igualmente, no toda Europa en el XIX, desarrolló máquinas de vapor y ferrocarriles. Por el contrario, se trataron de cambios introducidos por pequeños grupos sociales en determinados territorios que fueron contracorriente y marcaron la pauta del futuro.

Lo mismo se aplica para la Revolución Científica. Fue un largo proceso histórico que la historiografía tradicional ha asignado a un grupo muy limitado de filósofos de la naturaleza en territorios muy concretos: Francia, Inglaterra, Italia, Países Bajos, etc. No fue que toda Europa, de improvisto, leyó, entendió y asimiló el heliocentrismo copernicano o la física de Newton. El cambio tuvo un radio de acción limitadísimo, pero progresivamente impregnó los reductos intelectuales de Europa, luego las universidades, más adelante las escuelas y, finalmente, el sentido común de la población.

La historiografía de la ciencia tradicional - aquella que en gran medida se ha citado en las páginas anteriores - ha concentrado su interés en las ciencias físicas (astronomía y mecánica) para ubicar dónde ocurrieron los principales cambios que permiten hablar de una Revolución Científica del siglo XVII. Esta postura es completamente coherente con los hechos empíricos: efectivamente, Copérnico, Kepler, Galileo, Newton y demás filósofos de la naturaleza transformaron radicalmente el entendimiento del cosmos. Por ejemplo, el impacto de Newton fue tan colosal que exigió la reforma de la educación del Perú tardío-colonial y suscitó importantes debates en la prensa. No obstante, el concepto de “ciencia” del XVII no solo incluía a las ciencias físicas, sino también las biológicas, naturales, técnicas y hasta pseudocientíficas. Por lo tanto, debemos hacer una pequeña salvedad y destinar lo que resta del capítulo a

problematizar el concepto de “Revolución Científica” preconizada por la historiografía de la ciencia tradicional.

Cambios historiográficos

Las corrientes historiográficas de la ciencia en los últimos años, si bien no han abandonado las narrativas de la Revolución Científica del XVII, ha tendido a matizar su impacto y concentrar sus esfuerzos en recalcar otros episodios de la ciencia en la temprana modernidad que se han mantenido ocultos o han sido ocultados²⁷⁵.

Según Pamela Smith, la historia de la ciencia de la Modernidad Temprana ha tomado tres direcciones principales. Por un lado, persisten los estudios de las “protociencias”, es decir, aquellos conocimientos de la filosofía natural que en determinado momento histórico pertenecían a lo “precientífico”, pero que tras el siglo XVII se convierten en la cuna de la ciencia moderna, como la física y la astronomía. En segundo lugar, se encuentran aquellas investigaciones de lo que contemporáneamente denominamos por “pseudociencia”. Conocimientos como la alquimia, la astrología o la magia eran muy respetados en el XVII y no eran dicotómicas frente a la química, astronomía o física. Todas pertenecían a la filosofía natural y su estudio agotaba gran parte del tiempo de pensadores de talla prestigiosísima como Johannes Kepler e Isaac Newton. Sin embargo, a partir de la profesionalización de la labor científica en el XVIII, esta se hizo bastante más exigente y dichos saberes fueron relegados al imperio de la fantasía y la ficción. Estos conocimientos siguieron el derrotero de las pseudociencias, pero antes del XVIII no existían razones fundamentales para desacreditarlas como tales²⁷⁶.

Sin embargo, el cambio más notable en la historiografía ha sido la extensión del significado de ciencia. La ciencia ya no se entiende únicamente como el feudo de la astronomía, física o de las ciencias biológicas - aquellas que dieron luz a la narrativa de la Revolución Científica - sino que pasa por incluir a artesanos, mineros, metalúrgicos, médicos, ingenieros y demás. En otras palabras, la ciencia ya no es vista exclusivamente como una actividad intelectual, sino técnica y práctica²⁷⁷. El mensaje de fondo reside en que el conocimiento del mundo natural no parte únicamente de su teorización, sino de su comprensión puesta en práctica a partir de técnicas y

²⁷⁵ Hernández, *El matemático impaciente*, 19-22.

²⁷⁶ Pamela Smith, “Science on the Move: Recent Trends in the History of Early Modern Science”. *Renaissance Quarterly* 62 (2009): 347- 357.

²⁷⁷ Smith, “Science on the Move”, 357.

procedimientos específicos. La búsqueda por entender la naturaleza (aquello que denominamos ciencia) va más allá, según esta renovación historiográfica, de lo descubierto o inventado por Copérnico, Galileo o Newton; o de su limitación al norte occidental de Europa, para incluir a personajes menos conocidos (muchísimos anónimos) y de latitudes inferiores que contribuyeron enormemente a la comprensión del mundo que habitamos²⁷⁸. En el siglo XVI los protagonistas de esta historia no fueron ingleses, franceses o neerlandeses, sino españoles.

España y la Revolución Científica

Según Jorge Cañizares-Esguerra, Mauricio Nieto, Juan Pimentel, José Pardo-Tomás, Víctor Navarro, y otros, la historiografía de la ciencia tradicional, nutrida esencialmente de la literatura científica anglosajona y del noroeste de Europa de las décadas intermedias del siglo XX, ha silenciado de forma escandalosa la producción científica española del siglo XVI, incapaz de poder insertarla dentro de sus narrativas de la modernidad²⁷⁹. De acuerdo con esta historiografía, la ciencia moderna surgió en los salones de la Universidad de Cambridge, Leiden, Pisa y París, así como al interior de instituciones como la *Royal Society* o la *Accademia delle Scienze*, omitiendo que un siglo atrás se produjo un notable desarrollo de las ciencias prácticas por parte de mineros, navegantes, cosmógrafos y naturalistas de la Península Ibérica. Incapaces de insertar al Imperio Español en esta narrativa, el resultado fue un silencio inexplicable: si España no produjo ciencia en el siglo XVI, entonces no fue protagonista del surgimiento de la Modernidad europea. Por el contrario, su ausencia se le asocia con una nación de artistas, pintores, músicos y poetas, pero no de científicos ¿Por qué de este silencio?

Este silencio no surge de una animadversión hacia España, tampoco de la ignorancia o del ocultamiento premeditado para sostener tendenciosamente una narrativa histórica, sino de la propia concepción de la idea de ciencia que manejaban estos historiadores. En no pocos casos, las incursiones de estos personajes en la historia fueron posteriores a sus estudios en disciplinas científicas preponderantemente teóricas como la física o las matemáticas. Esto podría explicar la noción restringida que manejaban de ciencia. Por ejemplo, en el texto de Hans Jonas sobre

²⁷⁸ Nieto, Mauricio. "Ciencia, imperio, modernidad y eurocentrismo: el mundo atlántico del siglo XVI y la comprensión del Nuevo Mundo". *Historia Crítica* 39 (2009): 15.

²⁷⁹ Cañizares-Esguerra, Jorge "On Ignored Global "Scientific Revolutions". *Journal of Early Modern History* 21 (2017): 421.

la Revolución Científica se recalca el elemento teórico como la base del surgimiento de la ciencia moderna:

*“La revolución científica cambió la manera de pensar del hombre; y lo hizo a través de pensamientos, antes de haber cambiado materialmente o incluso afectado su manera de vivir. Fue un cambio en la teoría, en la visión del mundo, en la perspectiva metafísica, en la concepción y método de conocimiento. Al principio, y por un largo tiempo, no estuvo vinculado con el mundo práctico, pese a que algunos de sus más elocuentes profetas filosóficos le asignaron tempranamente ese rol”*²⁸⁰.

En otras palabras, el conocimiento práctico no es visto como un ingrediente de la revolución, sino como una posibilidad implícita detrás del cambio a nivel de teoría, el cual es considerado como el rasgo más importante. Bajo esta lógica, es lógico que España no haya desarrollado ciencia, ni siquiera en el XVI, pues la suya era preeminentemente técnica. La ciencia que crearon los españoles, tanto en la Península Ibérica como en sus dominios americanos, no fue una ciencia de laboratorio, de teorías, ni de fórmulas; sino de experimentos, de circulación de conocimientos, de catalogación de datos, de observación, de producción de mapas, etc. Por tanto, la reescritura de la historiografía de la ciencia, según este grupo de autores, parte por la democratización de la definición de ciencia: abandonar su exclusividad teoricista constituye un paso esencial en la renovación para incluir a mineros, ensayadores, cosmógrafos, geógrafos, pilotos, cartógrafos, naturalistas y demás.²⁸¹

¿Cuándo y cómo surgió esta narrativa histórica que excluía a España del nacimiento de la ciencia moderna? En 1721, el filósofo e ilustrado francés Montesquieu indicó en su *Lettres Persanes* que España solo era buena escribiendo novelas de caballería, de romance y tratados escolásticos dogmáticos²⁸². Más drástico aún, en 1792 el polímata galo Nicolas Masson de Morvilliers escribió en las primeras páginas de su *Enciclopedia Metódica* lo siguiente: “¿Qué le debemos a España? [...] ¿En dos, cuatro y hasta seis siglos qué ha hecho por Europa?”²⁸³

²⁸⁰ Jonas, *El siglo diecisiete*, 78.

²⁸¹ Madrid, Carlos, “España y la Revolución Científica: estado de la cuestión de una polémica secular”. *Circumscribere* 13 (2013): 7.

²⁸² Citado en Cañizares-Esguerra, Jorge, “Iberian Science in the Renaissance: Ignored How Much Longer?” *Perspectives on Science* 12 (2004): 95.

²⁸³ Víctor Navarro y William Eamon, “Spain and the Scientific Revolution: Historiographical Questions and Conjectures”, en *Beyond the Black Legend: Spain and the Scientific Revolution*. (Valencia: CSIC, 2007): 27.

Estas preguntas, que claramente contienen una connotación negativa hacia España marcado por su antimodernismo, ignorancia y escasa producción científica e intelectual, condujo al más destacado debate historiográfico sobre la ciencia española entre el siglo XIX y la mitad del XX: la polémica de la ciencia española. Este debate agrupó individuos que, por un lado, defendían una visión nacionalista de la ciencia española destacando sus logros a lo largo de la temprana modernidad, en contraposición con una postura que criticaba su aislacionismo en el concierto científico europeo de los siglos XVII y XVIII. Más allá del resultado de la polémica, lo importante reside en la persistencia de esta mirada de los escritos de Montesquieu y Masson en la historiografía de la ciencia del XX: una marcada por la existencia de una poderosa “Leyenda Negra” que negaba todo desarrollo ibérico²⁸⁴. Toda narrativa hija de la Ilustración no pudo encontrar espacio alguno para insertar a España en la vías de la Modernidad y el Progreso. En consecuencia, es común asociar a la España de los siglos XVI y XVII con pintores, artistas y poetas, y no científicos²⁸⁵.

Desde el descubrimiento de América por Colón en 1492 hasta la muerte de Felipe II en 1598, España experimentó una etapa de oro en el desarrollo de las ciencias prácticas. La empresa colonial exigía el despliegue de una maquinaria científica de proporciones inéditas: pilotos de navío que supieran guiar de forma efectiva los viajes transatlánticos; cartógrafos competentes en el trazado de mapas sobre las regiones recién descubiertas, artilleros versados en construir barcos de navegación seguros frente a los embates del océano o de piratas; ensayadores hábiles en el manejo de los metales preciosos; naturalistas curiosos en catalogar el Nuevo Mundo recién descubierto; ingenieros aplicados en la creación de armas, y sinfín de profesiones similares.

Desde inicios del siglo XVI España se caracterizó por el acopio de una inmensidad de datos nuevos que debían ser transformados en conocimiento. En ese sentido, se hizo imperativa la creación de instituciones encargadas no solo de catalogar la nueva información, sino, sobre todo, de educar a los protagonistas detrás de la empresa colonizadora. La *Casa de Contratación de Sevilla*, creada en el año 1503 cumplió con esa función: entrenar pilotos de navío, enseñar cartografía, registrar los ingresos provenientes del Nuevo Mundo, etc²⁸⁶.

²⁸⁴ Navarro, Eamon, “Spain and the Scientific Revolution”, 29.

²⁸⁵ Cañizares-Esguerra, “Iberian Science”, 104.

²⁸⁶ Cañizares-Esguerra, “Iberian Science”, 92.

Resulta difícil imaginar que España se mantuvo a la vanguardia de las ciencias prácticas en el siglo XVI. Incluso, como ha demostrado Jorge Cañizares-Esguerra, los pilotos, navegantes y cosmógrafos ibéricos eran el foco de recelo de sus pares británicos, quienes buscaban imitar a los primeros. Tanto así que Francis Bacon, una figura clave en el desarrollo de método inductivo de la ciencia, imitó en su *Instauratio magna* (1620) el frontispicio del *Regimiento de Navegación* (1606) del cosmógrafo mayor del imperio español Andrés García de Céspedes²⁸⁷.

En lo relativo a la historia natural, España también fue pionera en el siglo XVI. En Centroamérica y el Caribe la *Historia Natural y General de las Indias Occidentales* (1526) de Gonzalo Fernández de Oviedo tuvo un éxito increíble al presentar, dibujar, describir y teorizar sobre la naturaleza del mundo mineral, vegetal y animal del Nuevo Mundo, texto que tuvo quince ediciones y fue traducido a cinco idiomas. Bernardino de Sahagún tuvo un impacto similar con la publicación de su *Historia General de las Cosas de la Nueva España*, mientras que en el Virreinato del Perú el libro de historia natural más destacado fue la *Historia Natural y Moral de las Indias* (1590) del padre jesuita José de Acosta, cuyo éxito se tradujo en decenas de ediciones, y traducciones en seis idiomas distintos²⁸⁸. En los tres libros se muestra una clara crítica a los antiguos, en particular la refutación de la teoría de la zona tórrida de Aristóteles, por la cual se argüía la imposibilidad de desarrollar conocimiento en aquellas zonas que se ubican entre los dos trópicos por su excesivo calor. Como indican Navarro e Eamon, es en España y no en el norte de Europa donde se observa el resquebrajamiento de la autoridad de los autores clásicos²⁸⁹.

En cuanto al desarrollo tecnológico y en infraestructura, el Imperio Español se encontraba a la vanguardia. Cañizares-Esguerra habla de la existencia de veinticuatro lagos artificiales construidos en la ciudad minera de Potosí entre 1570 y 1620. Represas, acueductos, túneles, canales y puentes conformaban el paisaje de una ciudad que para la época contaba con alrededor de 160'000 habitantes²⁹⁰. En la ciudad no se teorizaba sobre el universo o los sistemas cosmológicos, pero sí se produjo un desarrollo tecnológico inédito en una zona “periférica”.

²⁸⁷ Jorge Cañizares-Esguerra, “The Colonial Iberian Roots of the Scientific Revolution”. En *Nature, Empire and Nation*, 14-45. California: Stanford University Press, 2006, 13-18.

²⁸⁸ Madrid, “España y la Revolución Científica”, 19.

²⁸⁹ Navarro e Eamon, “Spain and the Scientific Revolution”, 33”.

²⁹⁰ Cañizares-Esguerra, Jorge “On Ignored Global “Scientific Revolutions”, 421.

Pimentel y Pardo Tomás señalan que en España nunca hubo un Galileo o un Newton²⁹¹, pero sí se discutió la cosmología de Copérnico incluso antes del siglo XVII. Por ejemplo, por la influencia del astrónomo Diego de Zúñiga, en 1561 se incluyó al *De Revolutionibus* como lectura en la cátedra de cosmografía en la Universidad de Salamanca, mientras estaba prohibida en la Sorbona de París. Años más tarde, el astrónomo valenciano Jerónimo de Muñoz gozaría de una cátedra en la universidad donde directamente enseñó el sistema copernicano²⁹². Sin embargo, tan pronto la teoría de Copérnico entró, a partir de la década de 1590, en una fuerte contradicción con las Sagradas Escrituras, todos los intelectuales españoles optaron por rechazar el heliocentrismo y abrazaron el más intuitivo sistema aristotélico, pero sin enlistar a *De Revolutionibus*, en el *index* de libros prohibidos, como sí lo hizo la Inquisición Romana en 1616.²⁹³

No obstante, si España producía una gran cantidad de conocimiento, en su mayoría con una finalidad más práctica que teórica, persiste la interrogante de por qué su acceso no tuvo el grado de difusión que tuvieron en los países del noroeste europeo. Según Cañizares, los saberes desarrollados en España respondían más a una necesidad del Estado por preservar el dominio colonial en América, que por iniciativas individuales. En ese sentido, los monarcas Habsburgo emprendieron una política de *arcana imperii*, una tendencia de algunos imperios a mantener sus reportes científicos sin publicar; es decir, en estado manuscrito antes que impreso²⁹⁴. Por tanto, no era que España no produjera conocimiento científico alguno, sino que se priorizaba la no publicación de las obras para mantener los secretos imperiales bien resguardados.

La respuesta de esta historiografía a la cuestión de la Revolución Científica es clara: si el término busca tener validez, entonces debe incluir a la España del siglo XVI como un precedente (o país pionero) en la empresa de la modernidad científica. Sin embargo, este esquema obliga a plantear las siguientes interrogantes: ¿Qué pasó? ¿Tuvo España una decadencia en el siglo XVII? ¿Por qué? La retórica de la Revolución Científica de la historiografía tradicional, si bien omite de forma polémica el auge ibérico del siglo XVI, tiene cierta razón en omitir a España en el siglo posterior. Y es que la historiografía que reivindica el papel protagónico de España en el concierto científico de la temprana modernidad o bien

²⁹¹ Juan Pimentel y José Pardo-Tomás. "And yet, we were modern. The paradoxes of Iberian science after the Grand Narratives". *History of Science* 55 (2017): 137.

²⁹² Madrid, "España y la Revolución Científica", 17-18.

²⁹³ Cañizares-Esguerra, "Iberian Science", 110.

²⁹⁴ Cañizares-Esguerra, "The Colonial Iberian Roots", 23.

suele omitir la pregunta de por qué España sufrió una clara decadencia en el siglo XVII afirmando que estas interrogantes conducen a polémicas estériles²⁹⁵, o evita la polémica asumiendo que esta invita a compararse con los países del noroeste de Europa, lo que en esencia conduce a pensar el desarrollo científico español como resultado únicamente de la recepción de los conocimientos franceses, anglosajones o italianos ignorando que el intercambio fue recíproco más que asimétrico²⁹⁶.

Ahora bien, dicho declive no se debe pensar exclusivamente como consecuencia de barreras ideológicas. España no produjo suficientes novedades científicas en el siglo XVII por ser católica, inquisitorial o sumamente escolástica como tradicionalmente se ha pensado. No se trata de pensar el desarrollo científico como una iniciativa exclusiva de los países protestantes en oposición a una “reaccionaria y hermética” tradición hispana, sino como consecuencia del desarrollo material del periodo histórico en cuestión. Como señala Madrid:

“La ausencia de novedades científicas durante este siglo antes podría asumirse como consecuencia de la declinación económica, militar y técnica que como simple corolario de la impermeabilidad al erasmismo, la persecución de alumbrados o la intolerancia inquisitorial – como, no obstante, sigue manteniéndose”²⁹⁷.

España no produjo en el siglo XVII ningún trabajo científico del calibre de los de Galileo, Harvey, Kepler, Huygens, Descartes y ni qué decir de Newton. Tampoco creó instituciones científicas de la talla de la *Royal Society*, *Academia de Ciencias de París*, *Academia del Cimento*, *Academia de Ciencias Berlín* o de San Petersburgo hasta recién culminando el siglo XVIII. Por más que el siglo XVI vio un esplendor del desarrollo científico hispano, muy pocas obras trascendieron el impacto momentáneo y fueron immortalizadas en los siglos posteriores, como el caso de Isaac Newton; pero más que por un “instinto conservador”, se debió a que el propio motor por el interés científico (los salarios, y las condiciones políticas, económicas y sociales) se encontraba sosegado²⁹⁸.

Este apaciguamiento iba a ser percibido por los propios españoles. En 1687 - año que coincide con la publicación de la primera edición de los *Principia* - el médico valenciano Juan de Cabriada publicó su *Carta filosófica, médica y química* destinada a los novatores con la

²⁹⁵ Pimentel y Pardo-Tomás, 2017.

²⁹⁶ Navarro y Eamon, 2007.

²⁹⁷ Madrid, “España y la Revolución Científica”, 9.

²⁹⁸ Madrid, “España y la Revolución Científica”, 27.

intención de ser un alegato en favor de la apertura a la nueva ciencia que se experimentaba al norte de los Pirineos. Con ello, se iniciaría una renovación que coincide con la llegada de los Borbones²⁹⁹ al trono español y el nacimiento de una nueva etapa para la ciencia hispana, motivo de análisis del siguiente capítulo.

Capítulo III: La ciencia moderna en España e Hispanoamérica

“Estas reflexiones se han hecho ya en casi toda la Europa: no hay Reyno que no sea Newtoniano, y por consiguiente Copernicano; mas no por eso pretenden ofender (ni aun por imaginación) á las Sagradas Letras, que tanto debemos venerar”

Jorge Juan y Santacilia (*Observaciones Astronómicas y Phísicas hechas de orden de S.M. en los Reynos del Perú*) (1773, segunda edición).

La ciencia española en el siglo XVIII

Aunque breve, esta cita permite ilustrar el estado de la ciencia española en el último tercio del siglo XVIII: una ciencia que, a pesar de ciertas resistencias, va germinando en los círculos intelectuales y científicos más ilustrados de la España dieciochesca. Sin detenerse mucho en este personaje (por el momento) la trayectoria científica de Jorge Juan reúne la mayor parte de las características que definen el devenir de la ciencia española e hispanoamericana del XVIII: formado en una de los primeros centros de estudios militares y científicos de España, la Academia de Guardiamarinas de Cádiz, Juan fue heredero del lento y sinuoso proceso de institucionalización de la ciencia española promovida por la nueva dinastía borbónica. Conocedores de la situación de atraso en materia comercial, militar y científica respecto a las naciones más desarrolladas de Europa, los Borbones emprendieron una cruzada con el fin de subsanar el estado decadente que dejaron las Guerras de Sucesión y los últimos años de los Austrias. En gran medida en esto consistió la impronta científica de la España borbónica: un desarrollo promovido no por la búsqueda de la gloria individual de los científicos, sino por determinación activa por parte del Estado y del rey.

La creación de nuevas instituciones, el surgimiento de Sociedades de Amigos del País, la renovación de los planes de estudios de las principales universidades y colegios mayores de la península, el financiamiento de expediciones científicas hacia América, la contratación de

²⁹⁹ Si bien la renovación coincide con el cambio de dinastía, la génesis del cambio se produce en los años finales de los Austrias.

profesores y científicos extranjeros para el dictado de materias y un énfasis en el aspecto militar de la ciencia resumen las iniciativas tomadas por Felipe V, Fernando VI y Carlos III para remediar la situación de un consciente letargo de la ciencia española dentro del panorama europeo. Todas estas iniciativas, pese a sus éxitos y fracasos se hicieron, en gran medida, en detrimento de las congregaciones religiosas. En ese sentido, otro de los elementos fundamentales de la renovación científica de la España del XVIII pasó por un proceso de secularización desde arriba que recibió el nombre de “despotismo ilustrado”. Sin embargo, la pérdida de prerrogativas eclesiásticas en el ámbito científico (sobre todo en lo concerniente a la enseñanza de la ciencia en los colegios y universidades) nunca corrió de la mano de pensamientos o corrientes ateas. De ahí la cita de Jorge Juan: “*mas no por eso pretenden ofender a la Sagradas Letras, que tanto debemos venerar*”³⁰⁰.

No obstante, si se pudiera rescatar un único elemento, que tanto los intelectuales como los funcionarios reales se percataron de la situación de la ciencia española en este periodo, fue la percepción de un aparente retraso. ¿Qué tanto fue esto así? A continuación, se ofrece una mirada historiográfica y documental al estado de la ciencia española en las décadas finales del siglo XVII e inicios del XVIII, con el propósito de problematizar la aparente situación de decadencia, para posteriormente concentrarse en las reformas de la ciencia española en el periodo ilustrado.

El XVII ¿siglo de decadencia de la ciencia española?

Juan de Cabriada (1661 - 1743) fue un médico valenciano que se hizo famoso por la publicación de su *Carta filosófica-médico-chémica. En que se demuestra que de los tiempos y experiencias se han aprendido los mejores remedios contra las enfermedades* (1687). Esta carta lo hizo merecedor de ser uno de los principales representantes del movimiento novator en España, y defensor acérrimo de la teoría de la circulación de la sangre del médico inglés William Harvey.³⁰¹ En dicha carta, que más bien pretendía ser un alegato en favor de la renovación de la enseñanza científica (concretamente medicina) en España, Cabriada denuncia el retraso de la medicina española en los siguientes términos:

³⁰⁰ Jorge Juan. *Observaciones Astronómicas y Phísicas, hechas por orden de S.M. en los Reynos del Perú*. Madrid: Imprenta Real de la Gazeta, 1773 [Estado de la Astronomía en Europa], 21.

³⁰¹ Los novatores (llamados de forma despectiva por sus detractores) fue un movimiento de renovación científica que se desarrolló en los años finales del siglo XVII que pugnaba por la liberación de los criterios de la autoridad de los antiguos, en especial la medicina, y la búsqueda de cambios en las universidades. Un análisis más minucioso de este grupo se verá más adelante.

*Y es muy de notar, que siendo tan innato a nuestra naturaleza el deseo de vivir y conservar la vida y que siendo los ingenios españoles los más vivaces y profundos que tiene el mundo, no hayan de haber adelantado nada en la Medicina, de cuarenta años a esta parte, cuando en este tiempo principalisimamente se ha exornado de las nuevas, quanto verdaderas, noticias físicas, anatómicas y químicas, por los ingenios del Norte e Italia. Qué sea la causa yo no la sé, ni la quiero averiguar...*³⁰²

En palabras de Cabriada, se percibe un apaciguamiento y poco desarrollo de la actividad médica de España en el ocaso del siglo XVII. Si bien la última oración de la cita, el autor ignora y se rehúsa a proporcionar una explicación, más adelante ofrece algunas pistas al respecto:

*Me ha sucedido en algunas juntas proponer algún remedio químico o algunas doctrinas nuevas anatómicas y entrar luego los médicos, que se siguen hablando, y decir: dejémonos de químicas, que nuestros antepasados curaron sin estas novedades [...] ¿Qué hombre sano de juicio se puede persuadir que los antiguos dejaron la ciencia médica tan absolutamente perfecta que no se le puede añadir nada, mayormente cuando Hipócrates aconseja se hagan pesquisas de los rústicos acerca de sus observaciones?*³⁰³

Parece ser que la causa que esgrime Cabriada para explicar la lamentable situación de la medicina española a finales del periodo Habsburgo se resume en el rechazo a las novedades médicas por un sector de los médicos materializado en una antipatía hacia lo extranjero en la forma de aislamiento con el exterior y un seguimiento acrítico al argumento por autoridad de los autores antiguos. Un letargo que se advierte por el temor o apatía hacia los nuevos saberes, que Cabriada denuncia como una necesidad de sacudirse del “yugo de la servidumbre antigua para poder con libertad elegir mejor”³⁰⁴.

El autor finaliza la carta dando una comparación necesaria con el resto de naciones europeas:

¿Por qué, pues, no se adelantará y promoverá este género de estudios? ¿Por qué, para poderlo conseguir, no se fundará en la Corte del Rey de España una Academia Real, como la hay en la del rey de Francia, en la del de Inglaterra y en la del señor Emperador? [...] Que es

³⁰² Juan de Cabriada. *Carta filosófica-médico-chémica. En que se demuestra que de los tiempos y experiencias se han aprendido los mejores remedios contra las enfermedades...*, Madrid: Lucas Antonio de Bedmar y Baldivia, 1687.

³⁰³ Cabriada, *Carta filosófica-médico-chémica*, 1687.

³⁰⁴ Cabriada, *Carta filosófica-médico-chémica*, 1687.

*lastimosa y aún vergonzosa cosa que, como si fuéramos indios, hayamos de ser los últimos en percibir las noticias y luces públicas que ya están esparcidas por toda Europa.*³⁰⁵

Este fragmento permite vislumbrar el grado de preocupación del médico valenciano respecto al estado de la ciencia médica en contraste con Francia e Inglaterra. El autor denuncia la inexistencia de una Academia de Ciencias Española (proyecto que recién ve las luces en el siglo XIX) y expresa por escrito una clara frustración por ser de las últimas naciones en percibir las noticias y avances científicos esparcidos por el continente europeo.

Esta misma sensación de frustración que se percibe en el alegato de Cabriada estuvo presente en la mente y letra de intelectuales y científicos españoles y americanos en el siglo XVIII, desde los benedictinos Jerónimo Feijóo y Martín Sarmiento, pasando por científicos como Andrés Piquer, marinos como el propio Jorge Juan y Antonio de Ulloa, o funcionarios reales de la talla de Pedro Rodríguez de Campomanes, el Conde de Aranda, Gaspar Melchor de Jovellanos o el peruano Pablo de Olavide. Sin agobiarnos en citas, bastará con indicar que Jorge Juan también era consciente del estado de la ciencia española en la segunda mitad del XVIII. Esto permite explicar por qué el prólogo a la segunda edición de sus *Observaciones Astronómicas y Físicas* titulado *Estado de la Astronomía en Europa* (1773) presenta al público español el triunfo del sistema copernicano en la Europa de las Luces. Es decir, de cómo Europa abandonó el aristotelismo, el sistema ptolemaico y el tiónico en favor del copernicano, con el deseo de que España continúe por esas coordenadas³⁰⁶. Cada uno de estas personalidades aportaron desde su posición como pedagogos, funcionarios reales, marinos y hombres de letras en pro de la ciencia moderna. No obstante, resulta indispensable no olvidar este discurso derrotista, pues en él subyace la chispa de renovación que será el *leitmotiv* de la acción ilustrada en el siglo XVIII, como se sostiene en el presente capítulo.

Este discurso de la decadencia de la producción y enseñanza de la ciencia moderna en el ocaso de la dinastía de los Habsburgo ha sido ampliamente abordado por la historiografía de la ciencia española. José María López Piñero, quizás el historiador de la ciencia más importante de la temprana modernidad española, en su famoso libro titulado *Ciencia y técnica en la sociedad española de los siglos XVI y XVII* (1979) dedica un capítulo a explicar el decaimiento de la

³⁰⁵ Cabriada, *Carta filosófica-médico-chémica*, 1687.

³⁰⁶ Juan, *Observaciones Astronómicas y Físicas* [Estado de la astronomía en Europa].

ciencia española del seiscientos en contraste con el esplendor que experimentó el siglo anterior. Según el autor:

*"Durante casi un milenio, nuestra península había figurado entre los escenarios centrales del desarrollo de los saberes científicos en Europa. En esta época crucial, sin embargo, los obstáculos que hemos visto ir creciendo a lo largo del siglo XVI se convirtieron en auténticas barreras que aislaron la actividad científica española de las corrientes europeas y desarticulaban su inserción en la sociedad. Al quedar marginada del punto de partida de la Revolución científica, ésta tuvo que ser introducida con retraso a través de un penoso proceso de aculturación".*³⁰⁷

En palabras López Piñero, España, a diferencia del esplendor que experimentó en el siglo XVI, producto de la empresa colonial americana con el subsiguiente despliegue de un aparato científico monumental (minería, metalurgia, ingeniería, náutica, historia natural, botánica, medicina, etc.) para capitalizar las ganancias del Nuevo Mundo, no participó de la Revolución Científica del siglo XVII. Esto se tradujo en un aislamiento respecto al resto de Europa, lo que obligó a que su inserción en el concierto científico europeo se diera por un proceso de aculturación, es decir, de una recepción pasiva del conocimiento de países como Inglaterra y Francia.

Este discurso de la decadencia científica española del dieciséis se percibe en gran parte de la historiografía heredera de López Piñero³⁰⁸, quien es considerado como el precursor de la renovada historiografía de la ciencia española de la Edad Moderna. Fue una crisis que asoló varios sectores de la sociedad española. Por ejemplo, en el rubro de la Armada y el comercio con América, la situación tampoco era mejor: como señalan Lafuente y Peset, entre 1700 y 1710 el 50% de la flota española había sido adquirida en el extranjero, mientras que sólo un tercio era fabricado en la península. Asimismo, en 1670 solo el 11% del comercio de Cádiz con

³⁰⁷ López-Piñero, José María. *Ciencia y técnica en la sociedad española de los siglos XVI y XVII*. Barcelona: Labor, 1979, 372. Citado en Francois López. "Los novatores en la Europa de los sabios". *Asclepio. Revista de Historia de la Medicina y de la Ciencia* 45 (1993): 107.

³⁰⁸ Emili Balaguer. "La ciencia en la España ilustrada". *Canelobre* 5 (2006). Antonio Lafuente y José Luis Peset. "Los inicios de la institucionalización de la ciencia moderna en España". *Cien. Tec. Des. Bogotá* 7 (1983). De los mismos autores también véase "Ciencia e historia de la ciencia en la España ilustrada". *Boletín de la Real Academia de la Historia* 178 (1981). Víctor Navarro Brótons "La renovación de la actividad científica en la España del siglo XVII y las disciplinas físico-matemáticas". En *Técnica en ingeniería en España. El siglo de las Luces. De la ingeniería a la nueva navegación*, 33-73. 2005.

América estaba en manos españolas, cifra que probablemente disminuyó al 5% para el año 1691³⁰⁹.

En el ámbito científico, los Borbones heredaron un panorama caracterizado por los siguientes elementos: ausencia de instituciones estrictamente científicas, escasos vehículos de comunicación con los centros científicos en el extranjero para la adquisición de nuevas ideas, la poca demanda de profesionales cualificados para la enseñanza de los nuevos saberes, el poco desarrollo de las matemáticas, un espíritu desmesuradamente especulativo, cualitativo y esencialista sobre la filosofía natural y una primacía de la educación escolástica en los centros universitarios³¹⁰. Cabe recalcar, no obstante, que si bien este panorama refleja una aproximación al momento científico español, salvo por Francia e Inglaterra, que desde la década de 1660 contaban con instituciones científicas³¹¹, la situación parecía ser endémica del continente europeo. Al declive de la ciencia española en la segunda mitad del siglo XVII le sobrevino un periodo de ralentización, cuyos pasos hacia el cambio lo observaremos en el siguiente acápite.

Este momento de la ciencia española en el XVII no se puede explicar de forma monocausal. En definitiva, no existe una respuesta unívoca, pero se pueden señalar, desde la historiografía, algunas propuestas. En primer lugar, Víctor Navarro señala que la decadencia española en el XVII repercutió no solo el rubro científico, sino que afectó a la gran mayoría de sectores que conforman el Estado español: la economía, el fisco, el comercio, la política, la milicia, etc³¹². En otras palabras, se trató de una crisis total que contagió a casi todas las esferas de la sociedad española.

Sin embargo, a diferencia de lo propuesto por Madrid en el capítulo anterior, no se puede omitir la presencia de ciertos elementos ideológicos detrás de la crisis científica española del dieciséis. Factores como el predominio de la escolástica en las instituciones educativas que inhibían la comunicación de las novedades científicas con el extranjero, el control o represión de ciertas corrientes filosóficas o científicas que pudieran dificultar el florecimiento de mentes creativas, el declive económico de la burguesía, el retroceso de la secularización a partir de la

³⁰⁹ Lafuente y Peset, "Los inicios de la institucionalización de la ciencia moderna en España", 404.

³¹⁰ Balaguer, "La ciencia en la España ilustrada", 17.

³¹¹ No obstante, la universidad mantuvo un predominio de los saberes tradicionales en toda Europa durante el siglo XVII, incluso en Francia e Inglaterra.

³¹² Navarro: "La renovación de la actividad científica en la España del siglo XVII y las disciplinas físico-matemáticas", 33.

Contrarreforma, son ejemplos de ello³¹³. Adicionalmente, Peset y Lafuente resaltan el papel de la burguesía en países como Inglaterra, Francia e Italia como grupos sociales que, opuestos a la alta nobleza, fomentaron una ética emprendedora en donde la ciencia, la técnica y la tecnología ocuparon un rol fundamental³¹⁴.

Ahora bien, una polémica bastante reincidente tanto en la historiografía como en el imaginario colectivo de la España Moderna radica en el rol jugado por la Inquisición como institución abyecta a las novedades científicas y razón fundamental detrás de la nula participación de España en la Revolución Científica del siglo XVII. Un hecho es incuestionable: la Inquisición Romana había proscrito el sistema heliocéntrico en 1616 y fue reafirmado tras el juicio a Galileo en 1633. La prohibición de este sistema ejerció cierta influencia en el mundo intelectual hispano de los siglos XVII y XVIII. Por ejemplo, la primera edición de las *Observaciones Astronómicas y Físicas* de Jorge Juan publicadas en 1748 estuvieron a punto de censurarse por el Santo Oficio por respirar a favor del sistema copernicano, hecho que no llegó a concretarse por intermediación del padre y director del Seminario de Nobles de Madrid, Andrés Marcos Burriel, amigo de Juan, quien logró autorizar la impresión de la obra mediante el subterfugio de presentar el heliocentrismo como una mera hipótesis y no como una realidad científica³¹⁵.

No obstante, tal y como señalan historiadores como Francois López y José Pardo Tomás, existe una leyenda negra en torno a este hecho³¹⁶. En primer lugar, la prohibición del copernicanismo fue obra de la Inquisición Romana, y tanto la obra de Descartes, Gassendi y Galileo nunca figuraron en los índices de libros prohibidos de la Inquisición Española (como tampoco la obra de Kepler, Copérnico y Newton). Si bien la presencia de estos sistemas liberaron profundas críticas y furibundas denuncias por parte de los sectores conservadores incluso en fechas claramente ilustradas, como a mediados del siglo XVIII, y casi nadie defendió públicamente el heliocentrismo, la Inquisición nunca ejerció una represión activa contra los lectores de obras científicas³¹⁷.

³¹³ Navarro: "La renovación de la actividad científica", 33.

³¹⁴ Lafuente y Peset, "Ciencia e historia de la ciencia en la España ilustrada", 268.

³¹⁵ Balaguer, "La ciencia en la España ilustrada", 20.

³¹⁶ José Pardo-Tomás. "Censura Inquisitorial y lectura de libros científicos. Una propuesta de replanteamiento". *Tiempos Modernos* 9 (2003). López, "Los novatores en la Europa de los sabios", 1993.

³¹⁷ López, "Los novatores en la Europa de los sabios", 110.

Según José Pardo Tomás, la escasa injerencia del Santo Oficio en la censura de libros científicos en la España moderna se puede explicar a partir de las siguientes razones: en primer lugar, no existía una relación necesaria entre censura inquisitorial e índices de libros prohibidos, puesto que la presencia de ciertas obras en los catálogos inquisitoriales no explica necesariamente la puesta en marcha de la actividad represora. Segundo, se admite la ausencia de España en la Revolución Científica, pero no a raíz de la acción represora del Santo Oficio. Tercero, el despliegue más activo de los censores inquisitoriales se produjo entre 1583 y 1632, época aún embrionaria de la Revolución Científica. Cuarto, la censura inquisitorial concentró sus esfuerzos en prohibir obras heréticas (protestantes), más no científicas. Adicionalmente, la represión era aplicada principalmente hacia las capas poco instruidas, y esto se explica por la existencia de “permisos excepcionales” para leer obras prohibidas por parte de personas de reputación conocida, como Hipólito Unanue en el Perú³¹⁸. En otras palabras, la actividad inquisitorial no estuvo principalmente dirigida a los autores o sus obras, sino a los lectores. Por último, no se puede soslayar la censura de la astrología judiciaria o las filosofías naturales no aristotélicas, pero esta, en muchos casos, dependía de los criterios de los mismos censores antes que de una acción conjunta y coherente por parte integral de la institución. En otras palabras, pesaba más la arbitrariedad³¹⁹.

Pese a todo, decadencia, ralentización o escasez no significó ausencia de novedades, sumado al hecho de que el aislamiento nunca fue total. Según Navarro, la existencia de una actividad científica y matemática competente en la España del siglo XVII, aunque rezagada frente a las naciones al norte de los Pirineos, se vio en la Compañía de Jesús³²⁰. Por ejemplo, los jesuitas desempeñaron una importante labor en el desarrollo de disciplinas científicas como la geometría, óptica, magnetismo, astronomía, matemáticas, etc³²¹. Si bien hubo numerosos miembros de la Compañía que se mantuvieron opuestos a las corrientes filosóficas modernas (cartesianismo, gassendismo, heliocentrismo), la propia naturaleza de la institución, detentora de colegios y universidades, así como el contacto constante con sus coetáneos en otras partes del continente, permitió que un importante sector tuviera acceso a los conocimientos modernos.

³¹⁸ El historiador peruano Pedro Guibovich ha trabajado exhaustivamente la relación de la Inquisición y la censura de libros prohibidos para el caso peruano. Una lectura más detallada de su obra la estudiaremos en el capítulo siguiente. Véase *Lecturas Prohibidas. La censura inquisitorial en el Perú tardío colonial*. Fondo Editorial de la Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, 2013.

³¹⁹ José Pardo-Tomás. “Censura Inquisitorial y lectura de libros científicos”, 4-10.

³²⁰ Navarro. “La renovación de la actividad científica”, 34.

³²¹ Víctor Navarro. “El Colegio Imperial de Madrid”. En *Momentos y lugares de la ciencia española, siglos XVI-XX*, 2012, 49.

En ese sentido, el Colegio Imperial de Madrid (regentado por la Compañía) desempeñó un rol de suma importancia, pues se constituyó en el principal centro de enseñanza, recepción y asimilación de las innovaciones científicas, en gran medida bajo un fuerte eclecticismo que conciliaba lo nuevo con lo tradicional³²².

El magnetismo de William Gilbert, los descubrimientos astronómicos de Galileo, o los trabajos de Cristoph Scheiner fueron algunos de los temas de discusión y enseñanza en el Colegio Imperial de Madrid en el siglo XVII. Dentro de la rama docente, una de las figuras más destacadas fue protagonizada por Vicente Mut, profesor y padre de la Compañía que mantuvo comunicación epistolar con jesuitas de otras partes de Europa como con el italiano Giambattista Ricciola o el alemán Athanasius Kircher. También se puede resaltar al español Juan Caramuel Lobkowitz, un ferviente partidario de la experimentación y la matematización de la física dentro del colegio³²³. Otra figura digna de mención fue la de padre valenciano José de Zaragoza, quien ostentó la cátedra de matemáticas de los Reales Estudios de Madrid desde 1670, así como la función de cosmógrafo real y maestro de matemáticas del monarca³²⁴. Según Navarro, en su obra *Esphera en común celeste y terráquea* (1675) Zaragoza presenta los distintos sistemas del mundo, incluyendo el heliocéntrico, a través de la obra de Galileo y Kepler. Asimismo, señala que, en esencia, el modelo de Brahe es idéntico al de Copérnico, con la salvedad de que el último ubica a la Tierra como un planeta más que orbita alrededor del Sol³²⁵. Mediante su enseñanza y obra, el autor dio a conocer los sistemas opuestos al aristotelismo que predominaba en las universidades, pero presentándolos como hipótesis probables, más no como hechos objetivos. En esencia, esta actitud fue una constante incluso hasta períodos claramente ilustrados, pues existía el temor de ser impugnados públicamente por defender sistemas heterodoxos que habían sido previamente condenados. Por tanto, resulta difícil determinar a ciencia cierta las opiniones reales de estos científicos sobre el verdadero sistema del mundo.

³²² El eclecticismo científico, en muchos casos, fungió como un punto medio aceptable entre el conocimiento tradicional, que gozaba el mayor prestigio y autoridad en los centros educativos y la opinión pública del mundo hispanoamericano moderno, y la heterodoxia bajo la forma de filosofías modernas como el cartesianismo o el heliocentrismo. En ese sentido, y como se ve más adelante, fue común que dentro de los círculos intelectuales y científicos más ilustres de la España y sus colonias se optara por el modelo de Tycho Brahe como el más adecuado para describir el sistema del mundo, pues suponía la órbita de los planetas en torno al Sol, pero ubicando a la Tierra en el centro del universo, inmóvil, como indicaba la doctrina oficial de la Iglesia Católica. Navarro. "La renovación de la actividad científica", 34-35.

³²³ Navarro. "La renovación de la actividad científica", 45.

³²⁴ Navarro. "La renovación de la actividad científica", 46.

³²⁵ Navarro. "La renovación de la actividad científica", 49.

El éxito de estos tres autores no puede ser equiparable a lo realizado por Kepler en Alemania, Galileo en Italia, Descartes en Francia o Newton en Inglaterra, pero, aun así, fueron el nexo que permitió que España no se mantuviera del todo aislada en materia científica. De todas formas, en los tres lustros finales del siglo, la ciencia y medicina española experimentaron un lento proceso de renovación que inició con la toma de conciencia del atraso respecto a las potencias del norte y centro de Europa. El nombre que este grupo recibió fue los *novatores*³²⁶.

La introducción de la ciencia y filosofías modernas, aunque de forma lenta, no se produjo de golpe, sino por etapas³²⁷. Hoy en día, la historiografía española de la ciencia ubica el inicio de la transformación no con el cambio de dinastía, a pesar que este acontecimiento jugaría un rol de primer orden, sino en los años finales del reinado de Carlos II. Este selecto grupo de médicos, matemáticos, astrónomos que conformaban el núcleo novator situados en ciudades como Valencia, Cádiz o Sevilla (donde en 1700 se crea la primera institución científica moderna, La Regia Sociedad de Medicina y otras Ciencias) los unía una serie de elementos: conciencia del atraso de la ciencia y medicina española, necesidad de comunicar los conocimientos provenientes de Europa, una crítica a la enseñanza escolástica anquilosada en las universidades, así como la imperiosa urgencia de incorporar a España en la modernidad³²⁸. En esta historiografía, de la cual Martínez Vidal y Pardo Tomás hacen repaso, subyace la idea, presente también en los alegatos de los novatores, de *ruptura* con una época anterior caracterizada por la decadencia de las instituciones españolas: una época de oscurantismo que solo fue superada tras la incorporación definitiva de España en la Revolución Científica³²⁹.

Diversas disciplinas emprendieron un proceso de renovación. En medicina, los debates resultaron ser menos trascendentales en la medida que sólo el criterio de autoridad y la razón estaban en juego; en cambio, como señala Navarro, respecto a las disciplinas físicas-

³²⁶ Véase nota 300.

³²⁷ Antonio Lafuente y José Luis Peset (1981) señalan cuatro etapas: la primera ocurre desde la publicación de la *Carta* de Juan de Cabriada en 1687 hasta la publicación del primer tomo del *Teatro Crítico* de Jerónimo Feijóo en 1726. La segunda se desarrolla desde ese año hasta 1748 con la publicación de los primeros resultados de la expedición geodésica al Perú por Jorge Juan y Antonio de Ulloa, así como la segunda oleada de creación de instituciones técnico-científicas. La tercera etapa va de 1748 hasta la expulsión de los jesuitas, y coincide con la militarización acelerada de la ciencia española; mientras que la cuarta y última fase ocurre de 1767 a 1789 con la creación de las Sociedades de Amigos del País, el auge de expediciones científicas financiadas por el Estado y las reformas educativas promovidas por el despotismo ilustrado.

³²⁸ López, "Los novatores en la Europa de los sabios", 99. Álvaro Martínez y José Pardo, "Un siglo de controversias. La medicina española de los novatores a la Ilustración". En *La Ilustración y las ciencias. Para una historia de la objetividad*, Publicaciones de Valencia, 2003, 108.

³²⁹ Martínez y Pardo, "Un siglo de controversias. La medicina española de los novatores a la Ilustración", 2003, 109.

matemáticas resultaba imposible mantenerse dentro de la ortodoxia, pues los sistemas modernos ponían en serio cuestionamiento el aristotelismo-escolástico, por ende, a las doctrinas teológicas oficiales³³⁰. En ese sentido, la única salida viable fue la adopción de un fuerte eclecticismo, es decir, la forma general de apropiación que tomaron las ciencias físicas durante el periodo novator en adelante.

Ahora bien, uno de los obstáculos más poderosos para la institucionalización de los nuevos saberes tomaron la forma de pugnas generacionales: entre jóvenes proclives al cambio y sectores más conservadores reacios a ellas³³¹. Por ejemplo, Juan de Cabriada fue acusado en 1691 por Matías García, regente de la cátedra de Anatomía de la Universidad de Valencia, de “juventud e inexperiencia” al defender la teoría de la circulación de la sangre de William Harvey mediante el calificativo de “Nuevo sol de la medicina”, hecho que fue objetado y criticado por García al catalogarlo de “veneno casi contagioso que podía pervertir muchos preceptos básicos verdaderos”³³². En esta lucha entre antiguos y modernos subyace también la motivación detrás de la publicación de su famosa *Carta*, pues resultó ser una respuesta al médico de cabecera del conde de Osuna y dos personas más de “avanzada edad” y de mayor jerarquía que Cabriada respecto al mejor método para sanar al noble, Los primeros apostaron con seguir la forma tradicional de curación: la sangría galénica a la que el valenciano se oponía³³³.

Otra figura destacada del movimiento novator fue el murciano Diego Mateo Zapata, uno de los principales promotores de la construcción de la Regia Sociedad de Medicina de Sevilla en 1700 y crítico ferviente del sistema escolástico, definido como altamente especulativo y teorizante, que estaba presente en las universidades españolas. Zapata sufriría en 1721 una severa condena inquisitorial debido no a sus creencias científicas, sino por ser judaizante.

Para finalizar esta lista de novatores o pre - ilustrados, se debe mencionar al valenciano Tomás Vicente Tosca, autor del *Compendio matemático* (1707-1715) y *Compendio filosófico* (1721). Aunque su obra es pre-newtoniana, Tosca fue un lector de Galileo. Según él, solo las matemáticas y la experimentación podían proporcionar verdades científicas. Asimismo, compartía la idea de que la gravedad constituía la única propiedad inherente a los cuerpos, y

³³⁰ Navarro. “La renovación de la actividad científica”, 59.

³³¹ Esta pugna también se observa en el Virreinato del Perú en torno a la introducción de la ciencia moderna en centros universitarios.

³³² Balaguer, “La ciencia en la España ilustrada”, 18.

³³³ Martínez y Pardo, “Un siglo de controversias”, 115.

de cómo a partir de este principio se pueden explicar el movimiento de los objetos³³⁴. El autor, si bien nunca declaró ser partidario del sistema copernicano, lo consideraba como el más útil para explicar el movimiento de los planetas. Su *Compendio Filosófico* está repleto de citas de autores como Descartes, Gassendi, Boyle, Galileo, Kircher, etc., pero sin jurar por ninguno de sus sistemas. De hecho, Tosca concluye que no existen argumentos definitorios en favor de ninguno de los sistemas, tanto modernos como antiguos, a pesar de que otorgó cierto grado de validez a los modelos astronómicos modernos al presentarlos como hipótesis plausibles³³⁵.

Los Borbones y la renovación científica desde el Estado

Las páginas anteriores sirven para ilustrar el derrotero científico que condujo a la cruzada borbónica por reformar la ciencia española (y otros ámbitos de la sociedad, economía, política y milicias españolas) para mediados del siglo XVIII. La diferencia fundamental entre el periodo anterior y este no solo radica en la profunda transformación de las actividades técnicas y científicas peninsulares, sino, sobre todo, por el papel activo del Estado como promotor de los cambios. A continuación, analizaremos el rol estatal en la renovación científica española haciendo énfasis en sus motivaciones, lugares de aplicación, instituciones y protagonistas.

La expedición geodésica francesa al Ecuador (1735-1744) que tenía como propósito medir un grado de arco de meridiano para determinar la verdadera forma de la Tierra (si era achatada por los polos o en el Ecuador), y de la cual nos ocuparemos a mayor detalle más adelante, sirve como excusa perfecta introducir el panorama científico español en las primeras décadas del siglo XVII. Financiada por la Academia de Ciencias de París, la misión protagonizada por Charles Marie La Condamine, Louis Godin, Pierre Bouger, así como los jóvenes marinos Jorge Juan y Antonio de Ulloa, permite establecer un contraste claro entre el desarrollo de la ciencia francesa, institucionalizada y claramente profesional, frente a una ciencia incipiente, ligeramente aislada e inexperta como la española. Según Raúl Hernández, el desarrollo de los componentes que constituyen la práctica científica moderna no habían prosperado de forma homogénea a lo largo del continente europeo: elementos como la institucionalización, el doble reconocimiento profesional, el público científico y los mecanismos de difusión se encontraban

³³⁴ Navarro. "La renovación de la actividad científica", 65.

³³⁵ Navarro. "La renovación de la actividad científica", 68.

plenamente desarrollados en Francia, mientras que en España este proceso tardaría varias décadas más³³⁶.

A inicios del siglo XVIII España ocupaba un rol secundario en el contexto científico europeo. La presencia de los jóvenes marinos Jorge Juan y Antonio de Ulloa en la expedición, inexpertos, aunque profundamente talentosos, no se debió a sus méritos científicos, sino que representaban un peaje necesario para otorgar una presencia española en la misión y evitar espionajes³³⁷. Hijos de la incipiente institucionalización de la ciencia española - eran alumnos destacados de la Academia de Guardiamarinas de Cádiz - su nivel científico, así como de la institución, no eran equiparables a la de los franceses miembros de la Academia de Ciencias de París, una de las dos academias de ciencias más prestigiosas del mundo en aquel entonces..

La Condamine y sus colegas eran conscientes de ello: “para los académicos franceses, los oficiales españoles son unos subalternos que deben mantenerse en segundo plano”³³⁸, idea que nos remite algunas percepciones sobre la mediocridad de la ciencia española y su escaso desarrollo institucional. Los oficiales reales, aunque evidentemente fastidiados por este trato, estaban al tanto de la notoria diferencia científica entre ambos reinos. Sin embargo, no solo los marinos eran conscientes de ello, sino la propia monarquía hispana. En ese sentido, la llegada de los Borbones al trono español con Felipe V marcó una etapa de renovación de la ciencia. El caso español representa un caso *sui generis*, pues es ahí donde la promoción del desarrollo científico corrió por iniciativa y agencia activa por parte del Estado. En otros términos, la maduración del conocimiento científico español vino condicionado por un cambio radical en la administración colonial: paulatinamente la mentalidad barroca fue erradicada del pensamiento burocrático e intelectual español por el discurso ilustrado³³⁹.

Según Hernández Asensio, un aspecto central que define la actividad científica del siglo XVIII, en especial entre los países periféricos y de desarrollo tardío en Europa, tales como Portugal, Rusia y España, constituye los procesos de validación y construcción del conocimiento científico por parte del Estado³⁴⁰. Son naciones que llegaron rezagadas a la Revolución Científica del siglo XVII y buscaban recuperar el tiempo perdido.

³³⁶ Hernández, *El matemático impaciente*, 12.

³³⁷ Hernández, *El matemático impaciente*, 63.

³³⁸ Hernández, *El matemático impaciente*, 106

³³⁹ Hernández, *El matemático impaciente*, 242-243.

³⁴⁰ Hernández, *El matemático impaciente*, 135-136.

Retomando el tema de la misión geodésica al Ecuador, la presencia de los científicos franceses respondía exclusivamente a un debate científico entre los miembros de la Academia de París, donde destacaban figuras como Maupertuis, Clairaut o Cassini. Es decir, de una acción primordialmente privada (aunque vale decir, financiada indirectamente por el Rey), mientras que la presencia de los marinos españoles era un asunto de Estado. En otras palabras, el éxito o fracaso de la expedición recaía, por el lado francés, en la competencia individual de sus integrantes. En cambio, para los oficiales españoles la imagen de España como “potencia científica emergente” estaba en juego: no representaban a una Academia, sino al Estado Español. En Francia se jugaban la reputación La Condamine, Bouger y Godin (en menor medida la Academia que ya gozaba de un prestigio incuestionable); en España el propio Estado ponía su reputación en disputa³⁴¹.

En ese sentido, los roles asumidos por Jorge Juan y Antonio de Ulloa en la expedición los convertía no sólo en gestores, sino también en agentes de los intereses de la Corona española³⁴². El nuevo Estado Borbónico exigía la presencia de funcionarios eficientes, aptos y profesionales capaces de canalizar las demandas de la Corona y transformarlas en políticas públicas modernas y eficaces³⁴³. Estos hombres debían estar a la altura de las circunstancias, lo que implicaba necesariamente el dominio de varias disciplinas, entre la cuales las científicas (cartografía, náutica, astronomía, cosmografía, metalurgia, etc.) y militares cobraban un papel de primer orden. Jorge Juan y Antonio de Ulloa, al codearse con los ilustrados franceses, se convirtieron en los primeros funcionarios reales en reunir estas calificaciones. Tras la expedición al Ecuador y el ascenso de Fernando VI, este tipo de figuras se multiplicarán. Se formarán tanto en el interior como en el exterior de la península. Asimismo, se contratarán científicos del extranjero para enseñar y difundir la ciencia moderna³⁴⁴, a la par de la creación de nuevas instituciones y la elaboración de reformas desde el Estado³⁴⁵. Lo especulativo de la escolástica será sustituido por el experimentalismo de una nueva ciencia eminentemente

³⁴¹ Hernández, *El matemático impaciente*, 238.

³⁴² Antonio Lafuente y Nuria Valverde, “Ciencia y Cultura Ilustrada: militares, artesanos y público”. En *Momentos y lugares de la ciencia española, siglos XVI-XX*, 2012, 75.

³⁴³ Hernández, *El matemático impaciente*, 246.

³⁴⁴ Como el caso del propio Louis Godin, jefe de la expedición geodésica al Ecuador contratado luego por la Corona española como cosmógrafo real del Virreinato del Perú (1744-1750) y luego director del Real Observatorio de Cádiz en 1753.

³⁴⁵ Inés Pellón y José Llombart, “La formación científica recibida en el Real Seminario Bascongado por los estudiantes riojanos”. En *Matemática y región: La Rioja: sobre matemáticos riojanos y matemática en la Rioja*, 1998, 343.

práctica y de orientación técnico-militar fundada en las matemáticas y ligada al desarrollo económico³⁴⁶.

De esto se puede deducir que la ciencia, vista por los ilustrados, se convierte en un factor decisivo en el desarrollo de las naciones³⁴⁷. Felipe V, Fernando VI, pero especialmente Carlos III tenían esta idea en mente. La proliferación de la ciencia española, que se desarrolla en gran medida a partir de la intervención del Estado en asuntos privativos de la Iglesia (instituciones educativas, monopolio del conocimiento, la concentración de mentes ilustres), llegó a su auge con el secularismo, regalismo y despotismo ilustrado de Carlos III y sus funcionarios, particularmente tras la expulsión de la Compañía de Jesús en 1767. En las páginas que siguen nos centraremos en cuatro escenarios en donde la ciencia moderna e Isaac Newton fueron penetrando progresivamente en la sociedad española, y en donde la corona tuvo un rol importante en su consecución. Estas son las expediciones científicas financiadas por la Monarquía, la creación de numerosas instituciones de orientación científica como las económicas, militares y técnicas; el protagonismo de personajes clave en la discusión de Newton y los intentos de reforma de los planes de estudio en las universidades.

Las expediciones científicas

De todas las expediciones científicas con participación española en el siglo XVIII, indiscutiblemente la más importante fue la Expedición Geodésica al Ecuador (1735-1744), no solo porque contó con la presencia de tres de los científicos más prodigios de la academia de ciencias más prestigiosa del mundo, algo inédito en tierras españolas, sino también por la importancia de sus resultados, pues de esta forma se determinó definitivamente la verdadera forma de la Tierra, un debate que había obsesionado por varias décadas a la comunidad científica europea, principalmente cartesianos y newtonianos. En palabras de uno de sus protagonistas el principal fin del viaje:

fue el averiguar el verdadero valor de un grado terrestre sobre el Ecuador, para que cotejado este con el que resultase tener el grado, que habian de medir los Astrónomos enviados para el Norte, se infiriese sin duda, de uno y otro, la figura de la Tierra, y á mas de su utilidad, se

³⁴⁶ Lafuente y Peset, "Ciencia e historia de la ciencia en la España ilustrada", 269.

³⁴⁷ Lafuente y Peset, "Ciencia e historia de la ciencia en la España ilustrada", 299.

*decidieses de una vez, con tan ilustres experiencias, esta ruidosa question que ha agitado á todos los Matemáticos, y aun á las Naciones enteras por casi un siglo*³⁴⁸.

Cartesianos influidos por la teoría de los vórtices, argumentaban que la Tierra debía tener un forma oblonga, es decir, achatada por el Ecuador y estirada en los polos; por el contrario, los newtonianos, mediante la ley de la gravitación universal, aseguraban que la figura del planeta era aplanada en los polos y estirada en el Ecuador (elipse). Sea A o B, lo que sí no entraba en discusión era que la forma de la Tierra no podía ser perfectamente esférica.

La victoria recayó finalmente en el bando newtoniano. Comparando la medición que se hizo en 1669-1670 entre París y Amiens (paralelo 48 norte) de 111, 153 km, con los resultados de la latitud 66 (Laponia) por Maupertuis, Clairaut y Celsius en 1737 (111, 948 km) y la expedición al Ecuador (110, 613 km) los números sentenciaron el asunto: la fuerza ejercida por la gravedad daba una forma elíptica a la Tierra, achatada ligeramente en los polos. En palabras de Voltaire, abierto defensor del británico, “*Han confirmado en lugares lejanos y aburridos, lo que Newton descubrió sin salir de su casa*”³⁴⁹.

Sin embargo, el auge de las expediciones científicas al continente americano no se produjo en la primera mitad del siglo XVIII, sino en sus décadas finales. El elemento característico de estas residió, a diferencia de la geodésica, en su financiación y ejecución por parte exclusiva de la monarquía. Se pueden destacar la expedición botánica protagonizada por José Pavón e Hipólito Ruiz en el Virreinato del Perú y Chile con fines farmacéuticos y económicos, la expedición de José Celestino Mutis al Virreinato de Nueva Granada, la misión del capitán de fragata de la Armada Española y de nacionalidad italiana Alejandro Malaspina (1789-1794), que fue la última promovida por el rey Carlos III antes de su muerte, y en el siglo XIX, la misión filantrópica de la vacuna contra la viruela llevada a cabo por Francisco Xavier Balmis y José Salvany con la finalidad de inocular a la población americana contra esta mortal enfermedad. Dicha expedición contó con el apoyo local de Hipólito Unanue, quien fuera uno de los médicos e ilustrados más destacados y uno de los protagonistas en los debates sobre la ciencia newtoniana a finales del siglo XVIII en el Perú.

³⁴⁸ Juan, *Observaciones Astronómicas y Físicas*, Prólogo.

³⁴⁹ Citado en Bernard Francou, “La primera Misión Geodésica francesa en el Perú y la determinación de la forma de la Tierra (1735-1744)”. En *Ecuador y Francia, diálogos científicos y políticos (1735-2013)*, FLACSO, 2013, 27.

Estas expediciones, aunque motivadas por la moda científica de la época, debían cumplir con objetivos prácticos; es decir, económicos. A diferencia de los cronistas del siglo XVI, la explotación de los recursos se sobrepuso a la descripción y a los descubrimientos³⁵⁰. Por ejemplo, aparte de los cálculos geodésicos, La Condamine realizó observaciones geográficas, botánicas, folklóricas y antropológicas de la Amazonía peruana, y se hizo de ejemplares de la quina que fueron trasladados a Europa con objetivos comerciales. Por otro lado, las *Observaciones* de Jorge Juan tienen un capítulo dedicado a la mejora de la navegación con la forma de la Tierra ya determinada³⁵¹. Por último, la presencia de los expedicionarios en América generó un estímulo notable para el progreso de la ciencia local. La creación de nuevas cátedras universitarias, jardines botánicos, laboratorios mineros y metalúrgicos o simplemente la mención de figuras como Bouger, Humboldt, Malaspina, Mutis o La Condamine en los escritos y la prensa americana dan cuenta del interés y la ampliación del horizonte científico de los ilustrados locales³⁵².

La institucionalización de la ciencia española

Otro de los escenarios de mayor protagonismo estatal en la difusión de la ciencia moderna en España fue la consolidación del entramado institucional, un ingrediente fundamental para comprender el surgimiento de la ciencia moderna. Para inicios del siglo XVIII, sin embargo, la ciencia española era mediocre y su desarrollo institucional casi inexistente. Antes de la publicación de las obras de Jorge Juan y Antonio de Ulloa tras su retorno de la misión geodésica al Ecuador, existían en España apenas un puñado de academias e instituciones de orientación científica. La primera institución moderna de este tipo data de 1700 con la creación de la Real Sociedad de Medicina y otras Ciencias de Sevilla por iniciativas de algunos novatores. Posteriormente, en 1715 se erige la Academia de Ingenieros Militares de Barcelona; dos años más tarde la Academia de Guardiamarinas de Cádiz (de donde salen Juan y Ulloa). En 1726,

³⁵⁰ Balaguer, "La ciencia en la España ilustrada", 13.

³⁵¹ Juan, *Observaciones Astronómicas y Físicas*, "De la navegación sobre la Elipsoide".

³⁵² José Celestino Mutis constituye uno de los casos más representativos de portavoces de la Ilustración y la ciencia moderna en América. Mutis residió más de cuarenta años en Nueva Granada, fue un ferviente defensor de la mecánica newtoniana, el Primer Botánico de la Real Expedición Botánica en Nueva Granada y reformador de los planes de estudio en la Universidad y Colegio del Rosario en Santa Fe. En torno a él se educaron un grupo de jóvenes criollos que fueron receptores de la ciencia moderna en América, como Francisco José de Caldas, Jorge Tadeo Lozano y Francisco Antonio Zea. Véase Mauricio Nieto, "Remedios para el Imperio Español: la búsqueda de plantas medicinales". *Remedios para el Imperio, historia natural y la apropiación del Nuevo Mundo*, 200.

se crea el Real Seminario de Nobles de Madrid, regentado por los jesuitas y destinado a la educación de la nobleza, y en 1736 la Academia de Artillería de Barcelona.

En este periodo, la medicina, la marina, el ejército y una fracción del sistema educativo vinculado con la élite monopolizaron el incipiente proyecto institucional científico español³⁵³. Sin embargo, estas instituciones no estaban a la par de sus similares europeas. La guerra ocupaba un rol fundamental en su constitución: en ellas se estudiaban las matemáticas, pero con el objetivo de construir mejores barcos, fortificaciones o instruir a navegantes y pilotos, no debatir sobre los sistemas del mundo o la forma de la Tierra. La actividad científica era completamente secundaria frente a la actividad militar³⁵⁴. Tampoco eran miembros pensionados del rey. Estas diferencias en cuanto a la formación y situación de los estudiantes fueron instrumentalizadas por los viajeros franceses para deslegitimar a sus pares españoles: en la Península no existía una institución similar a la Academia de Ciencias de París, por tanto, no estaban en posición de igualdad frente a los académicos franceses.

En opinión de Hernández Asensio, La Condamine desplegó una retórica científica por la cual los oficiales españoles, al no ser formados en instituciones científicas de prestigio y, encima, provenir de un país relegado en esta práctica, no estaban en su misma condición y, por lo tanto, no debían compartir el mismo crédito de la expedición³⁵⁵. Las mediciones eran responsabilidad de la Academia de Ciencias de París y no de la Academia de Guardiamarinas de Cádiz, la cual no estaba en posición de validar o rechazar el conocimiento científico producido en el viaje. Se trató de un discurso retórico y prescriptivo sobre lo que es y no es ciencia - unos de los pilares fundamentales de la modernidad ilustrada - determinado por la profesionalización de su práctica, la cual sólo puede ser asegurada mediante un correcto proceso de institucionalización.

Esta es la imagen de atraso que percibían los académicos franceses sobre la ciencia española en la primera mitad del siglo XVIII. No puede existir una ciencia moderna y profesional sin instituciones adecuadas. Posteriormente, la Corona emprendió esfuerzos mayores por institucionalizar la ciencia española tras la publicación de los resultados de la misión. Conforme a la lógica de la ciencia española del siglo XVIII, las instituciones que se crearon tras la expedición tuvieron un fuerte influjo militar. La Armada y el Ejército ejercieron de principales

³⁵³ Lafuente y Valverde, "Ciencia y Cultura Ilustrada", 63.

³⁵⁴ Hernández, *El matemático impaciente*, 257.

³⁵⁵ Hernández, *El matemático impaciente*, 144.

vehículos del desarrollo científico gracias al impulso del Marqués de la Ensenada³⁵⁶. De este modo, se crearon instituciones de diverso tipo como El Colegio de Cirugía de Cádiz (1748) y de Barcelona (1760), el Observatorio Astronómico de Cádiz (1753), la Asamblea Amistoso Literaria de Cádiz (1755), la Real Sociedad Militar de Madrid (1757), el Colegio de Artillería de Segovia (1762), las academias de Guardias de Corps de Madrid (1750), Artillería de Barcelona (1750) y de Ingenieros de Cádiz (1750), la Real Academia de Bellas Artes de San Fernando (1752), el Real Jardín Botánico (1755), etc³⁵⁷.

De la misma forma que Cádiz gozó de una fuerte hegemonía mercantil gracias al comercio con América, esta ciudad de Andalucía se configuró como uno de los principales centros científicos de la Península Ibérica en virtud de su entramado institucional. El traslado de la Casa de Contratación en 1717, la fundación de la Academia de Guardiamarinas el mismo año, el Colegio de Cirugía en 1748 y el Observatorio Astronómico en 1753 son sólo cuatro ejemplos del dominio de la actividad científica de esta ciudad. Según Juan José Rodríguez, es aquí donde se introduce por primera vez el cálculo infinitesimal y la física newtoniana a nivel institucional en todo España. Por ejemplo, se menciona que el 19 de julio de 1753 se celebró el *Certamen Matemático, sobre análisis, cálculo Diferencial, y Geometría Sublime... Explicarán el cálculo Diferencial, su Índole, sus Métodos, y su uso; y aplicarán todas estas Reglas, y Construcciones a la Resolución de varios problema*, el primer certamen público bajo el influjo de las matemáticas newtonianas promovido por Louis Godin y Jorge Juan a los cadetes de la Academia de Guardiamarinas³⁵⁸. Las tres leyes del movimiento y el cálculo infinitesimal fueron presumiblemente insertándose, directa o indirectamente, en los centros de estudios militares gaditanos a partir de esta época. Sin embargo, en los centros universitarios, como se ve más adelante, las resistencias fueron más férreas y su introducción bastante más tardía.

Continuando con el apartado institucional como motor del desarrollo científico, España experimentó un nuevo periodo poco antes de la expulsión de los jesuitas y que se extendió por todo el mundo hispano hasta finales del siglo XVIII con la creación de diversas Sociedades Económicas de Amigos del País. A pesar que la primera de las instituciones de este tipo, la Sociedad Vascongada de Amigos del País, creada en 1764 y autorizada por el rey un año después fue fundada por iniciativas privadas, lo que sí es cierto es que los ministros de Carlos

³⁵⁶ Lafuente y Valverde, "Ciencia y Cultura Ilustrada", 63.

³⁵⁷ Hernández, *El matemático impaciente*, 246.

³⁵⁸ Juan Rodríguez, "La introducción de la física en los estudios Médico-Quirúrgicos y en la Armada Gaditana (1735-1848)". *Iluil*, 2004, 278.

III como el conde de Aranda, el conde de Floridablanca y el Fiscal del Consejo de Castilla, Pedro Rodríguez de Campomanes³⁵⁹, tuvieron un rol esencial en la promoción de decenas de organizaciones de este tipo tanto dentro como fuera de la Península. Estas tenían como objetivo identificar los problemas locales de cada provincia con la finalidad de comprometer a la nobleza periférica con la puesta en marcha de una serie de mecanismos agrarios, científicos y de aprovechamiento de recursos para explotar al máximo la economía regional³⁶⁰, difundir el estudio de conocimientos “útiles” a través de la educación con el objetivo de asegurar a la nobleza un rol director del desarrollo comunitario³⁶¹, y fungir de órganos consultivos del gobierno en materia económica y social para emprender reformas gubernamentales³⁶².

De todas estas instituciones, la que tuvo mayor impacto fue la Sociedad Vascongada. Según los estatutos de la Vascongada, su creación estuvo motivada para “*fomentar la agricultura, la industria, el comercio, las artes y las ciencias*”³⁶³. Las matemáticas, la hidráulica, la geometría, la arquitectura, la minería, y la física fueron unas de las principales obsesiones de índole técnico-científicas entre los fundadores de la institución. Sin embargo, la transmisión de dichos conocimientos no podía ser efectiva sin una buena educación. En ese sentido, la enseñanza ocupó un papel de primer orden en las Sociedad de Amigos del País en general y en la Vascongada en particular, con el objetivo de estimular el desarrollo económico y moral de la nación.

Dependiente de la Sociedad Vascongada se creó el Seminario de Nobles de Vergara. Si bien la formación científica del seminario tenía una orientación técnica y militar, los cursos que se impartían eran modernos para el estándar español de la época: física particular, geometría, matemáticas, química, mineralogía, geografía, metalurgia, aritmética, álgebra, trigonometría, etc³⁶⁴. Para cumplir con la enseñanza de todas estas materias (algo que no siempre se pudo ejecutar correctamente, debido a la falta de docentes) el Seminario de Vergara contó con los

³⁵⁹ Para este aspecto véase Pedro Rodrigo de Campomanes, *Discurso sobre el fomento de la industria popular*, 1774. Adicionalmente, revítese la *Real Cédula de S.M. y señores del Consejo, en que se aprueban los estatutos de la Sociedad económica de amigos del País, con lo demás que se expresa, á fin de promover la agricultura, industria y oficios*, Madrid, Imprenta de Pedro Marín, 1775.

³⁶⁰ Balaguer, “La ciencia en la España ilustrada”, 11.

³⁶¹ Pere Solá, “Sobre las modalidades institucionales de difusión cultural popular del siglo ilustrado: de las academias y las económicas a los ateneos”. En *Educación e Ilustración. Dos siglos de reformas de la enseñanza*, 1988, 354.

³⁶² Inmaculada Arias de Saavedra, “Las Sociedades Económicas de Amigos del País: proyecto y realidad en la España de la Ilustración”. *Obradoiro de Historia Moderna*, 2012, 234.

³⁶³ Arias de Saavedra, “Las Sociedades Económicas de Amigos del País”, 222.

³⁶⁴ Arias de Saavedra, “Las Sociedades Económicas de Amigos del País”, 223.

servicios de destacados científicos españoles y franceses. Por ejemplo, los hermanos Fausto y José Elhuyar, quienes aislaron el tungsteno en 1783, obtuvieron la cátedra de mineralogía a inicios de la década de 1780. Adicionalmente, el seminario contó con la presencia de los científicos franceses Francois Chavaneau, uno de los descubridores del platino, y su compatriota, el químico Joseph Louis Proust.

La existencia de las Sociedades Económicas de Amigos del País en España sirvieron de ejemplos para la creación de numerosas organizaciones de este tipo en América. A lo largo de la década de 1780 se fundaron en Guatemala, México, Nueva Granada, Cuba y Santo Domingo instituciones similares. En el caso peruano, La Sociedad de Amantes del País, la organización detrás del proyecto periodístico e ilustrado del *Mercurio Peruano*, se convirtió en el principal vehículo portavoz de la ciencia moderna y de la física newtoniana en el Perú³⁶⁵. Incluso, los miembros de la Sociedad Vascongada extendieron sus fibras más allá del Atlántico. Por ejemplo, personajes clave de la Ilustración Peruana como José Baquijano y Carrillo, Diego Cisneros, Toribio Rodríguez de Mendoza, Cosme Bueno, Francisco González Laguna o Baltasar Jaime Martínez Compañón fueron miembros nacionales y extranjeros residentes en territorio peruano que pertenecían a esta institución. Según estadísticas de Guillermo Lohmann Villena, un 14.4% de los suscriptores del *Mercurio Peruano* (cifra promedio de 46 de 318 abonados) eran a su vez socios de la Vascongada³⁶⁶. En definitiva, el impacto que tuvieron las Sociedades de Amigos del País en el mundo hispano y en la promoción del desarrollo científico institucional del último cuarto del siglo XVIII entre las élites letradas fue colosal.

Las reformas de las universidades: los planes de estudios

Ahora bien, la comunicación de la ciencia moderna se dio principalmente a través de dos canales: la prensa y los centros educativos (academia, universidades y colegios). Históricamente, la Compañía de Jesús había monopolizado gran parte del sector educativo en España y en América. En ese sentido, su expulsión por orden de Carlos III de todos sus dominios significó una reestructuración notable de la educación, así como un paso necesario hacia la secularización de la enseñanza. Más allá de un juicio valorativo sobre si la expulsión de los jesuitas mejoró o empeoró la educación hispana, lo que está claro es que se trató de una medida regalista mediante la cual el Estado español buscó disminuir el poder de las compañías

³⁶⁵ Un análisis histórico de esta información se desarrolla en el capítulo siguiente.

³⁶⁶ Guillermo Lohmann, "La Sociedad Bascongada, La Sociedad Académica de Amantes del País, y el *Mercurio Peruano*". En *La Real Sociedad Bascongada y América*, Fundación BBVA, 1991, 315-338.

religiosas para afianzarse como el eje promotor de la actividad científica. Por primera vez en España, el Estado asumió una injerencia directa en las universidades hasta entonces desconocida³⁶⁷. En consecuencia, las diversas universidades metropolitanas y coloniales emprendieron una serie de reformas en sus planes de estudios con el objetivo de modernizar la enseñanza. La universidad, por tanto, se convirtió en un centro de disputa por consolidar la ciencia moderna en las aulas.

En el momento en que Carlos III llega al trono español, el sistema educativo mantenía una estructura medieval: escuela de primeras letras, escuelas de latinidad y humanidades, facultades menores o de artes y filosofía y las facultades mayores de teología, medicina, cánones y leyes³⁶⁸. En sí misma, esta estructura, aunque anticuada, no representaba un anquilosamiento, puesto que éste dependía más que en la organización de los estudios, en el contenido impartido en las aulas. Respecto a este punto, la historiografía de la educación española en el Siglo de las Luces ha tendido a ubicar un antagonismo de las universidades frente a la introducción de la ciencia moderna en los claustros.

Antonio Álvarez Morales sostiene que la Ilustración no fue una época fructífera para la universidad³⁶⁹. A diferencia de los centros militares, la universidad no fue protagonista en el desarrollo científico español en el siglo XVIII. Incluso, se sostiene de que la universidad fue refractaria a las innovaciones científicas provenientes de Europa, que anquilosada en el pensamiento escolástico, se mantuvo al margen de los nuevos conocimientos con el objetivo de perpetuar un dominio ideológico sobre los centros de estudios³⁷⁰. La universidad no pudo reproducir los métodos típicamente científicos a lo largo del XVIII, como también es cierto que la imposición de nuevos planes de estudio por el poder central tuvo, entre varias razones, una motivación modernizante y crítica de los métodos tradicionales; pero esto no significa que la universidad, en su conjunto, rechazara la ciencia moderna y abrazara a Aristóteles de forma acrítica. En no pocos casos, estas antipatías no estaban dirigidas a las novedades científicas *per se*, sino a la imposición de estas por el poder central que buscaba reducir el ejercicio de poder y posesión de cátedras que los profesores gozaban en los centros universitarios. En ese sentido,

³⁶⁷ Antonio Álvarez de Morales, "La Universidad en la España de la Ilustración". En *La Ilustración y la reforma de la universidad en la España del siglo XVIII*, 1988, 470.

³⁶⁸ Antonio Moreno, "Sobre la secularización de la instrucción pública". En *Educación e Ilustración. Dos siglos de reformas de la enseñanza*, 1988, 251.

³⁶⁹ Álvarez de Morales, "La Universidad en la España de la Ilustración", 469.

³⁷⁰ Antonio González, "Museos, jardines y gabinetes". En *Momentos y lugares de la ciencia española, siglos XVI-XX*, 2012, 89.

se trató más de un tema de fueros, autonomía y tradición que de oposición ideológica al cambio³⁷¹, lo que dio como resultado el rechazo al intervencionismo estatal.

Otro elemento fundamental a tener en cuenta es que el poder central no elaboró un plan de estudios único para todos los centros universitarios. De hecho, estos eran redactados por cada universidad, para luego ser aprobados o modificados por el Consejo de Castilla. Por tal motivo, los resultados fueron disímiles. A continuación, nos enfocaremos en las disciplinas científicas y filosóficas que tuvieron lugar en el proceso de renovación de los planes de estudio en las Facultades de Artes, término que denominaba a la etapa intermedia entre los estudios primarios y las facultades mayores. Como se podrá observar, una de las principales inquietudes de los reformadores giraba en torno a la introducción de filosofía moderna, la física experimental y las matemáticas en las aulas universitarias. A partir de los escritos de Gregorio Mayans, Antonio Távira y Pablo Olavide, así como los planes de estudio de Salamanca, Valladolid y Alcalá de Henares, se ofrece una mirada como preludeo al caso peruano.

Denominados por Arias de Saavedra como “precursores de la reforma”³⁷² se designan a un grupo de letrados que, previamente a la oleada de reformas de los planes de estudios universitarios en las décadas de 1770 y 1780, redactaron a instancias del gobierno una serie de informes sobre las universidades que tenían como finalidad servir como modelos para las constituciones futuras. De este grupo de precursores, es importante señalar al erudito e ilustrado español Gregorio Mayans. A pesar que el texto no llegó a aplicarse en las universidades españolas, *De la idea del nuevo método que se puede practicar en la enseñanza de las universidades de España*, publicado en 1766, cuando sigilosamente se estaba planificando la Pragmática Sanción, sirvió de modelo para los planes reformados³⁷³.

El documento inicia señalando que las Divinas Letras constituyen la única verdad absoluta, cuyas doctrinas deben seguirse ciegamente; después de la cual tienen lugar los principios matemáticos³⁷⁴. En el capítulo dedicado a los estudiantes de filosofía, el informe presenta un alegato en contra de las escuelas filosóficas y adopta una posición ecléctica, pues el autor señala que “*No se haga profesión de seguir a Platón, ni Aristóteles ni a cualquier otro filósofo antiguo*

³⁷¹ Álvarez de Morales, “La Universidad en la España de la Ilustración”, 471-472.

³⁷² Inmaculada Arias de Saavedra, “La reforma de los planes de estudio universitarios en España en la época de Carlos III. Balance historiográfico”, *Chronica Nova*, 1997, 10.

³⁷³ Arias de Saavedra, “La reforma de los planes de estudio universitarios”, 11.

³⁷⁴ Gregorio Mayans, *De la idea del nuevo método que se puede practicar en la enseñanza de las universidades de España*, 1766, 181.

o moderno, sino sígase solamente la verdad”³⁷⁵. Respecto al capítulo dedicado a la astronomía, el autor parece rechazar el sistema geocéntrico tradicional, al mencionar que “*Después explicará todos los sistemas del mundo, eligiendo el que le pareciere más conforme, pero no el de Tolomeo por ser anticuado, permitiendo al arbitrio del catedrático elegir, si quisiere, la hipótesis del copernicano y semicopernicano*”³⁷⁶. Parece ser que desde el punto de vista de Mayans, el catedrático tiene la potestad de elegir el sistema del mundo a su criterio, pero optando únicamente entre el sistema copernicano o tiónico, más no el ptolemaico por ser muy antiguo. Sin embargo, conforme a su mentalidad anti escuela, rechaza el sistema copernicano como verdad demostrada y la relega al rango de hipótesis probable.

Otro de los precursores de las reformas universitarias fue el sacerdote y regente de Artes de la Universidad de Salamanca Antonio Tavira, redactor de “*Los problemas de la educación. Plan que para la reforma de la Universidad de Salamanca escribió el doctor Tavira por orden del Ilmo. señor don Pedro Rodríguez Campomanes, fiscal de la Cámara*” con fecha de julio de 1767. En dicho documento, Tavira identifica y expone lo que él considera las causas principales de la decadencia de la Universidad de Salamanca con el fin de proponer medios para reformarla. De las treinta causas expuestas, enfatizamos dos de importante mención: el tirano dominio de la filosofía de Aristóteles en asuntos teológicos y el rechazo de escritos extranjeros por ser de religión contraria a la católica³⁷⁷. En respuesta a ello, el autor, al igual que Mayans, propone la eliminación de la enseñanza por escuelas (tomistas, escotistas y suaristas)³⁷⁸. Sin embargo, su aporte más original y el cual va a ser replicado por numerosos planes futuros consiste en la creación de una cátedra de física experimental³⁷⁹. No obstante, el fragmento del texto donde se puede observar el conocimiento de Tavira sobre la obra de Newton se detecta en el medio 24 al señalar que:

Deberán hacerse los planes de este estudio por sujeto que esté desimpresionado de aquellas evidencias que muchos se fingen en los sistemas más célebres; pero principalmente en los de Pedro Gassendo, Renato Descartes, Isaac Newton. Después de tan prolijas disputas, nada tenemos cierto, y por esto es fuerza dejar libertad en este punto, aunque se deberá procurar que los autores que se señalen por ahora para la física sean de los secuaces de este último,

³⁷⁵ Mayans, *De la idea del nuevo método*, 221.

³⁷⁶ Mayans, *De la idea del nuevo método*, 228.

³⁷⁷ Tavira, *Los problemas de la educación*, causa 24 y 28.

³⁷⁸ Tavira, *Los problemas de la educación*, medio 15.

³⁷⁹ Tavira, *Los problemas de la educación*, medio 19.

porque aunque su sistema de la atracción no tenga ventaja alguna sobre los otros, son los filósofos que difieren más a la experiencia.

Del texto se puede inferir que Tavira no se adhiere del todo a ninguna de las propuestas filosóficas modernas como las de Gassendi, Descartes o Newton, puesto que de las disputas ocurridas hasta la fecha entre los tres sistemas, no parece que el autor haya dilucidado el correcto, por lo que ofrece libertad al catedrático para disertar sobre el sistema de su elección. Sin embargo, finaliza priorizando el modelo de Newton, pero sin conferir una ventaja definitiva sobre los otros modelos³⁸⁰. Por primera vez se hace mención directa de Newton dentro de las propuestas de renovación de la enseñanza universitaria, pero aún falta para encontrar un discurso totalmente adherido a su obra en este rubro.

De todos los precursores de la reforma universitaria, el que quizás tuvo el mayor impacto y la propuesta más radical fue el peruano Pablo de Olavide. Nacido en Lima en 1725, estudió en el colegio jesuita de San Martín y luego en la Universidad de San Marcos. Se mudó a España a la edad de 25 años y nunca más regresaría al Perú. La razón de su partida se debió a una serie de acusaciones tras el terremoto que asoló Lima en 1746, por el cual, como Oidor de la Audiencia, priorizó la reconstrucción de una iglesia y un teatro en lugar de dos iglesias. Fue acusado de hombre impío y sin moral, por lo que decidió dejar todo lo que lo arraigaba al Perú (que a decir verdad era mínimo, dado que su familia falleció en el sismo) y viajar a Europa donde se nutrió de las ideas más progresistas e ilustradas de la época. En la década de 1760 y tras una larga estancia en Francia, entró en contacto con el conde de Campomanes y el conde de Aranda, quienes le facilitaron una carrera en el Estado gracias a sus méritos. En estos años fue nombrado Asistente de la ciudad de Sevilla y fue bajo esta función cuando redactó, junto con otros profesores de la universidad, su famoso plan de estudios en 1767 con el objetivo de ser aplicable a todas las universidades españolas³⁸¹.

En el plan de estudios, Olavide maneja un lenguaje marcadamente pesimista, en el sentido que, comparado con el resto de naciones europeas, España se encontraba notoriamente relegada en descubrimientos y progresos³⁸². Esta decepción la verbaliza del siguiente modo:

³⁸⁰ Probablemente Tavira se refiere en este apartado a la inexistencia de una ventaja *práctica* sobre los otros sistemas.

³⁸¹ Fernando Liendo, "Pablo de Olavide y la nueva planta de los estudios", 2016, 17.

³⁸² Amable Fernández, "La reforma universitaria del ilustrado Pablo de Olavide" *Anales del seminario de historia de la filosofía*, 1996, 328.

*Para que la Nación vuelva al antiguo esplendor literario de que ha decaído, poniéndose al nivel de las demás Naciones cultas, que le llevan dos Siglos adelantados en descubrimientos y progresos, nos parece indispensable dar nueva Planta a nuestros Estudios, contentándonos por ahora con estudiar lo que dichas Naciones han adelantado*³⁸³.

Según el peruano, la única forma de recomponerse de esta decadencia consiste en identificar los problemas generales de la educación para luego erradicarlos. El autor identifica dos: el espíritu de partidos o de escuelas, y el escolástico³⁸⁴. Respecto al primer problema, Olavide lo vincula con una “vergonzosa esclavitud” y “prepotencia que ha extinguido la libertad y emulación”³⁸⁵. Sin embargo, es respecto al espíritu escolástico donde Olavide expresa sus más sinceras molestias:

Este es aquel espíritu de horror y de tinieblas (la escolástica), que nació en los Siglos de la ignorancia, en la que mantuvo por mucho tiempo a la Europa, y de que no se han podido sacudir enteramente algunas Naciones, hasta el Siglo pasado, época feliz de la resurrección de las Ciencias. Esta gran revolución se debió a un solo Hombre, que no hizo otra cosa que abandonar el método Aristotélico o escolástico; subrogándole otro Geométrico. Este dio a las Ciencias nueva forma, desterrando las frívolas cuestiones escolásticas, y buscando con orden práctico y progresivo aquellos conocimientos útiles y sólidos de que es capaz el yngenio humano.

*Por nuestra desgracia no ha entrado todavía a las Universidades de España ni un rayo de esta luz. Y mientras las Naciones cultas ocupadas en las Ciencias prácticas determinan la figura del Mundo o descubren en el Cielo nuevos luminares para asegurar la navegación, nosotros consumimos nuestro tiempo en vocear las quiddidades del ente, o el principio quod de la generación del Verbo*³⁸⁶.

Se acusa aquí a la escolástica, que en el fondo resulta ser una crítica al dominio de la Iglesia de la universidad española, de ser la causa del atraso nacional y de la cual se han podido sacudir el resto de naciones europeas tras una resurrección de las ciencias en el siglo XVII. Olavide determina que esta revolución se debió a un hombre, probablemente Descartes, a través del

³⁸³ Pablo de Olavide, “Idea General”.

³⁸⁴ Olavide, “Idea General”.

³⁸⁵ Olavide, “Idea General”.

³⁸⁶ Olavide, “Idea General”.

triunfo del método geométrico. El pesimismo en su prosa es evidente, pero dentro de él parece subyacer la chispa del cambio.

Continuando con el plan de estudios, en el segmento dedicado a la renovación de la filosofía, el ilustrado peruano enfatiza la necesidad de enseñar las matemáticas para explicar los fenómenos físicos, una tendencia que fue consolidándose con Kepler y Galileo a principios del siglo XVII, a través de las siguientes preguntas retóricas:

*¿Cómo se ha de comprender sin Geometría la Ciencia del movimiento, que enseña a medir su cantidad, determina sus Leyes y propiedades y es como la base y fundamento de la Física? ¿Cómo se ha de percibir la propagación de la luz, formación de los colores e inflexión de sus rayos, si no se saben medir los ángulos de incidencia y reflexión? ¿Cómo se podrá conseguir la instrucción en la Astronomía, parte tan principal de la Física, cuyos conocimientos facilitan tanta satisfacción y utilidad en la observancia del curso de los astros, de sus eclipses, diversidad de estaciones, desigualdad de días y demás movimientos celestes, si falta enteramente la luz de los Matemáticos elementos?*³⁸⁷

No obstante, en astronomía no opta por ningún sistema en específico, sino a elección del propio catedrático. Propone como libro de texto de física la obra de Fortunato de Brescia, un matemático italiano cuyas obras, según Olavide, están nutridas de Wolfio, Newton, Malpighi, Boerhaave y Leibniz. Esto quizás podría dar una idea de la orientación científica de Olavide, quien estaba más próximo al copernicanismo-newtonianismo que de las cosmologías antiguas. Otra pista adicional a esta afirmación se puede inferir cuando el autor del plan de estudios, al presentar sus propuestas para la enseñanza de las matemáticas, presenta el principio de la “gravedad de los cuerpos” como un hecho científicamente consumado³⁸⁸.

El plan de estudios de Olavide, sin embargo, no llegó a aplicarse del todo en la Universidad de Sevilla y en ninguna otra parte de la península. Parte de su fracaso se debió a que en 1776 Olavide fue capturado y encarcelado por la Inquisición acusado de hereje y de hombre infame para la religión³⁸⁹. El proceso fue duro y sirvió como excusa para que los sectores más conservadores de los claustros universitarios ejercieran presión para anular los cambios propuestos por el ilustrado peruano. Finalmente, fue sentenciado, pero gracias a sus vínculos

³⁸⁷ Olavide, *Plan de estudios*, Philosophía.

³⁸⁸ Olavide, *Plan de estudios*, Matemáticas.

³⁸⁹ Liendo, “Pablo de Olavide y la nueva planta de los estudios”, 39-40.

con los funcionarios de Carlos III pudo pasar su sentencia exiliado en Francia. A pesar que el regalismo avanzaba a pasos agigantados, los funcionarios de Carlos III no estaban exentos de ser juzgados en contra de la religión. Olavide fue un ejemplo de ello: su radicalismo, su pasado y su cuestionable actuar en contra de ciertas jurisdicciones de la Iglesia pudieron coadyuvar a su proceso inquisitorial. Pese a todo, parece ser que el plan del ilustrado peruano ejerció ciertas influencias no solo en los planes universitarios posteriores, sino también en la reforma de San Marcos y el Real Convictorio de San Carlos ³⁹⁰ o la Universidad del Rosario en Nueva Granada³⁹¹. En ese sentido, no resultó ser un fracaso absoluto.

Salamanca, Valladolid y Alcalá de Henares

Ahora bien, para poder estudiar a profundidad el impacto de Newton en el sector educativo del Virreinato del Perú, es menester analizar el contenido de los planes de estudios de las tres universidades mayores de Castilla: Salamanca, Valladolid y Alcalá de Henares. Estas reformas ocurrieron en los años inmediatos a la expulsión de la Compañía de Jesús, entre 1771 y 1772. Si bien estas fueron promovidas por el poder central, cada universidad tenía cierto margen de autonomía: ellos tenían la facultad de redactar sus propias constituciones, pero posteriormente debían ser aprobadas por el Consejo de Castilla, cuyos funcionarios más destacados eran el conde de Aranda y Campomanes. En otras palabras, el contenido de los planes podían modificarse, pero la magnitud de los cambios iba a depender de numerosos factores, como las resistencias al regalismo desde el seno universitario, el número de docentes, la antigüedad de la universidad, su forma de elegir autoridades, etc.

De las tres grandes universidades castellanas, sin dudas la más importante y de mayor influencia en el mundo hispanoamericano fue Salamanca. Fundada en 1218, era la más antigua de Castilla y una de las tres universidades más longevas de Europa. Ya sea por su antigüedad o la fuerza de la educación de corte escolástico ahí impartida, en Salamanca fue donde pesó más el conservadurismo, puesto que en su Facultad de Artes, en lugar de abrirse a la filosofía moderna, los catedráticos optaron por continuar con la enseñanza de Aristóteles. Al respecto, su propuesta señala lo siguiente:

“Para la enseñanza de esta facultad (de Artes) no nos podemos apartar del sistema del Peripato. Lo primero porque dejando aparte los filósofos antiguos, entre los que, el que merece

³⁹⁰ Fernando Iwasaki, “El Pensamiento de Pablo Olavide y los ilustrados peruanos”. *Histórica*, 1987, 152-154.

³⁹¹ Nieto, “Remedios para el Imperio Español”, 23.

no pequeña estimación es Platón, cuyos principios no se han adaptado bien con el común sentir; y para el uso de las escuelas, los de los modernos filósofos no son a propósito para conseguir los fines que se intentan por medio de este estudio. Como v.g. los de Newton, que si bien disponen al sujeto para ser un perfecto matemático, nada enseñan para que sea un buen lógico y metafísico; los de Gassendo y Cartesio no simbolizan tanto las verdades reveladas como los de Aristóteles” [...] y últimamente, porque no vemos en sus Sistemas, que se establezca método, que descubra mayores utilidades, y adelantamientos en las Ciencias ; y no siendo por este fin, nos parece escusado hacer, e introducir una novedad como esta. Supuesto, pues, que ha de continuar en estas Aulas el estudio de las Artes, valiéndose para él de los principios de Aristóteles”³⁹².

Respecto a la enseñanza de la filosofía, se puede comprobar la presencia de una vertiente reticente (por no decir abyecta) a la filosofía moderna. Las razones pueden ser múltiples: fuerte tradicionalismo en las aulas, rechazo al regalismo de Carlos III, el miedo a reproducir ideas potencialmente heréticas o no encontrar utilidad práctica a la nueva filosofía. En el caso concreto de Isaac Newton, se le concede una ventaja sustancial: su obra permite formar estupendamente a un estudiante en matemáticas, pero, tomando en consideración que la filosofía es más que solo matemáticas, los autores del plan afirman que su sistema es nulo en lógica y metafísica, por lo que debe ser dejado de lado. Por último, los autores opinan que estos sistemas modernos no son conciliables con las Sagradas Escrituras, a diferencia de Aristóteles, razón por la cual debe prevalecer la enseñanza del Estagirita en la Facultad de Artes. Esta toma de postura es más firme frente al cartesianismo, cuyos ideas fueron rechazadas por tres razones: por no ser útiles para las aulas, por tener proposiciones contrarias a la razón natural y por ser poco conformes con algunos preceptos católicos³⁹³.

En virtud de esta fuerte presencia del tradicionalismo y la enseñanza escolástica en los claustros salmantinos, el fiscal Campomanes, en su respuesta a la propuesta del plan de estudios, acusa a su antigüedad y de no haberse reformado casi desde la Edad Media de padecer *las heces de aquellos antiguos siglos, que no pueden curarse sino con las luces, e ilustraciones que ha dado el tiempo*³⁹⁴, lo que se evidencia, según Campomanes, en las asignaturas, lecciones y autores que ahí se enseñan. Esto se hace patente en la cátedra de filosofía, la cual al limitarse a la escolástica, *tiene por inútil la Cathedra de Físicos, en cuyo lugar, dice, se podrá erigir una de*

³⁹² “Plan de estudios de la Universidad de Salamanca”, *Facultad de Artes*, 12.

³⁹³ “Plan de estudios de la Universidad de Salamanca”, *Facultad de Artes*, 14-15.

³⁹⁴ “Plan de estudios de la Universidad de Salamanca”, *Respuesta del fiscal*, 78.

*Filosofía Natural o Experimental*³⁹⁵. El plan de estudios propuesto por la universidad de Salamanca se encontraba, en opinión de Campomanes, anacrónico y obsoleto. Esta pugna entre tradicionalismo y modernismo despótico en el sector educativo se erigió en un tópico común en los últimos treinta años del siglo XVIII en el mundo hispano.

Respecto a la Universidad de Valladolid, el plan de estudios adoptado en 1771 por sus autoridades continuó con la impronta conservadora de la Universidad de Salamanca, pero con algunos cambios novedosos. En Artes y Filosofía, por ejemplo, se persistió en el mismo contenido que en épocas de Carlos I³⁹⁶. No se especifica qué autores componían la enseñanza de estos estudios, pero se infiere que Aristóteles primaba entre ellos. No obstante, algunas modificaciones son introducidas. La enseñanza de la física pasa a ser obligatoria para el tercer año de estudios de la Facultad de Artes y se introduce los textos de algunos autores modernos, como el caso de Francis Bacon, cuya filosofía inductivista es descrita como útil al género humano, pero *sin desentrañar los sistemas filosóficos antiguos*³⁹⁷. Asimismo, los autores del plan le suplican al rey de España la fundación de una cátedra de matemáticas y otras de física experimental, esta última dentro del Colegio de Artes y destinada principalmente a los futuros médicos³⁹⁸. Finalmente, la respuesta del fiscal Campomanes a los cambios en el plan de estudios de la Facultad de Artes es aprobatoria, pero con algunas modificaciones en los años de dictado³⁹⁹.

Por último, queda por analizar el plan de estudios de la Universidad de Alcalá de Henares. La situación de dicha universidad, al igual que las dos anteriores, fue percibida en estado de decadencia por el Fiscal del Consejo de Castilla Pedro Rodríguez de Campomanes⁴⁰⁰. En ese contexto, cobra sentido la disposición de reformar su plan de estudios en 1772 para el cual, a diferencia de Valladolid y Salamanca, se dieron instrucciones precisas, por lo que sus resultados fueron más novedosos, pero todavía sin catalogarse de “innovadoras”⁴⁰¹.

Para la Facultad de Artes, el plan de estudios revisado proponía la enseñanza de siete cátedras, de las cuales tres eran de filosofía escolástica. En palabras de sus redactores, *no debemos*

³⁹⁵ “Plan de estudios de la Universidad de Salamanca”, *Respuesta del fiscal*, 88.

³⁹⁶ “Plan de estudios de la Universidad de Valladolid”, *Artes, y Filosofía*, 32.

³⁹⁷ “Plan de estudios de la Universidad de Valladolid”, 43-44.

³⁹⁸ “Plan de estudios de la Universidad de Valladolid”, *Cátedra de física experimental*, 43-44.

³⁹⁹ “Plan de estudios de la Universidad de Valladolid”, 62.

⁴⁰⁰ Manuel Casado y Emiliano Gil, “La Universidad de Alcalá y el Colegio de Sevillanos, la desaparición de una universidad”, *Historia*, 2016, 39-40.

⁴⁰¹ Arias de Saavedra, “La reforma de los planes de estudio universitarios”, 21.

*desechar el ejercicio Escolástico, que bien usado, y sin exceso, tiene particulares utilidades*⁴⁰². En otras palabras, la enseñanza tradicional debía prevalecer en los claustros alcaláinos. No obstante, el plan de estudios mostraba una ligera apertura hacia la filosofía moderna. Por ejemplo, se señala que la inducción de Francis Bacon (bien hecha) constituye el mejor adelantamiento para las Artes y las Ciencias⁴⁰³. Adicionalmente, dos de las siete cátedras de filosofía abordaban materias de interés en el Siglo de las Luces: una de matemáticas, cuyo estudio es descrito como *el más útil y necesario para la República*⁴⁰⁴, y la otra de física moderna, *siguiendo las Memorias de la Academia Real de las Ciencias de París, y de las Transacciones Filosóficas de Londres*⁴⁰⁵.

Finalmente, ¿qué aspectos sobre la física de Newton están presentes en el plan de estudios? En el documento se indica que tanto las lecciones como los ejercicios para opositores de la cátedra de física moderna debían incluir a una gama de filósofos modernos entre los que destacan Gassendi y Newton⁴⁰⁶. Sin embargo, por un lado no hay evidencia de que dichas oposiciones se hayan realizado, y, por otro lado, se señala que respecto a la obra de Newton, su trabajo sobre óptica es celebrado, pero no así sus otros libros⁴⁰⁷. Parece ser que los autores del plan de estudios le otorgan reconocimiento a Newton *sólo* en aquellos rubros que no ponen en cuestión el sistema del mundo, como *Optiks*, mientras que sus teorías como la gravitación universal, presente en sus *Principia*, si no son rechazados, al menos son cuestionados y no se llegaron a enseñar.

Estos no fueron los únicos planes de estudios que se redactaron dentro del clima de efervescencia que le siguió a la expulsión de los jesuitas. La Universidad de Cervera (1772), la Universidad de Granada (1776), el Real Seminario de Nobles de Madrid (1785) y la Universidad de Valencia (1786) también renovaron sus estudios, pero no tuvieron el mismo alcance que los grandes centros universitarios de Castilla, a pesar que sus cambios fueron, por lo general, más radicales y novedosos. Por ejemplo, tanto en el Seminario de Madrid como en

⁴⁰² Plan de estudios de Alcalá de Henares, 47.

⁴⁰³ Plan de estudios de Alcalá de Henares, 47.

⁴⁰⁴ “[...] porque con él sabe cada uno llevar cuenta, y razón con sus Señores, y con sus criados, y domésticos: con él se fabrican los Templos, se edifican los Palacios, se adornan las Ciudades, y se fortifican para defenderse de sus enemigos [...] con él se traba en la navegación y la comunicación de los pueblos más remotos, y se aumenta el comercio: y con él finalmente se consiguen otros innumerables provechos”. Plan de estudios de Alcalá de Henares, 35.

⁴⁰⁵ Plan de estudios de Alcalá de Henares, 49.

⁴⁰⁶ Plan de estudios de Alcalá de Henares, 40, 192.

⁴⁰⁷ Plan de estudios de Alcalá de Henares, 39.

Valencia incluyeron cátedras de Astronomía⁴⁰⁸, mientras que la segunda se le agregó una cátedra de física experimental con cálculo infinitesimal⁴⁰⁹ con las obras de Jorge Juan y el abate La Caille. Estos cambios ocurrieron en los últimos años del reinado de Carlos III, que fue el periodo más propicio para realizarlos, puesto que generaciones más progresistas empezaron a reemplazar al núcleo envejecido y conservador de las universidades, al tiempo que todavía no se desencadenaba la Revolución Francesa, un evento que significó un aumento del control ideológico dentro de los claustros. La reforma del plan de estudios del Real Convictorio de San Carlos, de la mano de Toribio Rodríguez de Mendoza, se inserta en este periodo y fue de los más modernos en todo el mundo hispanoamericano.

Los planes de estudios anteriormente revisados expresan el sentir de una época: por un lado, el espíritu reformador (y despótico) del regalismo de Carlos III y sus funcionarios por aplicar el poder central en las universidades acusadas de decadencia y, por el otro, las resistencias de los catedráticos a las imposiciones mediante la prevalencia de una enseñanza escolástica en los escenarios más conservadores y eclécticas en los casos más modernizantes. Esta intervención en las universidades, de la mano de personajes como Pablo de Olavide, Pedro Rodríguez de Campomanes o el Conde de Aranda fue vista por los regentes de las universidades como una injerencia agresiva en instancias que históricamente constituían prerrogativas exclusivas del profesorado. De hecho, fue un choque frontal contra este tipo de instituciones ancladas en el Antiguo Régimen, y un ejemplo paradigmático de las pugnas entre el poder regio y las autoridades tradicionales por defender su autonomía y autogobierno⁴¹⁰. Esto explica en gran medida por qué los planes no llegaron a aplicarse correctamente a lo largo del siglo XVIII.

Los benedictinos, Piquer y Jorge Juan

La física en los planes de estudios, o bien se conservó la tradicional enseñanza escolástica en Salamanca, o bien se introdujo una de corte newtoniana en Alcalá. Sin embargo, la física newtoniana gozó de otros canales de difusión a partir de la segunda mitad del siglo XVIII en España. Se trataron de científicos, sacerdotes, matemáticos y marinos que tuvieron una importancia tan destacada, que pueden catalogarse como verdaderas instituciones y cuyo impacto en el mundo hispanoamericano no se puede desdeñar. Con estos personajes en mente

⁴⁰⁸ “Plan de estudios y habilidades, que por ahora se tienen y enseñan en el Real Seminario de Nobles de Madrid de esta Corte”, 1785, 6.

⁴⁰⁹ “Plan de estudios aprobado por S.M. y mandado a observar en la Universidad de Valencia”, 1785, 7.

⁴¹⁰ Liendo, “Pablo de Olavide y la nueva planta de los estudios”, 47.

se da una revisión final al devenir de la ciencia moderna en España y Newton en concreto, con el objeto de señalar brevemente la introducción de la ciencia newtoniana en Hispanoamérica y luego en el Virreinato del Perú.

En la España de la primera mitad del siglo XVIII, dos de los más destacados eruditos que estudiaron o citaron la obra de Isaac Newton fueron los benedictinos Jerónimo Feijóo y Martín Sarmiento. Feijóo, autor de los nueve volúmenes del *Teatro Crítico Universal* (1726-1740) y los cinco volúmenes de las *Cartas eruditas y curiosas* (1742-1760) fue uno de los reformadores más reconocidos de la Ilustración Española y un fuerte crítico de la cultura barroca que imperó en la España de los Austrias. El impacto de su obra fue notable, pues fue leído y citado ampliamente no solo en la Península, sino también en América.

Feijóo, aunque hasta la década de 1740 no defendió ningún sistema cosmológico en particular, posteriormente se hizo copernicano⁴¹¹. El conocimiento de Feijóo de la obra de Newton y que, a su vez, constituye una de las primeras referencias en la Península al sabio inglés, se dio de manera indirecta a finales de la década de 1720 a través de Willem's Gravesande, uno de los principales discípulos del newtonianismo en la Holanda de la primera mitad del XVIII⁴¹². En ese momento, Feijóo aún no era partidario de Newton, pero dicha opinión cambió tras la publicación de los primeros resultados de la expedición geodésica a Laponia y al Ecuador con la publicación de su segundo tomo de las *Cartas eruditas y curiosas*. A partir de ese momento, las teorías de Newton ya no fueron presentadas como meras hipótesis por parte del benedictino, sino como hecho fundados en la experimentación⁴¹³.

En esta misma dirección se orienta la opinión de su discípulo, colaborador y amigo de la Orden de San Benito, el padre Martín Sarmiento, el primer español en leer y estudiar los *Principia* de Newton (con la edición de Roger Cotes) en su obra *Demostración Crítica-Apológica* del año 1732⁴¹⁴. En dicho trabajo se puede leer textualmente lo siguiente:

El caballero Newton, para significar la recíproca gravitación de los cuerpos, usó de la voz atracción. No faltó quien le censurase que introducía de nuevo cualidades ocultas. Pero los newtonianos se burlaron de la censura. Así pues, Rogerio Cotes la desvanece del todo. Newton se aparta de los aristotélicos y cartesianos. Sin averiguar en qué consiste la gravedad, supone

⁴¹¹ Lafuente y Peset, "Ciencia e historia de la ciencia en la España ilustrada", 275.

⁴¹² José Santos Puerto "El padre Sarmiento y la introducción de Newton en España", *Llull*, 1997, 707.

⁴¹³ Puerto, "El padre Sarmiento", 716.

⁴¹⁴ Puerto, "El padre Sarmiento", 697.

*que la hay en todos los cuerpos; y según esta suposición, procura explicar todos los fenómenos generales, sin salir de los principios*⁴¹⁵.

Sarmiento reconoce que los *Principia* versan sobre la gravedad y la atracción de los cuerpos como los motores del movimiento de los objetos (mecánica) y, de esta forma, le concede diferencias respecto al aristotelismo y el cartesianismo. Sin embargo, Newton nunca llegó a dilucidar la causa real que producía la gravedad (asumió que podía tratarse de Dios), lo cual parece ser empleado por el benedictino para cuestionar su sistema. Este punto de vista parece ser reafirmado más adelante:

*Es falta de noticias creer que hoy están en altura los sistemas de Cartesio, Gassendo, etc. El systema que hoy se sigue es el de no jurar por systema alguno [...] Lo que Aristóteles, Cartesio, Gassendo, etc., han dicho y han probado; y corresponde con la experiencia, se admite; pero lo que unos y otros han soñado, se desprecia. Así pues, todo filósofo adicto a systema alguno se mira hoy más con lástima que con veneración [...] Bacon no soñó systema alguno; solo propuso algunos caminos que debieran seguirse para buscar las verdades filosóficas*⁴¹⁶.

La posición adoptada por el benedictino responde a un fuerte eclecticismo a través del rechazo a no jurar por un sistema del mundo. Abrazar un sistema particular era visto por el autor como un camino más cercano a la lástima que a la veneración y, en ese sentido, comparte la opinión de Bacon de no guiarse por sistemas, sino de proponer pistas para desarrollar un pensamiento auténtico.

En los años inmediatos a los resultados de las misiones geodésicas, surge la obra *Física Moderna racional y experimental* (1745) del médico aragonés Andrés Piquer, una de las mentes más ilustres de la renovación científica española del setecientos. Escrita con la finalidad de mejorar la enseñanza de los estudiantes de medicina en las universidades, *Física Moderna* es un tratado didáctico en el que se exponen los sistemas físicos más destacados de la época, como los de Aristóteles, Gassendi, Descartes y Newton, pero sin tomar posición, por lo que su obra se puede catalogar de ecléctica⁴¹⁷, un rasgo común en el mundo hispano de la Ilustración.

⁴¹⁵Sarmiento, *Demostración*, 1732, Tomo II, 387-388. Citado en Puerto, "El padre Sarmiento", 709-710.

⁴¹⁶ Sarmiento, *Demostración*, 1732, Tomo II, 481-482. Citado en Puerto, "El padre Sarmiento", 710.

⁴¹⁷ La adopción de un pensamiento científico ecléctico en el mundo hispano del siglo XVIII pudo deberse a varias razones. En una primera instancia, el eclecticismo permite recoger diversos postulados de diversas doctrinas sin la necesidad de jurar ciegamente por una; esto es, no tomar una posición o *partido*. Esta es su función práctica. Por otro lado, puede ser una respuesta natural a la incapacidad de rechazar todo aquel conocimiento recibido en las universidades (principalmente escolásticas), pero sin negar la pertinencia de las novedades extranjeras, las cuales progresivamente

La virtud del libro reside no únicamente en su contenido, sino en constituirse como una introducción a la ciencia moderna en España⁴¹⁸.

Esta revisión de autores newtonianos (o que hacen mención de su obra) debe concluirse con el máximo representante de la ciencia española del siglo XVIII: marino, director del Real Seminario de Nobles de Madrid y miembro de la *Royal Society* de Londres y de la Academia de Ciencias de París, Jorge Juan y Santacilia. A diferencia de los autores anteriores, Juan representa un caso *sui generis* para la ciencia española del siglo XVIII, en el sentido que no adoptó un pensamiento ecléctico, sino todo lo contrario: sus obras son un fiel reflejo de su adhesión a la física newtoniana, hecho que le granjeó dificultades con el Santo Oficio por la publicación de la primera edición de sus *Observaciones Astronómicas y Físicas* en 1748⁴¹⁹.

Jorge Juan era el científico más versado en toda España y el mundo hispanoamericano en física newtoniana en el siglo XVIII. Conocedor del cálculo infinitesimal, de *Opticks* y, especialmente, de los *Principia*, así como su asidua labor como marino y funcionario estatal le permitió ser descrito por sus contemporáneos como el *sabio español*. Su conocimiento de la física newtoniana se pone en evidencia en la introducción a sus *Observaciones*, pues aplica las tres leyes del movimiento de Newton y la terminología newtoniana (fuerza de la gravedad, atracciones, fuerza centrífuga, fuerza centrípeta) para demostrar la forma real de la Tierra⁴²⁰.

son presentadas menos como hipótesis y más como verdades consumadas. Por último, el eclecticismo pudo surgir de carta de presentación para evitar eventuales cuestionamientos públicos o problemas con la Inquisición. Es decir, existiría un desfase entre lo que se dice públicamente y lo que se promulga en privado.

⁴¹⁸ Lafuente y Peset, "Ciencia e historia de la ciencia en la España ilustrada", 278.

⁴¹⁹ Incluso, en el primer párrafo al prólogo de la segunda edición, se ve en la obligación de realizar la siguiente aclaración: *Entre las experiencias y demostraciones Geométricas que se exponen en esta Obra, hay varias que respiran á favor del Sistema conocido generalmente por el nombre de Copernicano, y que por suponerse opuesto á las Sagradas Letras, fue declarado en Roma, por la Congregación de Cardenales Inquisidores, sospechoso de heregia [...] No había entonces el cúmulo de fundamentos con que hoy se puede pensar al contrario.*

⁴²⁰ Juan, *Observaciones Astronómicas y Físicas*, [Introducción] 86-90.

Ilustración 7: Retrato de Jorge Juan y Santacilia (1713-1773) de Rafael Tegeo



Fuente:

https://es.wikipedia.org/wiki/Jorge_Juan#/media/Archivo:Jorge_Juan_y_Santacilia.jpg

Jorge Juan fue un gran conocedor de la astronomía de la época, a la par de sus colegas en Francia o en Inglaterra. Por ejemplo, su trabajo *Estado de la Astronomía en Europa*, presente al inicio de sus *Observaciones*, demuestra el conocimiento que maneja el sabio español sobre los sistemas del mundo desde la antigüedad hasta Newton. En él, realiza un repaso del aristotelismo, el sistema ptolemaico, pasando luego por Copérnico, Tycho Brahe, Kepler, Galileo y finaliza con Newton⁴²¹.

El autor realiza una defensa del sistema copernicano exclusivamente mediante principios newtonianos; es decir, a partir de la ley de la gravitación universal, la cual ha sido confirmada no sólo matemáticamente (ley del cuadrado inverso), sino también mediante la observación de los satélites de Júpiter, la Luna, y la necesidad de que el movimiento de todos los cuerpos,

⁴²¹ Así se continuó hasta que a fines del mismo siglo pasado vino al mundo el mayor de los Filósofos, el gran Newton, cuyas luces en las Matemáticas no sólo adelantaron la Geometría, Mecánica y Física á la perfección que hoy tienen estas Ciencias, sino que, cansado ya de juzgar por apariencias y por pasiones y le movieron á escribir sus Principios de Filosofía natural, arrojando de sí toda autoridad mal fundada, para no valerse sino de la Geometría, (que jamás engaña) de las leyes de la Mecánica, y de la Observación. Juan, *Observaciones astronómicas y físicas* [Estado de la astronomía en Europa], 14-17.

incluyendo los cometas, se rijan mediante estas leyes generales, más allá de *toda pasión escolástica y toda infundada autoridad*⁴²². En opinión de Juan, *querer establecer fixa á la Tierra, es lo mismo que querer derribar todos los principios de la Mechánica, de la Phísica, y aun toda la Astronomía*⁴²³.

Este texto introductorio es una defensa de la astronomía moderna. En las páginas finales, el autor da a conocer al lector el triunfo del sistema newtoniano en Europa. Además, señala el arrepentimiento y la adopción del sistema copernicano en Italia a raíz del juicio a Galileo con el fin de demostrar que estas verdades no son contrarias a las Sagradas Escrituras y que sólo mediante la adopción de la verdad de sus premisas se podrán garantizar las “luces suficientes” para el desarrollo de las naciones. Por último, realiza una súplica al Rey para que se pueda enseñar libremente y sin sujeciones el sistema newtoniano en España⁴²⁴.

Para finalizar nuestra revisión del impacto de la ciencia moderna y de Newton en España, debemos reproducir una última cita de Jorge Juan que sintetiza un compartir de todos los científicos que adoptaron la ciencia newtoniana como paradigma cosmológico.

*Dexo á parte el conocimiento de la gravedad, y de la pesadez de los Cuerpos, acaso el mas importante de toda la Phísica, pues este es el Agente universal de que Dios se sirve mas principalmente para el gobierno de la naturaleza, ó movimiento de los Planetas en los Cielos, y en la Tierra para todas las Machinas de que se sirven los Hombres*⁴²⁵.

La gravedad asciende como el principio universal de la física, presente en toda la naturaleza y la encargada de dotar de movimiento a los planetas en el cielo y en la Tierra a todas las máquinas (mecanicismo cartesiano). En ningún momento se cuestiona la existencia de Dios, sino todo lo contrario: la gravedad es prueba de su existencia y su gobierno sobre todas las cosas.

Newton en Hispanoamérica: México y Nueva Granada

La intensificación del desarrollo científico y tecnológico en América data de los primeros años de la conquista. Si bien los centros de cultivación de la ciencia se encontraban en España y las mentes más actualizadas en técnicas modernas de navegación, cosmografía y cartografía eran,

⁴²² Juan, *Observaciones Astronómicas y Phísicas* [Estado de la astronomía en Europa], 20.

⁴²³ Juan, *Observaciones Astronómicas y Phísicas* [Estado de la astronomía en Europa], 21.

⁴²⁴ Juan, *Observaciones Astronómicas y Phísicas* [Estado de la astronomía en Europa], 21-22.

⁴²⁵ Juan, *Observaciones Astronómicas y Phísicas*, [Introducción] 99.

en su mayoría, peninsulares, paulatinamente se fueron consolidando en el Nuevo Mundo núcleos de conocimiento que incentivaron el surgimiento y proliferación de una pequeña élite científica americana.

En América, el esplendor del desarrollo científico ligado a las ciencias físicas y a las matemáticas se produjo en la segunda mitad del siglo XVIII, y con más fuerza a partir del último tercio⁴²⁶. Sin embargo, el siglo XVII ofrece unos antecedentes que no pueden ser olvidados. En Nueva España, la apertura a la ciencia moderna se debió en gran parte a la figura de fray Diego Rodríguez, sacerdote mercedario, puesto que con él se difundieron las teorías astronómicas y físicas de Copérnico, Kepler, Tycho Brahe, Gilbert, Galileo, etc., durante las décadas centrales del XVII, principalmente a través de sus escritos y la enseñanza que impartió en la cátedra de matemáticas en la Universidad de México⁴²⁷, de quien fue fundador. Según Trabulse, fray Diego Rodríguez asimiló la astronomía de Kepler y la física de Galileo⁴²⁸. En ese sentido, constituyó un caso excepcional, pues en ese momento la ciencia normal estaba reducida, tanto en el mundo mexicano como español, a la enseñanza del sistema ptolemaico-aristotélico en un periodo marcado por la censura a Galileo por la Inquisición Romana. Impugnar el sistema del mundo aristotélico o adherirse a cosmologías no tradicionales, ya sea el tiónico o heliocéntrico, en la década de 1630 representaba una novedad que no encajaba con la ortodoxia católica⁴²⁹.

Fray Rodríguez tuvo dos importantes discípulos: el peruano Francisco Ruiz Lozano (a quien dedicaremos unas líneas el próximo capítulo) y el mexicano Carlos de Sigüenza y Góngora, su sucesor en la cátedra de matemáticas de la Universidad de México y autor de *Libra astronómica y filosófica*. Esta obra, que sigue la tradición de Rodríguez, reprendía el argumento de autoridad en las cátedras, principalmente de Aristóteles, y realizaba una feroz crítica de la astrología⁴³⁰.

Con la llegada de la Ilustración se inicia un nuevo periodo para la ciencia americana marcado por la proliferación no sólo de la enseñanza de la ciencia moderna (física newtoniana, la nomenclatura científica de las especies por parte de Linneo, o la química moderna de Lavoisier, etc.), sino también por el auge de la prensa, las sociedades económicas y el periodismo

⁴²⁶ Carlos Mallén, "La ciencia en el México colonial e independiente", *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 5.

⁴²⁷ Elías Trabulse, "Ciencias exactas I", *Ciencia y tecnología en el Nuevo Mundo*, 78.

⁴²⁸ Elías Trabulse, "Introducción", *Historia de la ciencia y la tecnología en México*, XII.

⁴²⁹ Trabulse, "Ciencias exactas I", 79-80.

⁴³⁰ Trabulse, "Ciencias exactas I", 86.

científico. En otras palabras, una de las características fundamentales de este periodo no solo residió en la profundización del conocimiento científico moderno, sino en su enseñanza y difusión a través de aparatos institucionales más sólidos. El resultado final de este proceso fue el inicio de una ruptura ideológica que perduraba en la educación colonial, particularmente a través de una crítica a la enseñanza escolástica y a las congregaciones religiosas, con especial énfasis a la Compañía de Jesús.

Aún en el último tercio del siglo XVIII prevalecía con fuerza la enseñanza tradicional gracias al predominio de la ortodoxia, un fuerte conformismo y un rechazo al regalismo de Carlos III⁴³¹. Este hecho motivó a intelectuales criollos, peninsulares y extranjeros, como José Alzate en México, Celestino Mutis en Nueva Granada o Toribio Rodríguez de Mendoza en Perú a reformar la educación colonial a través de la introducción de la ciencia moderna en los planes de estudios de universidades y colegios, y su difusión en periódicos como la *Gaceta de Literatura de México* o el *Mercurio Peruano*. La consecuencia final de este choque de ideologías (ilustradas y tradicionales) tuvo diversos matices y resultados entre los intelectuales de la época. Como observaremos en el siguiente capítulo a partir del caso de Isaac Newton, un grupo permaneció en la ortodoxia tradicional, otros adoptaron un pensamiento ecléctico, principalmente mediante la no adherencia a una filosofía particular en su totalidad, mientras que un último sector se apropió por entero de Newton y la filosofía moderna.

Ahora bien, se suele indicar la fecha de 1767 como el inicio de la renovación. Esto, sin embargo, no significa que los jesuitas hayan sido los responsables detrás del atraso de la introducción de la ciencia moderna en el mundo hispano⁴³². En primer lugar, porque las resistencias a la ciencia moderna fueron igualmente tenaces después de 1767, como se observa tanto en las universidades españolas como en San Marcos en Perú y, en segundo lugar, porque los jesuitas fueron, en gran medida, el motor y precursores de la ciencia moderna en Hispanoamérica⁴³³. Lo único cierto es que el discurso ilustrado americano fue, en buena medida, un producto importado de Europa, aunque esta asincronía no fue total, puesto que en ciertos sectores se mantenía a la par o incluso a la vanguardia de España.

⁴³¹ Gregorio Weinberg, "Ilustración y educación superior en Hispanoamérica". En *La Ilustración y la reforma de la universidad en la España del siglo XVIII*, 1988, 105.

⁴³² Weinberg, "Ilustración y educación superior en Hispanoamérica", 101

⁴³³ Una explicación más detallada de esta afirmación se demuestra en el primer acápite del capítulo cuarto.

Según Elías Trabulse, la apertura a la astronomía moderna en Hispanoamérica no se produjo posterior a 1767, sino en ciertos colegios jesuitas antes de la Pragmática Sanción.⁴³⁴ En ese sentido, la expulsión de la Compañía de Jesús no significó un parteaguas para la introducción de la ciencia moderna, sino un freno a su inserción. Sin embargo, esta afirmación debe ser matizada, puesto que la Compañía era una institución muy heterogénea y sería incorrecto afirmar que todos sus miembros eran adalides de la ciencia moderna. Asimismo, es importante señalar que la apertura a la filosofía moderna no significó necesariamente la adhesión a las tesis heliocéntricas. Por lo general, antes del último tercio del siglo XVIII la crítica estaba dirigida a la filosofía de Aristóteles, y el sistema cosmológico predilecto era el de Tycho Brahe, al menos públicamente. Las tesis heliocéntricas eran profesadas en privado, se inferían entre líneas, o eran señaladas como meras hipótesis posibles, no como verdades irrefutables⁴³⁵. Sin embargo, hubo personajes que públicamente defendieron las tesis heliocéntricas apelando no solo a Copérnico, sino también a Isaac Newton. Antes de aterrizar en el caso peruano, finalizamos este capítulo con dos autores de dos virreinos distintos: José Celestino Mutis en Nueva Granada y José Antonio de Alzate y Ramírez en México.

José Celestino Mutis, un médico y botánico nacido en Sevilla en 1732 y llegado a América en 1760 representa un caso paradigmático de científico peninsular difusor de la ideología de la Ilustración y de la ciencia moderna en el Nuevo Mundo, pues fue el principal promotor de las ciencias exactas y las ciencias naturales en el virreinato neogranadino, donde mantuvo un fuerte vínculo con los círculos intelectuales de otros virreinos (era suscriptor del *Mercurio Peruano*) y forjó un núcleo de discípulos mediante la enseñanza de las ciencia moderna en universidades y colegios.

En torno a la figura de Mutis se pueden señalar diversos elementos. Aparte de fungir como agente del Imperio Español (fue el Primer Botánico de la Real Expedición Botánica al Virreinato de Nueva Granada) era médico seguidor de Boerhaave, del naturalista y taxónomo sueco Linneo y de Isaac Newton. Para propósitos de esta investigación interesa focalizarnos en este último.

⁴³⁴ Trabulse, "Ciencias exactas II", 116-123.

⁴³⁵ Por ejemplo, Trabulse menciona el caso del jesuita de la Audiencia de Quito Juan de Hospital, quien no podría ser geocentrista ni ticomónico, porque en sus palabras "cualquier cuerpo celeste que se desplaza en una órbita elíptica no puede encontrar su centro de gravedad en otro cuerpo celeste menos pesado". Siendo el Sol el cuerpo más pesado del Sistema Solar, los modelos geocéntricos quedan refutados. "Ciencias exactas II", 120.

Mutis fue un convencido partidario de las teorías de Copérnico y de Newton. Según Mauricio Nieto, de la misma forma que Boerhaave permitía un entendimiento sistemático del cuerpo humano y Linneo de la naturaleza, para Mutis la obra de Newton representaba la vía de acceso para comprender el funcionamiento del universo a través de leyes inmutables⁴³⁶. En ese sentido, Mutis era consciente de la importancia del estudio y la enseñanza de las filosofías naturales modernas, empresa que fue llevada a cabo por él en la Universidad del Rosario al promover la filosofía, la metodología y la retórica de la mecánica newtoniana. Por ejemplo, en 1764, una fecha relativamente temprana en la difusión de la física moderna en el mundo hispano, Mutis presentó en la Universidad del Rosario una disertación titulada *Elementos de filosofía natural que contienen los principios de la física, demostrados por las matemáticas y confirmado con observaciones y experiencias: Dispuestos para instruir la juventud en la filosofía Newtoniana*. El trabajo, como indica el título, tenía como fin instruir a los jóvenes en la filosofía newtoniana. Más allá de la enseñanza formal de los principios de Newton, Mutis lograba un objetivo fundamental:

*Con todo eso la Filosofía Natural tiene otros fines más nobles, y otros usos más importantes. Su principal mérito consiste en que sirve de fundamento sólido para la religión natural y la filosofía moral, conduciendo al hombre en modo muy agradable al alto conocimiento del Autor de la naturaleza y Creador del Universo*⁴³⁷.

Esta cita perpetúa un mensaje de Newton y sus discípulos en Europa: la obra del sabio inglés, en lugar de conducir al ateísmo, constituye la prueba máxima de la existencia de un Dios creador y ordenador de la naturaleza y del universo: el verdadero fundamento de la religión cristiana.

Su presencia como Primer Botánico y catedrático en la Universidad del Rosario por varios años le permitió granjearse como maestro de científicos criollos que impulsaron la introducción de la ciencia moderna en América, como el caso del geógrafo y director del Observatorio Astronómico, José de Caldas. Mutis, en ese sentido, constituye un caso paradigmático de la difusión de la física newtoniana por parte de un peninsular, pues como se verá luego, en no

⁴³⁶ Nieto, "Remedios para el Imperio Español", 217.

⁴³⁷ José Celestino Mutis, «Elementos de la filosofía natural que contienen los principios de la física demostrados por las matemáticas y confirmados con observaciones y experiencias: dispuestas para instruir a la juventud en la doctrina de la filosofía newtoniana en el Real Colegio del Rosario de Santafé de Bogotá en el Nuevo Reino de Granada, año 1764», en Escritos científicos de don José Celestino Mutis. En Nieto, "Remedios para el Imperio Español", 218.

pocos casos la introducción del Newton se dio con la llegada de ilustrados venidos de España, sino también de otras naciones del continente europeo.

Siguiendo el impulso despótico e ilustrado de Carlos III por imponer la modernidad en el mundo hispano, el último tercio del siglo XVIII significó para el virreinato novohispano un esplendor científico en materia institucional: se crea el Real Seminario de Minería con Fausto Elhúyar como fundador, el Jardín Botánico, la Real Escuela de Cirugía, la Academia de San Carlos, etc., todos con el objetivo de consolidar una clase de científicos profesionales al servicio del imperio. Nombres como León Gama y Velásquez, Joaquín Velásquez y León, el jesuita y exiliado Andrés de Guevara y Basoazábal o el prelado franciscano Manuel María Trujillo fueron habituales entre los copernicanos y newtonianos de las postrimerías del setecientos que abrazaron la ciencia moderna y tuvieron un rol fundamental en su investigación y enseñanza⁴³⁸. Sin embargo, la figura más destacada en este rubro, no tanto por su conocimiento técnico de la ciencia, sino por su papel divulgativo, fue el sacerdote José Antonio Alzate y Ramírez, el principal promotor del periodismo científico mexicano del siglo XVIII.

Nacido en 1737 y fallecido en 1799, José Alzate fue un ilustrado, filósofo y teólogo novohispano con un amplio conocimiento de las ciencias. Era miembro de la Sociedad Vascongada de Amigos del País, del Real Jardín Botánico de Madrid y de la Academia de Ciencias de París; todo ello a pesar de contar únicamente con el grado académico de Bachiller en Teología obtenido en 1756 por la Real y Pontificia Universidad de México. Él es mayormente conocido por haber sido el fundador y editor de cuatro empresas periodísticas de orientación científica en el último tercio del siglo XVIII: El Diario Literario de México (1768), Asuntos Varios sobre Ciencias y Artes (1772-1773), Observaciones sobre la física, historia natural y artes útiles (1787-1788) y la Gazeta de Literatura de México (1788-1795)⁴³⁹; este último indiscutiblemente el más ambicioso, duradero y con un fuerte parecido al *Mercurio Peruano*⁴⁴⁰. Por lo general, el autor abordaba temas variados o vinculados con las ciencias, particularmente la química, física, minería, botánica, medicina, astronomía, geografía⁴⁴¹ o la enseñanza de las ciencias con una fuerte adhesión a las corrientes filosóficas modernas junto

⁴³⁸ Trabulse, "Ciencias exactas II", 106-127.

⁴³⁹ Mallén, "La ciencia en el México colonial e independiente", 4.

⁴⁴⁰ De hecho, tanto los editores del *Mercurio Peruano* como el propio Alzate tenían conocimiento de la existencia y labor divulgativa de ambas empresas periodísticas. Asimismo, eran frecuentes los intercambios editoriales, como el *Análisis del curso filosófico del padre Celis*, publicado inicialmente en el número 19 de la Gazeta de Literatura de México y luego recogido en el volumen IX del *Mercurio Peruano*. Este número será analizado el próximo capítulo.

⁴⁴¹ Gacetas de Literatura de México, *Prólogo del editor*, 1831.

con una crítica voraz a la educación escolástica. Todo ello se puede estudiar de primera mano gracias a la publicación de la obra completa de Alzate en 1831 bajo el nombre de Gacetas de Literatura de México y su posterior digitalización realizada por la Biblioteca de la Universidad de California. Estas fuentes sirven para evaluar el discurso ilustrado criollo en las décadas finales del siglo XVIII en Hispanoamérica.

Un elemento de consideración entre los ilustrados hispanoamericanos y europeos radicados en América en el último tercio del siglo XVIII resulta que, por más que sus discursos contienen afirmaciones científicas, eran pocos los que podían reputarse de “científicos” o “filósofos de la naturaleza”. El propio Alzate sostenía lo siguiente: *No me reputo por científico: conozco que mi aplicación a las ciencias naturales no pasa de lo que se llama afición: no pudiendo ejecutar respecto al asunto de que se trata operaciones astronómicas, advertí podría verificar algunas de física*⁴⁴².

A pesar de ello, el conocimiento de Alzate sobre filosofía y ciencia moderna era bastante amplio. Dentro de las cartas, artículos y escritos publicados en sus proyectos editoriales, un tema del cual el discurso en favor de la filosofía moderna tomó un mayor protagonismo fue la crítica a la educación escolástica. Tres son los escritos donde se puede observar este interés. En primer lugar, una parodia escrita por el editor Alzate donde se simula una sentencia en contra de la enseñanza de la filosofía moderna⁴⁴³. A través de dicha parodia, se establece explícitamente que todos los filósofos denominados “modernos”, en específicos aquellos denominados seguidores de Gassendi, Descartes y Newton sean conducidos a Atenas para que realicen una expurgación pública, una abjuración de sus creencias y una pena pecuniaria por profesar creencias heréticas en contra de la autoridad del Estagirita. En pocas palabras, un auto de fe. El resultado final de la sentencia declara que deben mandarse a quemar todos los instrumentos modernos (barómetros, telescopios, máquinas neumáticas, eléctricas, termómetros, etc.) que fueron desconocidos por Aristóteles y a través de los cuales los modernos pretendían revertir el juicio de los peripatéticos mediante *números y maquinillas*⁴⁴⁴.

⁴⁴² GLM, Tomo 1, 100.

⁴⁴³ El artículo lleva por nombre “Memorial ajustado”: Que los maestros de filosofía, los doctores en medicina y demas profesores de las universidades y colegios peripatéticos presentaron al ente de razón, racionante supremo, juez y presidente de la audiencia y chancillería de Estagira en el reino de las Quimeras, para que en dichas universidades y colegios se mantenga la doctrina de Aristóteles; y sentencia definitiva del presidente y oidores á favor de la misma doctrina. Traducido todo del original griego, que se imprimió en la ciudad de Fantasía por Juan Peripatomastix impresor de cámara, calle de la Verdad, año de 11,675. GLM, Tomo 2, 97-110.

⁴⁴⁴ GLM, Tomo II, 108.

Ahora bien, la crítica fundamental a la escolástica en la prosa de Alzate está dirigida a su pretensión teológica. En un apéndice del segundo volumen de su obra publicada, el ilustrado mexicano apunta a desmentir el aporte del escolasticismo a la teología y a la defensa del dogma católico⁴⁴⁵. Para demostrar ello, Alzate argumentó que una verdadera teología debería apoyarse únicamente de las siguientes fuentes: las Sagradas Escrituras, la Tradición, los Concilios, la Autoridad de la Iglesia y la Patrística⁴⁴⁶. Las cuatro primeras fuentes no están fundadas en ninguna filosofía y los Padres de la Iglesia no fueron aristotélicos, por lo que una teología verdadera no puede basarse en interpretaciones muy posteriores al origen del Cristianismo, como en autores que lo preexisten.

Finalmente, un texto escrito por un tal José Velasquez de Vicecotis ofrece una defensa de la filosofía moderna, con ciertos matices eclécticos, a la vez que realiza una crítica severa a la filosofía escolástica. Este autor confiesa haber sido educado bajo la enseñanza filosófica de Aristóteles, pero fue en su madurez cuando se dedicó al estudio de la mecánica y se acercó por primera vez a los newtonianos, quienes según él lograron fundar por primera vez una filosofía bajo principios estrictamente matemáticos⁴⁴⁷. La autoridad de Aristóteles es descrita por Velásquez como un auténtico yugo tiránico. Tomistas, nominalistas, escotistas y suaristas son descritos despectivamente como sectas escolásticas que se impugnan constantemente, pero, pese a ello, haya un punto de encuentro: la autoridad de Aristóteles debe primar.

Con los modernos esto ocurre de forma distinta. El autor sostiene que, si bien lo gassendistas, cartesianos y newtonianos se refutan mutuamente y admite el comportamiento sectario entre muchos de sus partidarios, sus diferencias nacen del estudio mismo del mundo natural, lo que les confiere una ventaja importante sobre los peripatéticos⁴⁴⁸. Finalmente, señala lo siguiente:

[...]la filosofía moderna solo reconoce por fundamento la razón, y la experiencia de los hombres más ilustrados de todas las naciones, y que ella felicita los pueblos en que por fortuna se dedican los sàbios a cultivarla. Tengo firmes esperanzas de que V. P. serà uno de estos, y no solo reconocerà su ventaja sobre la antigua, sino que procurarà hacer ver que por toda justicia esta es la única que debe enseñarse, como mas útil à la iglesia y al estado⁴⁴⁹.

⁴⁴⁵ GLM, Tomo II, 349.

⁴⁴⁶ En general, la renovación de los planes de estudios en el mundo hispano del último tercio del siglo XVIII en teología estaba dirigido a la relectura de estas fuentes.

⁴⁴⁷ GLM, Tomo I, 285.

⁴⁴⁸ GLM, Tomo I, 228.

⁴⁴⁹ GLM, Tomo I, 230.

Esta cita permite evaluar el grado de penetración del discurso ilustrado en Hispanoamérica: la razón y la experiencia se convierten en los pilares de este discurso y son característicos de la filosofía moderna. Pero no se trata únicamente de seguir la verdad, sino que la ciencia moderna posee una ventaja adicional: se presenta más útil tanto para la Iglesia Católica como para el Estado. Para Alzate, la física moderna no solo posee aplicaciones prácticas de uso cotidiano para el desarrollo de las naciones, sino que es a través de ella donde se ofrece la llave a la obra del autor del universo⁴⁵⁰. Las leyes del movimiento son la manifestación física de este orden y armonía que rige el cosmos y que, en palabras del sabio mexicano, permite observar *la hermosísima máquina del mundo*⁴⁵¹.

Capítulo IV: Newton en el Virreinato del Perú: 1767-1795

Newton, el inmortal, el incomparable, el divino Newton, á pesar de la opulencia de su estado, vivió enteramente separado del comercio de los hombres. El que tenía con sus sublimes Matemáticas no le dexó un momento vacío, ni siquiera para pensar en casarse.

Joseph Rossi Rubí (Mercurio Peruano, Tomo VIII, 1993, 23-24)

Joseph Rossi Rubi, italiano de nacimiento y fundador de la *Sociedad de Amantes del País* redactó la cita anterior en una carta publicada en el *Mercurio Peruano* (periódico bisemanal editado por la mencionada sociedad) con un doble objetivo encomiástico: en primer lugar, el reconocer el valor y aporte del científico inglés al desarrollo de las matemáticas y las ciencias.

⁴⁵⁰ GLM, Tomo IV, 196.

⁴⁵¹ GLM, Tomo II, 9.

Segundo, con la finalidad no solo de suscitar el interés, sino también fomentar el estudio de las matemáticas entre la población ilustrada del Virreinato del Perú, como elemento fundamental para el desarrollo de las naciones en el siglo ilustrado. *Estas ciencias (las matemáticas) se cultivan en el Perú más de lo que creen aquellos que miran á este País como á una Colonia aislada y triste. Con todo quisiéramos que su estudio se generalizara aun mucho mas*⁴⁵². En palabras del ilustrado italiano, no se menosprecia el progreso de las ciencias matemáticas al interior del virreinato, pero se enfatiza la necesidad de impulsar aún más su estudio entre la población.

Las citas anteriores permiten imaginar el panorama general de las ciencias matemáticas en las postrimerías del siglo XVIII peruano. Imaginar este panorama general sirve como prelude para dar cuenta de la importancia y el impacto de científicos, como Isaac Newton, en la reconfiguración de los paradigmas científicos en territorio peruano. Este cuarto y último capítulo tiene como objeto profundizar en los debates acerca del nuevo paradigma newtoniano de la ciencia en el seno intelectual del último tercio del siglo XVIII peruano. Las voces que emergieron fueron divergentes y, en no pocos casos, opuestas e irreconciliables. Por un lado, aquellos que rechazaron la ciencia newtoniana y mantuvieron su adherencia al geocentrismo clásico. Por el otro, posiciones adheridas al heliocentrismo copernicano fortalecidas por la demostración matemática newtoniana, y puntos de vista eclécticos que buscaban conciliar lo antiguo con lo moderno. El balance final de estas disquisiciones no fue unánime y dependieron mucho del ambiente donde se introdujeron, lo que produjo que, en algunos contextos, una posición prevaleciera sobre las otras. No obstante, con el fin de analizar adecuadamente los tres bandos, las discusiones subyacentes y el balance final, es menester hacer una revisión del contexto que propició el surgimiento de dichos debates. Para ello, se procede a realizar una mirada del estado de la ciencias matemáticas y astronómicas en el Perú previa a la expulsión de la Compañía de Jesús en 1767. Adicionalmente, se prosigue con la llegada de la Ilustración al Perú, seguido de uno de los elementos que la impulsó: el regalismo de Carlos III. Todo ello, para finalizar con una presentación general de los focos de discusión y contenidos del debate newtoniano.

⁴⁵² Joseph Rossi y Rubí, Mercurio Peruano, Tomo VIII, 25.

Estado de la ciencia peruana hasta la expulsión de la Compañía de Jesús en 1767

El desarrollo de la ciencia en el Virreinato del Perú ha existido desde los albores de su fundación a partir de la necesidad imperial de extraer, fundir y trasladar los metales preciosos desde América a España. Este entramado técnico-científico, como se observó en el capítulo anterior, exigió un despliegue masivo de mineros, metalúrgicos, calculistas, artilleros, acuñadores, pilotos y navegantes entre América y España para hacer de este circuito comercial el más exitoso posible. Asimismo, el descubrimiento por parte de los europeos del Nuevo Mundo demandó la territorialización del espacio peruano en un *corpus* sistemático y coherente que vio en las obras de José de Acosta, *Historia natural y moral de las Indias*, y la *Historia del Nuevo Mundo* de Bernabé Cobo los productos más completos sobre botánica, mineralogía, zoología, vulcanología y astronomía del Perú. Sin embargo, estos trabajos, por más innovadores y rigurosos en su elaboración, no fueron estrictamente hablando obras científicamente modernas, sino “precientíficas”. Esto no pretende insinuar una posible carencia de cientificidad, sino recalcar que el derrotero hacia la ciencia moderna fue sinuoso, complejo y progresivo. Adicionalmente, la mayoría de la literatura científica del Perú de la época ilustrada tampoco podría calificarse de moderna (salvo ciertas excepciones), pero es a partir de dicho siglo donde se visualiza con más claridad los criterios del método, institucionalización y matematización que caracterizan a la empresa científica moderna.

El impulso hacia una nueva ciencia matematizada, metódica e institucional tuvo en el Cosmógrafo Mayor del Virreinato su principal eje de acción. Creado a partir de la transformación de la figura del Piloto Mayor, el cosmógrafo cumplía una función técnica y esencialmente práctica: conocer, entender y pronosticar los cielos para salvaguardar exitosamente los intereses imperiales en materia comercial, a través de un amplio conocimiento de diversas materias científicas como las matemáticas, el pilotaje, la cartografía, la geografía, la cosmografía, la astronomía y la astrología, así como medicina. En pocas palabras, era el principal asesor imperial - nombrado directamente por el Virrey - en el terreno científico; era también el encargado de la publicación anual del *Conocimiento de los tiempos* (posteriormente llamado *Almanaque peruano y guía de forasteros*) donde se publicaban las efemérides y los principales acontecimientos astronómicos previsibles de cada año; y quien, a partir de finales del siglo XVII, asumiría la cátedra de Prima de Matemáticas en la Universidad de San Marcos. En el Virreinato peruano la figura del Cosmógrafo Mayor tomó una relevancia especial con el advenimiento del científico peruano más destacado del siglo XVII: Francisco Ruiz Lozano.

Francisco Ruiz Lozano (1607-1677) fue, sin poco espacio a discusión, la mente científica peruana más creativa del siglo XVII. En su defensa, se puede destacar no solo el hecho de haber presidido el Cosmografiato durante tres lustros (1662-1677) y haber sido discípulo del mercedario Diego Rodríguez (reconocido astrónomo heliocentrista mexicano), sino, además, por ser autor de la obra científica más destacada del siglo XVII en el Perú, titulada *Tratado de cometas, observación y juicio del que se vio en esta Ciudad de los Reyes y en todo el mundo, por los fines del año 1664 y principios de este 1665*. La publicación del *Tratado* respondía a la necesidad de aplacar la histeria y el temor de los habitantes de Lima frente a la aparición de un cometa en los cielos, señal históricamente atribuida a futuras calamidades⁴⁵³. Dicha obra se inserta como pionera de la ciencia moderna en el Perú, en un primer momento, por las reiteradas citas a científicos modernos que dan cuenta del conocimiento actualizado de Ruiz Lozano en materia de ciencia y astronomía, muy probablemente debido a la cercanía que tuvo con Diego Rodríguez en México. A lo largo del *Tratado* no son escasas las referencias a los clásicos griegos como Aristóteles y Ptolomeo, sino también a los modernos Nicolás Copérnico, Tycho Brahe y Johannes Kepler. Inclusive, se puede inferir la existencia de citas indirectas a Galileo (condenado por la Inquisición Romana en 1616) al mencionar constantemente las “manchas solares”:

*[...] determiné sacar a luz en este tratado las ideas de los antiguos astrónomos, a quienes sigo en parte, conformándome /Iv/ en lo demás con la doctrina notoriamente quilatada de los modernos, gigantes hercúleos, que con novedad la defienden, siendo linceos celestes (que no contentos de haber descubierto la irregularidad, oquedades, montes, mares, arrecifes y selvas, que el cuerpo de la Luna contiene), atalayaron las manchas y lunares que se ven y rodean el cuerpo del Sol, al modo de las isletas que hay en el océano, todas en hilera y paralelas a la eclíptica; [...]*⁴⁵⁴

En segundo lugar, el *Tratado* se puede considerar como precursora de la astronomía moderna en el Perú por desafiar (aunque indirectamente) el geocentrismo clásico de los griegos. Es comprensible que el autor no se adscribiera de forma explícita a ninguno de los modelos considerados heréticos por la Iglesia (heliocentrismo), pero su trabajo ofrece pistas de que

⁴⁵³ Suárez, *Astros, humores y cometas*, 67.

⁴⁵⁴ Francisco Ruiz Lozano, *Tratado de cometas*. En Suárez Suárez, *Astros, humores y cometas*, 352.

estuvo más cerca de los debates heliocéntricos que a posiciones acríticamente geocéntricas⁴⁵⁵. Tanto Katayama⁴⁵⁶ como Suárez⁴⁵⁷ han destacado un fragmento de la obra de Ruiz Lozano para fundamentar el ticonismo de Brahe (Katayama) o sugerir un posible heliocentrismo (Suárez).

La segunda es la mudanza de la ecentricidad del Sol, a quien no sola la Venus y Mercurio, cuyos medios movimientos son los mismos que el del Sol, sino los demás planetas Saturno, Júpiter, Marte y Luna mudan todos al mismo punto sus ecentricidades, porque en buena teórica de orbes están ligados al Sol, de suerte que a su respecto solo se mueven⁴⁵⁸.

De entrada, la cita es ambigua. Por un lado, se explicita que los planetas Saturno, Júpiter, Marte y Luna orbitan alrededor del Sol, un evento realizable únicamente bajo el sistema heliocéntrico, si se considera que ni en el ptolemaico ni el ticónico, la Luna gira adicionalmente en torno al Sol (además de la Tierra), sino exclusivamente en el copernicano. Sin embargo, la propia palabra “excentricidad”, así como el hecho de afirmar que los movimientos de Mercurio y Venus son los mismos que los del Sol, sugiere el movimiento de nuestra estrella. En ese sentido, o bien el fragmento de Ruiz Lozano apunta a un error de redacción, o a la necesidad de encubrir alguna sospechosa adhesión a paradigmas heterodoxos.

Posterior al deceso de Francisco Ruiz Lozano en 1677, el cargo de Cosmógrafo Mayor tuvo consecutivamente entre sus filas a dos representantes del sistema ticónico: el belga Juan Ramón Conick (1678-1709), sucesor de Ruiz Lozano, y al polímata limeño Pedro Peralta Barnuevo (1709-1743)⁴⁵⁹. Con ambos representantes, la figura del cosmógrafo acentuó un hecho que dio sus primeros pasos con Ruiz Lozano: el progresivo alejamiento de las funciones estrictamente náuticas que caracterizaron sus primeros años de fundación institucional, por actividades más ligadas a la astronomía, y la enseñanza de las matemáticas en San Marcos⁴⁶⁰.

⁴⁵⁵ Suárez, *Astros, humores y cometas*, 77.

⁴⁵⁶ Katayama, Roberto. “Supuestos y filiaciones filosóficas de los paradigmas astronómicos en el virreinato del Perú”. *Letras* 132.

⁴⁵⁷ Suárez, *Astros, humores y cometas*, 77.

⁴⁵⁸ Suárez, *Astros, humores y cometas*, 371.

⁴⁵⁹ Katayama, “Supuestos y filiaciones filosóficas”, 132-134.

⁴⁶⁰ Ortiz, Jorge. “Los cosmógrafos mayores del Perú”. *Derroteros de la Mar del Sur*, 142.

Sin embargo, con la llegada del líder de la expedición geodésica franco-española y miembro de la *Academia de Ciencias de París*, Louis Godin, como titular de Cosmógrafo Mayor del Virreinato del Perú y catedrático de Prima de Matemáticas de San Marcos (1744-1749), por nombramiento del virrey Marqués de Villagarcía (1735-1745) tras el fallecimiento de Peralta Barnuevo, es que se puede hablar con total certeza del primer científico no solo heliocéntrico, sino *newtoniano* en ocupar un cátedra universitaria en el Perú. Aquí conviene detenerse para discutir este hecho, pues a pesar de haber sido un fiel representante de la física de Newton al ejercicio del cargo científico más ilustre del Virreinato, parece ser que su impacto no dejó huellas inmediatas, sino, posiblemente, a largo plazo.

Es menester recordar que la Expedición Geodésica al Ecuador organizada por la *Academia de Ciencias de París* y liderada por Louis Godin tuvo como propósito principal el dirimir el debate sobre a la forma real de la Tierra: si era achatada en el Ecuador, como sostenían los cartesianos, o achatada en los polos, según la opinión de los newtonianos, entre los que destacan los principales miembros de la expedición (Godin, Bouguer, La Condamine, Ulloa y Juan) En ese sentido, resulta notorio que Godin ejerciera como fiel seguidor del inglés, en primer lugar, porque los resultados de la expedición arrojaron resultados favorables a favor de los newtonianos y, en segundo lugar, porque sus colegas e, incluso, uno de sus discípulos, Jorge Juan, publicó en 1748 un texto abiertamente newtoniano donde defendía el sistema heliocéntrico, no exento de impugnaciones inquisitoriales debido a su dudosa ortodoxia⁴⁶¹.

Godin ocupó los dos cargos de mayor prestigio científico en el Virreinato del Perú siendo abiertamente newtoniano: como Cosmógrafo Mayor y catedrático de Prima de Matemáticas en la Universidad de San Marcos. Ahora bien, el ser newtoniano y regente de estos cargos no permiten afirmar de forma necesaria que sus adherencias científicas hayan sido exitosamente transmitidas a la comunidad de estudiantes peruanos o, siquiera, se le haya permitido ejercer de ese modo. En primer lugar, por la escasez de fuentes respecto a su docencia universitaria⁴⁶². Segundo, por la posible incomprensión de los estudiantes de San Marcos de la mecánica newtoniana alimentada por la falta de libros de textos fáciles y accesibles, las barreras lingüísticas y la dificultad del cálculo infinitesimal. Tercero, la posibilidad de que se haya advertido del potencial peligro de enseñar el sistema heliocéntrico (aún como teoría),

⁴⁶¹ Véase la cita 314, referencia a sus *Observaciones astronómicas y físicas*.

⁴⁶² De Posada, Francisco, *Louis Godin (1704-1760): pionero de la ciencia moderna en España*, Universidad de Cádiz, 311.

considerando su condición de herejía y los vaivenes que experimentó Juan para la publicación de su libro en España. Finalmente, porque sus labores como cosmógrafo se centraron en la reconstrucción de la ciudad de Lima tras el terremoto de 1746.

De todas formas, lo realmente pionero fue la presencia de un newtoniano en una universidad del mundo hispano en la primera mitad del siglo XVIII. Como afirma De Posada, Godin se constituyó como el primer catedrático abiertamente newtoniano en ejercicio del cargo no solo en el Perú, sino en todo el Imperio Español, y lo sería por segunda vez al asumir la dirección de la Academia de Guardiamarinas de Cádiz en 1751⁴⁶³. En ese sentido, la influencia que tuvo en los debates sobre el newtonianismo en el Perú resulta nebuloso de dilucidar: de haberse producido, muy probablemente se dio en el ámbito de lo privado, es decir fuera de los claustros (en tertulias o conversaciones) o mediante el obsequio o intercambio de material escrito con sus pares peruanos.

Posterior a la partida de Godin a España, la cátedra de Prima de Matemáticas y el cargo de Cosmógrafo Mayor del Virreinato recayó brevemente en la figura del jesuita checo Juan Rehr (1750-1756). Tras su deceso en 1756, la doble responsabilidad fue asumida por el Cosmógrafo Mayor más emblemático del período colonial en el Perú: el médico aragonés Francisco Antonio Cosme Bueno y Alegre (1711-1798).

Llegado al Perú en 1730, a sus cortos 19 años, ingresó a la Universidad de San Marcos donde en 1750 alcanzó el grado de doctor en medicina y probablemente tuvo contacto con Louis Godin. Siete años más tarde fue nombrado Cosmógrafo Mayor del Reino, con lo que obtuvo la cátedra de Prima de Matemáticas hasta su fallecimiento en 1798, un tiempo donde las ideas ilustradas ya habían penetrado plenamente en los círculos intelectuales limeños. Asimismo, él fue descrito por su principal discípulo y posterior Cosmógrafo Mayor y catedrático de Prima de Matemáticas, Gabriel Moreno, como el “primer prosélito de Newton en el Perú⁴⁶⁴”, afirmación difícil de sostener hoy en día por la presencia previa de Godin, Ulloa y Juan, además de que ninguno de sus escritos apoyan una adherencia clara al sistema newtoniano.

⁴⁶³ De Posada, *Louis Godin (1704-1760)*, 326.

⁴⁶⁴ Moreno, Gabriel, “Elogio del doctor don Cosme Bueno”. En Sánchez, Verónica, *El problema de la ciencia en el Virreinato del Perú, siglo XVIII. Francisco Antonio Cosme Bueno y Alegre. Algunas de sus coincidencias con el mexicano Andrés de Guevara Basoazabal*. Universidad Nacional Autónoma de México, 37.

Pisconte y Katayama⁴⁶⁵, así como Sánchez⁴⁶⁶, sostienen que Bueno fue un representante del eclecticismo científico peruano⁴⁶⁷. En otros términos, se constituyó como un científico que, en lugar de adherirse ciegamente a la modernidad científica o predicar el discurso escolástico tradicional, optó por conciliar ambas posturas dentro de un punto medio que rescatara lo fundamental de ambas. Esto explicaría su cercanía al sistema de Tycho Brahe.

Según el inventario de sus biblioteca particular⁴⁶⁸, se deduce que Bueno fue un prolífico lector y conocedor de la ciencia moderna. Además, resulta innegable su contacto con las posturas newtonianas no sólo por el hecho de presidir el Cosmografiato, sino también por su cercanía con las élites ilustradas del momento como Hipólito Unanue, José Baquijano y Carrillo, y demás miembros de la *Sociedad de Amantes del País*, así como breves menciones en sus libros a Newton y la influencia que ejerció en su discípulo, Gabriel Moreno, un abierto newtoniano. Sin embargo, esto no significa su adscripción necesaria a la filosofía de Newton: primero, porque ninguno de sus escritos así lo demuestran explícitamente y, segundo, porque en ninguna de las Constituciones de San Marcos se enseñaba directamente la física de Newton, incluyendo las elaboradas posterior a la expulsión de la Compañía de Jesús. Por último, si bien es posible que Bueno compartiera algunas ideas newtonianas, es poco probable que lo haya hecho referido a su sistema del mundo.

Este acondicionamiento preliminar facilita la comprensión del derrotero newtoniano en el Perú. Las referencias a Newton previas al extrañamiento jesuita son ambiguas y esotéricas⁴⁶⁹. Las escuelas jesuitas fueron, además del Cosmografiato y la cátedra de Prima de Matemáticas, los principales centros de enseñanza y difusión del conocimiento científico en Perú y España. De hecho, allí donde palidecía la enseñanza de las ciencias, como en los claustros universitarios - ya sea por mediocridad docente o excesiva inasistencia - los colegios regentados por los

⁴⁶⁵ Pisconte, Alan, y Roberto Katayama. "Orígenes de la ciencia moderna en el Perú, tres cosmógrafos coloniales: Juan Rer, Cosme Bueno y Gregorio Paredes". *Escritura y Pensamiento*, 130.

⁴⁶⁶ Sánchez, *El problema de la ciencia en el Virreinato del Perú*, VIII.

⁴⁶⁷ Este rubro se desarrolla más exhaustivamente en el penúltimo acápite del capítulo.

⁴⁶⁸ Una biblioteca que constaba con cerca de dos mil libros según la tasación realizada por Hipólito Unanue tras su deceso. En Cueto, Marcos, "La ciencia en el Perú antes de 1890". En *Excelencia científica en la periferia*, GRADE, 37.

⁴⁶⁹ Según Carlos Pedemonte, prestigioso estudiante del Colegio de San Carlos, antes de la creación del convictorio las matemáticas y la filosofía moderna *había sido cultivada con suceso una y otra por algunos de nuestros Literatos; pero no había pasado los límites de un estudio privado, singular y misterioso*. Mercurio Peruano, Tomo VIII, Núm. 277, 283.

discípulos ignacianos ofrecían un reducto de calidad educativa superior al resto de órdenes religiosas.

Sin embargo, es difícil corroborar a ciencia cierta si los colegios jesuitas llegaron a impartir la física de Newton en los años anteriores a su expulsión. Por un lado, la Segunda Escolástica todavía conservaba un peso considerable en la pedagogía de las escuelas ignacianas⁴⁷⁰, pero, por otro lado, es cierto que sus bibliotecas, en especial la del colegio Máximo de San Pablo, donde se educó parte de la élite intelectual peruana de la Ilustración, como José Baquijano y Carrillo, conservaba colecciones de miles de volúmenes que incluían obras científicas de personajes como Copérnico, Galileo, Bacon e Isaac Newton⁴⁷¹, además del instrumental científico que en ella se poseía. Por tanto, se sugiere que un grupo reducido de sus representantes no se mantenían ignorantes frente al desarrollo de la ciencia moderna europea, aunque esto no signifique una adherencia ideológica. Tan voluminosa fue la biblioteca de San Pablo, que tras el extrañamiento y la posterior confiscación de sus bienes, una parte importante de los libros terminaron por engrosar los estantes de la nueva Biblioteca de San Marcos⁴⁷², mientras que el instrumental pasó al recién inaugurado Convictorio de San Carlos.

Isaac Newton no era un desconocido. Si bien los conocedores de su obra eran pocos y pertenecían a una élite reducida, esto no significa ignorancia o desconocimiento. La única referencia directa a Newton previo al extrañamiento tuvo lugar en un discurso realizado por Juan de Soto dedicado a Marcelino Alzamora en 1765 en la Universidad de San Marcos, donde, según Felipe Barreda, se aceptaban algunas conclusiones newtonianas, aunque sin especificar cuáles⁴⁷³. Por otro lado, también resulta interesante - por lo menos hasta 1767 - el argumento de Katayama que sostiene que los escasos debates en torno a Newton podían deberse a la naturaleza eminentemente práctica de la ciencia peruana. En otras palabras, los modelos planetarios modernos resultaban útiles siempre y cuando sirvieran como base teórica para su aplicación en la náutica, cosmografía, meteorología, etc.⁴⁷⁴. No obstante, esta tesis pierde fuerza en los dos últimos decenios del siglo XVIII, cuando la dirección de los debates

⁴⁷⁰ Salazar Bondy, Augusto, *Aproximación a Unanue y a la Ilustración peruana*. Universidad Nacional Mayor de San Marcos, 29.

⁴⁷¹ Cueto, "La ciencia en el Perú antes de 1890", 36-37. Martín, Luis. "La Biblioteca del colegio de San Pablo (1568-1767), antecedente de la Biblioteca Nacional». *Libros & Artes*, 13-14.

⁴⁷² Guibovich, Pedro: *Lecturas prohibidas. La censura inquisitorial en el Perú tardío colonial*. Fondo Editorial de la PUCP, 88.

⁴⁷³ Devoto, "La educación y el inicio del nuevo tiempo", 137.

⁴⁷⁴ Katayama, "Supuestos y filiaciones filosóficas", 125.

newtonianos tomó un giro que desafiaba la esencia misma de los modelos tradicionales y se orientó hacia una búsqueda de la verdad marcada por la introducción del pensamiento de la Ilustración en el Perú y el regalismo de Carlos III.

La expulsión de la Compañía de Jesús de España y sus posesiones ultramarinas en 1767, insertada en el contexto del regalismo borbónico de Carlos III y sus ministros, socavó la situación educativa colonial del Perú, pues significó el exilio de los maestros y educadores del virreinato y, en consecuencia, la reestructuración del sistema educativo. El extrañamiento significó, de entrada, la desaparición de sus dos principales escuelas en Lima: el Colegio Máximo de San Pablo y el Colegio Real de San Martín. Conscientes de ello, el Virrey Amat (1761-1776), en coordinación con las principales autoridades virreinales del momento⁴⁷⁵ vieron indispensable la creación de una Junta General de Aplicaciones (o Temporalidades) con la finalidad de señalar el destino de las propiedades jesuitas confiscadas⁴⁷⁶. El documento, finalmente puesto en ejecución el 15 de junio de 1770, establecía lo siguiente:

En la Ciudad de los Reyes del Perú, en dos de Mayo de mil setecientos setenta y un años: estando en la Junta formada en cumplimiento de la Real Cédula de su Mag. fecha en Madrid á nueve de Julio del año pasado de mil setecientos sesenta y nueve [...] para proceder á la aplicación y destino de las Casas y Colegios que fueron de los Regulares de la Compañía [...] que por cuanto con el motivo de providenciar los incidentes resultados de la expatriación de dichos Regulares y el destino de sus Casas y Bienes, se ha considerado por su Mag. indispensable proveer sobre la forma de los Estudios Mayores y Menores que se hacían en sus Dominios, y había decaído notablemente por los abusos que practicaban dichos Regulares [...] especialmente en esta Ciudad en que tenían el absoluto gobierno del Colegio de San Martín [...] ocasionando este desorden la decadencia de los Estudios Generales de esta universidad⁴⁷⁷.

De forma casi inmediata, el vacío educativo tuvo que ser suplido tras la expatriación de los discípulos de San Ignacio de Loyola. “Vacío” se tradujo en la posibilidad no sólo de rellenar el espacio dejado, sino en una oportunidad para reformular radicalmente el sistema educativo

⁴⁷⁵ Don Diego Antonio de la Parada, arzobispo de Lima, y don Domingo de Oarrantía, oidor de la Real Audiencia de Lima.

⁴⁷⁶ Devoto, “La educación y el inicio del nuevo tiempo”, 127-129.

⁴⁷⁷ Constituciones de la Universidad de San Marcos de 1771. En Valcárcel, Daniel, *Reforma de San Marcos en la Época de Amat*, 33.

peruano. El resultado de la Junta de Aplicaciones implicó la creación de un nuevo currículo educativo en San Marcos en 1771 y la creación del Real Convictorio de San Carlos sobre las cenizas de las escuelas jesuitas. De esta forma, una oportunidad propiciada *desde arriba* facilitaría, tanto directa como indirectamente, la enseñanza de la filosofía de Isaac Newton.

Después de todo, un hecho parece aterrizar con claridad: la ciencia moderna y la existencia de Newton no fueron ignoradas por las élites científicas peruanas del momento, como lo demuestra la presencia de Godin, las referencias de Cosme Bueno, las bibliotecas de la Compañía de Jesús y las intenciones detrás de la Real Junta de Temporalidades. Sin embargo, se presume que, de forma general, dicho conocimiento no trascendió la lectura esotérica, las tertulias privadas y, probablemente, los principios newtonianos no fueron públicamente expuestos, y no tuvieron cátedras incluso décadas después de la expulsión ignaciana. Esta situación cambiaría drásticamente.

La Ilustración llega al Perú

Abordar el concepto mismo de Ilustración conduciría indefectiblemente a un análisis incompleto. Esto se debe, principalmente, a que la Ilustración tuvo innumerables acepciones que varían desde la experiencia personal de cada ilustrado, a la tendencia que tuvo este movimiento en un determinado país. Por ejemplo, si se emplea el caso de la Francia pre-revolucionaria, los escritos de ilustrados como Voltaire, Rosseau, Montesquieu, D'alembert o Diderot apuntan a una Francia más secularizada y cuestionadora de absolutismo encarnado en la figura del rey. Caso contrario ocurrió en el Virreinato del Perú, territorio donde los saberes ilustrados fueron promovidos por el regalismo de Carlos III y tuvo como *leitmotiv* la acentuación del poder legítimo de los Borbones, al tiempo que nunca se puso en discusión la primacía del orden católico sobre la sociedad.

Discutir la introducción del pensamiento ilustrado en el Perú nos conduce necesariamente a la influencia cultural de España a través del retorno de criollos y la llegada de peninsulares y extranjeros provenientes de Europa junto con una gran variedad de libros de, en algunas ocasiones, dudosa ortodoxia⁴⁷⁸. En el Perú, el tipo de Ilustración que predominó en los círculos

⁴⁷⁸ Véase el libro de Guibovich, *Lecturas prohibidas*, 221. En dicho libro, el autor pone el cuestionamiento de que el advenimiento de las corrientes ilustradas en el Perú fueron esencialmente una promoción regalista por parte de la Corona, sino de una iniciativa individual-colectiva de peruanos, peninsulares y extranjeros por acceder a diversos libros.

intelectuales fue uno de corte *modernizante* del tipo que buscaba el progreso general de la sociedad, aunque en absoluto fue un movimiento radical, en el sentido que buscaba la independencia del poder monárquico o la reducción del papel de la religión al interior de la sociedad. Según Verónica Sánchez, la Ilustración que se presentó en el Perú (y, en gran medida, en todo el mundo Hispano) fue moderada, puesto que en lugar de romper con los principios religiosos, buscaba reformar la doctrina sin cuestionar la fe católica⁴⁷⁹.

En consonancia con esto, una de las características más peculiares de esta corriente filosófica en el Perú fue lo que la historiografía ha denominado como “Ilustración Católica”, que de la pluma de personajes como Toribio Rodríguez de Mendoza, Diego Cisneros, Francisco Romero o Isidoro de Celis, proponía una crítica severa a la tradición barroca y a las supersticiones populares, al tiempo que conciliaba fe y razón⁴⁸⁰. Además, era receptiva frente a la ciencia moderna y tuvo en la educación y la prensa escrita un espacio donde difundir este pensamiento. En este punto reside un hecho fundamental de la Ilustración en el Perú: en el ámbito de lo científico, la práctica, la experimentación y la enseñanza de los sistemas cosmológicos modernos (incluyendo el newtonianismo), representaron la *epítome* de una ideología que defendía los postulados científicos modernos a plenitud, en conflicto con la escolástica, al tiempo que no cuestionaba la fe y los dogmas católicos, en un contexto en el que la ciencia se constituía como la base para el progreso de las naciones.

En este punto toca preguntarse: ¿quiénes fueron los representantes de esta Ilustración peruana particularmente orientada hacia la ciencia moderna? En definitiva, en cuanto al origen de estos ilustrados, resalta la pluralidad de procedencia geográfica. Por un lado, destacaron los criollos limeños de raigambre aristocrática como el abogado José Baquíjano y Carrillo, quien fue catedrático de Derecho en la Universidad de San Marcos, miembro fundador de la *Sociedad de Amantes del País*, redactor del *Mercurio Peruano* y hombre importante dentro de la política colonial. Adicionalmente, importante mención de criollos de origen provincial como el célebre médico ariqueño Hipólito Unanue - redactor del *Mercurio Peruano* e importante miembro de la *Sociedad de Amantes del País* - catedrático de medicina de San Marcos y fundador del Teatro Anatómico, así como el clérigo chachapoyano y rector del Real Convictorio de San Carlos, Toribio Rodríguez de Mendoza; ejercieron una importancia destacada en torno a la apropiación

⁴⁷⁹ Sánchez, *El problema de la ciencia en el Virreinato del Perú*, I

⁴⁸⁰ De la Puente, José, “El Mercurio Peruano y la religión”. *AHlg*, 137-142.

de Newton y la ciencia moderna en el Perú con su marcado antiescolasticismo y antiaristotelismo⁴⁸¹.

Sin embargo, resulta innegable la influencia de extranjeros en el seno de la comunidad letrada del Perú, en concreto en torno a su participación activa en los debates newtonianos. De origen peninsular, el fraile de la orden de San Camilo, Isidoro de Celis, rector del colegio de Santa María de la Buena Muerte constituye una figura esencial como promotor de la física newtoniana en el Perú. Igualmente, el jerónimo Diego Cisneros fue una figura clave en la circulación de material libresco durante el periodo estudiado, así como el oidor de la Audiencia de Lima, Ambrosio Cerdán y Montero, presidente de la *Sociedad de Amantes del País* de 1793 a 1794. Tampoco se puede omitir la figura de Cosme Bueno, a pesar de que el auge de la polémica newtoniana transcurrió en un periodo cuando el aragonés contaba con una edad bastante avanzada y fue protagonizado por generaciones nuevas.

Finalmente, de la escena extranjera destacaron, en una primera instancia, el italiano Joseph Rossi y Rubí, fundador de la *Sociedad de Amantes del País* y promotor principal del *Mercurio Peruano*. Del mismo modo, el químico francés Joseph Coquette ejerció una influencia preponderante a partir de 1793 por medio de escritos científicos de profunda indagación en el *Mercurio Peruano*. Ninguno puso en tela de juicio (al menos públicamente) los postulados católicos.

Estos autores, en líneas generales, fueron los responsables de introducir las discusiones científicas ilustradas en el Virreinato del Perú en relación a Newton, no sin objeciones por parte de ciertos sectores, así como la búsqueda ecléctica por parte de otros y de ellos mismos. Estos debates tuvieron como campo de batalla dos terrenos en concreto: la prensa y la educación.

La Ilustración, como se ha mencionado, tenía como fundamento modernizar la sociedad con el propósito de lograr el progreso y la felicidad social mediante la proliferación de las ciencias. En el Perú, uno de los vehículos para la consecución de este propósito fue la educación, tanto en la etapa colegial como universitaria. Este terreno constituyó uno de los más destacados para obtención de dicho fin, pues los estudiantes iban a ser, eventualmente, los hacedores del futuro, y el ámbito educativo representaba el espacio ideal para la imposición ideológica de ese

⁴⁸¹ De la Puente, José, "El Mercurio Peruano y la religión". *AHlg*, 147.

objetivo. Ahí donde antes de la expulsión de los jesuitas predominaba la educación escolástica con escasa aplicación práctica, el desgobierno y la inasistencia en las universidades⁴⁸², se buscó reformar todo casi desde cero por medio de nuevas constituciones, la creación de nuevos colegios y una preferencia por las matemáticas y la ciencia. Según el virrey Guirior (1776-1780):

Para que éste [en referencia al Real Convictorio de San Carlos] se acreciente en ellos y en los demas con generalidad, cual conviene á la causa pública, no excusaré apuntar á V. E. [Virrey Jáuregui] lo mucho que importaria llevar á ejecucion el designio de que se cultiven con especial empeño las ciencias matemáticas y la filosofía, así experimental como química, á fin de que difundiesen sus útiles conocimientos, é ilustrados de ellos los ánimos que han de regir los pueblos de este reino⁴⁸³ [...]

Sin embargo, el espíritu reformista no se tradujo necesariamente en cambios sustanciales en la educación peruana, puesto que, en algunos centros, especialmente en San Marcos, las fuerzas conservadoras actuaron de forma contraria al cambio y optaron por la enseñanza tradicional por motivos que se analizan más adelante.

El segundo terreno de intervención de la ciencia moderna de corte newtoniana en el Perú tuvo en la prensa escrita un espacio inédito de discusión y debate. El auge de la prensa escrita peruana se dio en la última década del siglo XVIII, específicamente entre los años 1790 y 1795. Similar al caso español, la Ilustración en el Perú tuvo un fuerte impulso por medio de la creación de “sociedades económicas” tomando como modelo a la *Real Sociedad Vascongada de Amigos de País* de España. En el Perú, la fundación de la primera sociedad de este estilo fue la *Academia Filarmónica* en 1787, que posteriormente transmutó en la *Sociedad de Amantes del País* bajo el influjo del italiano Joseph Rossi Rubi, y que tuvo, como razón de ser, la edición del *Mercurio Peruano de historia, literatura y noticias públicas* (1791-1795), el periódico de mayor trascendencia histórica. La publicación del *Mercurio Peruano* se hacía en formato bisemanal mediante el empleo de seudónimos griegos por parte de los redactores (al menos

⁴⁸² Espinoza, Grover. “La reforma de la educación superior en Lima: el caso del Real Convictorio de San Carlos”. En *El Perú en el siglo XVIII. La Era Borbónica*. Fondo Editorial de la Pontificia Universidad Católica del Perú, 240

⁴⁸³ *Relación que hace el Exmo. Sr. D. Manuel de Guirior, virrey que fué de estos reinos del Perú y Chile, á su sucesor el Exmo. Sr. D. Agustín de Jáuregui, desde 17 de julio de 1776 hasta 20 del mismo de 1780*, 17.

durante los primeros volúmenes) y gozaba de suscriptores no solo de Lima, sino también de otras partes del Virreinato, de Nueva Granada, Cuba, México y España. En el primer número del periódico (diferente al *Prospecto* que circulaba desde finales de 1790) con fecha de 2 de enero de 1791 titulado *Idea General del Perú*, redactado por Rossi y Rubí se señala que *el principal objeto de este Papel Periodico, segun el anuncio que se anticipó en su Prospecto, es hacer mas conocido el País que habitamos, este Pais contra el qual los Autores extrangeros han publicado tantos paralogismo*⁴⁸⁴. Diferentes ramas del conocimiento coadyuvaron para el mayor conocimiento del país y de sus habitantes: Historia Natural, geografía, comercio, química, medicina, noticias públicas, agricultura, asuntos eclesiásticos, poesía y, para propósito de esta investigación, un énfasis en física y educación.

Si bien fue el más trascendental, el *Mercurio Peruano* no fue el único proyecto periodístico. El *Semanario Crítico* editado por el franciscano Pablo Olavarrieta, en razón de su arribo al Virreinato del Perú, tuvo una duración de 5 meses (junio, julio, agosto septiembre y octubre) a lo largo de 1791 y coexistió de forma conflictiva con el *Mercurio Peruano*. Este semanario se abocó a cumplir un *papel crítico sobre la educación, costumbres públicas, Poesía teatral y otras diferentes materias*⁴⁸⁵. Otra empresa periodística de relevancia fue el proyecto personal de otro español, Jaime Bausate y Mesa (seudónimo de Francisco Antonio Cabello y Mesa) titulado el *Diario de Lima (1790-1793) curioso, erudito, económico y comercial*. Esta empresa careció de pretensiones ilustradas y se centró en el entretenimiento solaz⁴⁸⁶, aunque sí abordó tangencialmente temas vinculados con la educación. Por último, no se puede ignorar la *Gaceta de Lima*, que, si bien gozó de varios momentos de edición, coexistió con el *Mercurio Peruano* entre los años 1793-1795. Este periódico fue el órgano oficial del gobierno virreinal y tuvo entre sus redactores el encargo de publicaciones preponderantemente dirigidas a explicar los acontecimientos bélicos que involucraban al Imperio Español y desdeñar de los hechos ocurridos en Francia por motivo de la revolución.

El proyecto ilustrado en el Perú tuvo, como se ha podido observar, dos terrenos principales de difusión y debate: la prensa escrita y la educación. Asimismo, los protagonistas, a pesar de compartir raíces sociales no tan diversas, tuvieron orígenes disímiles: criollos limeños,

⁴⁸⁴ MP, *Idea General del Perú*, volumen 1, 1.

⁴⁸⁵ *Semanario Crítico*, número 1, 3.

⁴⁸⁶ Ojeda, Rafael. "El *Mercurio Peruano* del siglo XVIII: La Sociedad de Amantes del País y la prensa de la Ilustración". *Variedades en Comunicación*, 62.

intelectuales de provincia, sacerdotes, frailes, peninsulares y extranjeros. Sin embargo, un último elemento fue causal del grado extensivo de la promoción del pensamiento ilustrado y su rama científica en territorio americano: el regalismo de Carlos III inserto en el contexto de las Reformas Borbónicas. Con él, Isaac Newton gozaría de un aval *desde arriba* para justificar su inclusión tanto en los debates suscitados en los periódicos como en los planes de estudio de colegios y universidades.

Regalismo borbónico de Carlos III y sus funcionarios

El regalismo borbónico, como se vio en la reforma de los planes de estudio en la universidad española, tuvo una impronta *sui generis* con la llegada al trono de Carlos III: su radicalización, especialmente evidente con la expulsión de la Compañía de Jesús en 1767. La reafirmación del regalismo de Carlos III se inserta dentro del concepto histórico de “despotismo ilustrado”, cuya principal finalidad residía en incrementar la felicidad pública general del país (en gran medida, a través de la difusión del conocimiento científico de utilidad práctica) e insertar a la nación española y a sus colonias dentro de la línea de progreso, por medio de un segundo propósito: la reducción del poder temporal de la Iglesia (con énfasis en el clero regular) y, con ello, el fortalecimiento de la figura del monarca, aunque sin poner en tela de juicio el dogma católico o el régimen estamental⁴⁸⁷. Despotismo ilustrado entendido, entonces, como una ideología estatal basada en el sometimiento de la institución eclesiástica al poder real con la finalidad de “ilustrar” a la nación mediante las ciencias para alcanzar la máxima felicidad pública.

Según Víctor Peralta Ruiz, la implantación del despotismo ilustrado de corte regalista de Carlos III en el Perú ocurrió bajo el mandato del virrey Amat y Junient (1761-1776)⁴⁸⁸, periodo que coincide con la expulsión de los jesuitas, la sujeción del Santo Oficio a la autoridad real y las reformas educativas de San Marcos y el Convictorio de San Carlos. Este fortalecimiento del regalismo se ve reforzado en las palabras del virrey en sus memorias de gobierno: *No dudando*

⁴⁸⁷ Padilla, Bruno. “Enfrentando al “autoritarismo” ilustrado. Resistencias a la reforma educativa en el Convictorio de San Carlos (1771-1817)”. En *El Real Convictorio de San Carlos y la difusión de las ideas de libertad*. Fondo Editorial de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, 95

⁴⁸⁸ Peralta, Víctor. “Las razones de la fe. La Iglesia y la Ilustración en el Perú 1750-1800”. En *El Perú en el siglo XVIII. La Era Borbónica*, 177-204. Fondo Editorial de la Pontificia Universidad Católica del Perú, 177.

*persona que la soberana regalía de Patronos en todo lo eclesiástico de que gozan nuestros monarcas en las Indias sea una de las mas preciosas piedras que adornan su corona [...]*⁴⁸⁹.

A pesar de que en el mundo hispano la promoción de la ciencia moderna tuvo en el regalismo diversos campos de difusión, como las expediciones científicas, la prensa escrita, las academias y las sociedades económicas de amigos del país, el terreno principal de disputa por imponer esta doctrina en el Virreinato del Perú, fue la educación, en específico la universidad, donde anteriormente las órdenes religiosas (no únicamente los jesuitas) gozaban de un altísimo grado de autogobierno y autonomía. Por tanto, la difusión de los conocimientos científicos modernos pasaba indefectiblemente por una reforma educativa que reemplazara la enseñanza escasamente útil (en términos prácticos) de la tradición escolástica mediante la acción directa del Estado. Reformar la educación no fue tanto una exigencia pedagógica como un impulso ideológico por parte de sus promotores⁴⁹⁰. El derrotero newtoniano en Perú, en consecuencia, no se puede desligar de esta nueva ideología imperial.

La expulsión de la Compañía de Jesús en 1767 representó el momento propicio para la instauración de las reformas universitarias, aprovechando el vacío de poder dejado en la educación. En 1771 se pone en ejecución el contenido de la Junta General de Temporalidades, donde destaca lo concerniente a la educación. Se fragua un nuevo plan de estudios en San Marcos y en el recién creado Convictorio de San Carlos directamente impuesto por la autoridad regalista: el virrey Amat (1761-1776), en conjunto con el arzobispo de Lima y un oidor de la Real Audiencia de Lima, siguiendo la experiencia del conde de Aranda y Campomanes en Salamanca, Alcalá y Valladolid. Las Constituciones de 1771 fueron las primeras no sólo en introducir un plan de estudios que indicara los textos que debían ser incorporados obligatoriamente como parte de la malla curricular, sino también las primeras en ser implementadas directamente por la autoridad civil y sin consulta previa a los catedráticos, lo que generó un rechazo por parte de las órdenes religiosas que tradicionalmente gozaban de un fuerte grado de autonomía y autogobierno en los fueros universitarios. Es decir, el plan de estudios no solo atacaba el contenido de los cursos, sino la potestad de los catedráticos de decidir por ellos mismos.

⁴⁸⁹ *La Relación del Virrey Amat*, Título II (Real Patronato), 351.

⁴⁹⁰ Valle, Fernando. "Ilustración, Modernidad y reformas educativas borbónicas: consideraciones a partir de los planes de estudio del Real Colegio de San Carlos de Lima". *Revista Electrónica de Anphlac*, 60.

Pese a todo, las Constituciones de 1771 no fueron del todo ilustradas. De hecho, su contenido estaba más cerca de un conservadurismo moderado que a los ideales más progresistas de un sector reducido de la élite criolla, aunque de ningún modo se le puede definir abiertamente conservadoras o una extensión de la escolástica tradicional⁴⁹¹. La física propuesta por el plan de estudios fue de corte pre-newtoniana basadas en las propuestas del abad la Caylle y el Padre Gallo Cartier⁴⁹² que no incluían el cálculo infinitesimal.

Una propuesta verdaderamente ilustrada tuvo lugar dieciséis años después en el Real Convictorio de San Carlos por obra del clérigo secular y rector Toribio Rodríguez de Mendoza, con la ayuda del vicerrector, Mariano Rivero y Aranibar y el guayaquileño José Ignacio Moreno. La particularidad de este plan de estudios yacía en la propuesta personal del rector: a diferencia de la experiencia sanmarquina, él fue directamente escogido por el poder regalista para llevar a cabo la reforma, es decir, el virrey Teodoro Croix (1784-1790). En palabras de su sucesor, Francisco Gil de Taboada: *El Convictorio de San Carlos, formado promiscuamente de la supresion del de San Martin, de quien cuidadan los Regulares expatriados, y del Real y mayor de San Felipe, con arreglo á lo dispuesto por S.M. en Real cédula de 14 de enero de 1768, y Real orden de 25 de octubre del mismo, corren inmediately bajo del auspicio del Real Patronato*⁴⁹³. Si bien el rector contaba con libertad de elección del contenido curricular, al ser este permitido por el poder regalista, debía estar orientado a la ideología que emanaba desde el trono español.

De esta manera, se erigió un plan de estudios que en filosofía optó por la física newtoniana en rechazo a la escolástica, pues esta se sostenía en *principios incontestables*⁴⁹⁴, en lugar de detenerse en meras disquisiciones metafísicas. Sin embargo, la obra de Newton no se estudió directamente, sino a través de libros de textos que facilitaban su entendimiento, el cual se optó por la obra de Pedro Van Musschenbroeck por ser de mayor gusto del rector⁴⁹⁵. Este plan de

⁴⁹¹ Valle, Fernando. "Teología, filosofía y derecho en el Perú del XVIII: dos reformas ilustradas en el Colegio de San Carlos de Lima (1771 y 1787)". *Revista Teológica Limense*, 49.

⁴⁹² Constituciones de 1771, *Filosofía*.

⁴⁹³ *Relación de gobierno del Exmo. Señor Virrey del Perú, Frey Don Francisco Gil de Taboada y Lemos, presentada á su sucesor el Exmo. Señor baron de Vallenari. Año 1796*, 54.

⁴⁹⁴ Rodríguez de Mendoza, Toribio. *Plan de Estudios*, 76. En Vargas Ugarte, Rubén. *El Real Convictorio carolino y sus dos luminaires*, 1970.

⁴⁹⁵ Las fuentes no precisan la obra del autor, pero se sugiere *Physicae Experimentales et Geometricae dissertationes* (1755) por su contenido en latín y el abordaje del sistema de las atracciones (gravitación universal).

estudios, a diferencia del de 1771, fue exitosamente puesto en ejecución en el convictorio gracias al actuar de Toribio Rodríguez de Mendoza, un hombre directamente aplicado a la pedagogía, y también debido al aval regalista de la Corona que le permitía saltarse las eventuales resistencias de un sector más conservador y tradicionalista como ocurrió en la universidad. El poder central, por tanto, fue necesario para poner en práctica la reforma de 1787, pero no condición necesaria en cuanto hubo una persona capaz y comprometida en ejecutarla. Conforme a la experiencia carolina, fue gracias a la alianza entre el regalismo y la élite ilustrada, que la física newtoniana pudo penetrar en los claustros limeños.

Como se puede deducir, las resistencias al regalismo borbónico de Carlos III no tardaron en hacerse sentir. De hecho, el programa reformista de los Borbones, cuando se enfrentó a fuerzas sociales y políticas que veían sus fueros e intereses amenazados, los resultados no siempre fueron los esperados y, en algunas ocasiones, terminaron fracasando. Este germen despótico se puede ilustrar en palabras del Virrey Amat (1761-1776) en sus memorias cuando refiriéndose a los planes de 1771 declaró: *Pero en lo que mas sobre todo debe ponerse cuanto esmero sea posible, es en mandar guardar y cumplir literalmente y sin interpretacion las constituciones*⁴⁹⁶[...] Indudablemente, el actuar de Amat implicaba imponer un “segundo pacto colonial”, en desconsideración de quiénes históricamente gozaban de mayor libertad. La sátira burlesca *Drama de los Palanganas Veterano y Bisoño*, publicado después de la partida del virrey Amat (1761-1776) por unos de los catedráticos de San Marcos, Francisco Ruiz Cano, (marqués de Soto Florido) se inserta justamente en este contexto de imposición del poder regalista sobre la costumbre. Las disputas por el poder en los claustros universitarios fueron, simplemente, una extensión de las pugnas por el poder general en el Perú borbónico⁴⁹⁷.

Según Peralta Ruiz, había sido la Compañía de Jesús la organización que opuso las mayores resistencias al Real Patronato en América⁴⁹⁸. Tras el extrañamiento, si bien este férreo obstáculo había perdido gran parte de su poder, estas no desaparecieron completamente, sobre todo entre los miembros del clero regular. Por ejemplo, en 1780, según Pedro Guibovich, en San Marcos continuaba enseñándose la física de Aristóteles, pese a los cambios que debieron ser introducidos con las constituciones de 1771⁴⁹⁹. Este grupo de catedráticos conservadores

⁴⁹⁶ *Relación de gobierno del Virrey Amat*, 478.

⁴⁹⁷ Devoto, “La educación y el inicio del nuevo tiempo”, 102.

⁴⁹⁸ Peralta, “Las razones de la fe”, 179.

⁴⁹⁹ Guibovich, “Alcances y límites de un proyecto ilustrado”, 51.

en San Marcos argumentaban que los nuevos planes de estudios habían generado confusión; exigían también el retorno a las antiguas constituciones, pues con estas eran libres de disponer de los autores que deseaban enseñar (o, quizás, los únicos que entendían o conocían) y no dudaron en recurrir al Santo Oficio o a bloquear el ascenso de catedráticos más jóvenes y progresistas cuando la oportunidad se presentaba⁵⁰⁰.

Un caso paradigmático de conflicto entre los sectores progresistas y conservadores en San Marcos ocurrió en el contexto de las elecciones para el nuevo rector en el año 1783. Por un lado, se presentaba un joven aristócrata limeño que había estudiado en España donde entró en contacto con las corrientes ilustradas europeas, José Baquíjano y Carrillo, y, por el otro, el eclesiástico José Miguel Villalta, quien representaba al grupo de catedráticos conservadores que temían ver sus privilegios disminuidos. Según José de la Riva Agüero, Baquíjano y Carrillo planteaba un cambio radical en las cátedras de San Marcos. En física y matemáticas proponía el sistema newtoniano en reemplazo de Aristóteles y la escolástica⁵⁰¹. El resultado dio con el triunfo de Villalta en un proceso plagado de irregularidades, lo que devino en un segundo proceso al año siguiente, que dio con la victoria del arcediano Francisco de Tagle y Bracho y la derrota del aristócrata limeño⁵⁰². Con un rector tradicionalista asentado de forma definitiva en San Marcos en 1787, no es de extrañar que a mediados del año siguiente se declararan anuladas las constituciones de 1771 que, si bien nunca fueron aplicadas, ahora fueron desechadas en su totalidad. La reforma educativa del regalismo en San Marcos había fracasado por incluir en él el autoritarismo característico del despotismo ilustrado.

De esta forma, la introducción de la física newtoniana en San Marcos se vio bloqueada por un sector conservador que veía amenazados sus fueros tradicionales. En ese sentido, las razones del rechazo fueron esencialmente dos. Por un lado, por motivos políticos: Newton pretendía erigirse en San Marcos de forma impositiva. Esto generó la oposición de los conservadores por incluir en Newton el virus del despotismo. Sin embargo, es posible detectar un rechazo a su filosofía misma en tanto los catedráticos de filosofía seguían enseñando a Aristóteles, opuesto este último diametralmente a la física newtoniana. De esto, se pueden inferir tres razones para explicar la renuencia de los regentes de filosofía en exponer las ideas de Newton: necesidad frente a la actualización de sus conocimientos, la incompreensión de la filosofía de Newton por

⁵⁰⁰ Padilla, "Enfrentando al autoritarismo ilustrado", 114.

⁵⁰¹ En Valle, "Teología, filosofía y derecho en el Perú del XVIII", 57.

⁵⁰² Guibovich, "Alcances y límites de un proyecto ilustrado", 52.

incluir el cálculo infinitesimal, y un desacuerdo ontológico con su contenido por desafiar casi dos mil años de filosofía que, además, gozaba del soporte de las Sagradas Escrituras. Esta situación se complejiza aún más considerando que en aquel momento Cosme Bueno era catedrático de Prima de Matemáticas en San Marcos (imposible considerarlo como parte del sector tradicionalista) y Gabriel Moreno, pasante en matemáticas (este último abiertamente newtoniano)⁵⁰³.

De este modo, dentro del ambiente universitario las disputas en torno a la introducción de la física de Newton tuvieron un correlato político en razón del despotismo ilustrado, lo que significó su fracaso en San Marcos dado los resultados de las elecciones de 1783 y 1784, y la anulación de las constituciones de 1771 en 1788, así como su éxito en San Carlos por depender directamente de la autoridad regalista. Sin embargo, tampoco se puede desestimar el debate filosófico en sí mismo: Newton tuvo adeptos y detractores en el Perú, que en razón de su ideología (ilustrada o pre-ilustrada) lo defendieron o impugnaron.

Contexto general sobre la introducción de la física de Newton en el Perú

En el Perú del último tercio del siglo XVIII se pueden señalar tres espacios de inserción institucional de la física newtoniana: el Cosmografiato, donde principalmente se *hace* ciencia moderna y cuya impronta newtoniana fue más evidente con la asunción de Gabriel Moreno (1799-1809). En segundo lugar, los colegios y universidades donde se *enseña* la física según Newton con la finalidad de transmitir el verdadero sistema del mundo. Por último, se encuentra la prensa escrita, lugar de *difusión* de la ciencia newtoniana orientada a ilustrar a la sociedad con los nuevos modelos cosmológicos.

A finales del siglo XVIII los ilustrados españoles, tanto americanos como peninsulares, eran plenamente conscientes del atraso hispano en materia científica, en comparación con las naciones del centro y norte de Europa occidental. Este deseo por superar el letargo fue concebido por los miembros de la Sociedad Amantes del País. Joseph Pérez Calama, obispo de la ciudad de Quito y reconocido prelado ilustrado que propuso el establecimiento de un novedoso plan de estudios en la Universidad de Santo Tomás de Quito y la creación de una Sociedad Económica de Amigos del País en la misma ciudad, declaraba lo siguiente:

⁵⁰³ Seiner, Lizardo. "La Historia de la Ciencia en el Perú: Meteorología y Sociedad, siglos XVIII-XIX". Maestría, PUCP, 147.

Hace mas de 20. años, que el Supremo Consejo de Castilla trabaja incesantemente en mejorar los Estudios de la Nacion. Con este fin se han escrito excelentes tratados, y nuevos métodos particularmente para la Filosofía, que despejándola de muchas questões abstractas que no eran necesarias, se le hán añadido los elementos mas precisos de Matemáticas y Física experimental⁵⁰⁴.

De lo anterior se puede inferir las siguientes conclusiones. En primer lugar, con *Filosofía* el autor alude al concepto que tenemos de ciencia en tiempos modernos, pero para la época eran sinónimos. Esta filosofía pretendía ser de aplicación práctica, en el sentido que se buscaba *mejorar los Estudios de la Nación*, entendiéndose esto como una receta para alcanzar la felicidad pública. Para lograr esto, se hace imperativo eliminar las cuestiones abstractas de la física, es decir, la metafísica y la escolástica tradicional, y sustituirla por una nueva filosofía sustentada en el método experimental y las matemáticas. El método matemático, en consecuencia, se convierte en la herramienta más efectiva para conseguir el progreso de la nación y, con ello, solucionar el atraso. Razonamiento similar proviene del agonizante y socio académico de la *Sociedad de Amantes del País* y reconocido botánico, Francisco González Laguna: *Este mortal atraso [...] para hacer ver á nuestra Patria la importancia suma de la Ciencia, de los Entes, ó Historia natural [...] Concluir en fin con indicar quanto conducirá para adelantarlas, que en nuestros Colegios y Universidades se añadiese á la Física este estudio⁵⁰⁵.*

En realidad, son numerosos los artículos publicados en el *Mercurio Peruano* que abordan temáticas de orientación científica. Según Clement, son más del 25% de los números del *Mercurio Peruano* que abordan de temas vinculados a las ciencias, de los cuales alrededor de un 3% se focalizan estrictamente en temas relativos a la física en el sentido contemporáneo del término⁵⁰⁶. Siguiendo este hilo, la introducción de Newton en el Perú se inserta en una época donde los vaticinios astrológicos, la aparición de monstruosidades o de ciertos fenómenos atmosféricos empiezan a perder validez como fundamento para explicar el surgimiento de desastres. El pensamiento científico de mentes como Baquijano y Carrillo, Rossi y Rubí o

⁵⁰⁴ MP, Volumen II, 130.

⁵⁰⁵ MP, volumen X, 31.

⁵⁰⁶ Clément, Jean-Pierre. *Índices del Mercurio Peruano 1790 - 1795*. Iberoamericana, 17-25.

Unanue marcó un deslinde entre la correlación de estos fenómenos con su hipotética causalidad, para dar explicación a los acontecimientos nefastos que acaecían en el Perú.

En “Meteorología: Observación de un temblor en la Villa de Pasco”, Rossi y Rubí argumentaba que... *Pero no hablo de aquí de esos vaticinios, ó sueños astrológicos, indicios de poco adelantamiento de los Reynos en las ciencias verdaderas que miran los tiempos remotos, sino del conocimiento de las mutaciones de la atmósfera, y superficie de la tierra que preceden á sus temblores*⁵⁰⁷.

Una forma de pensar similar se observa en “Meteorología, Observación de un globo de fuego” por parte de Unanue: *Algunos han reputado estos Globos no sin fundamento por anuncio de temblores [...] No obstante recorriendo con atención la historia de las apariciones de los Globos igneos que ha habido en diversos tiempos, se conoce que sus presagios son tan equívocos como los resto de meteoros, á quien la antigüedad atribuía las producciones de las pestes y demas calamidades que oprimen al género humano*⁵⁰⁸.

Argumento similar respecto a los “monstruos”: *La observacion y el estudio de la buena física han disipado ya estas sandeces y quimeras. Los Monstruos, lejos de ser mirados en el siglo ilustrado en que vivimos como unos presagios sobrenaturales de los torbellinos que alteran la tranquilidad del Globo terrestre, se reputan por unos juegos y caprichos con que la Naturaleza sorprende al que la contempla*⁵⁰⁹.

Ahora, un último ejemplo de la pluma del abogado Baquijano y Carrillo: *El Astrólogo insensato contemplaría á la Luna, como causa de un gran número de fenómenos que no ha podido producir; y el Físico ignorante temería la aparición de los cometas, la presencia de la canícula, y el influxo de los astros. Los mismos sabios apoyando las cualidades ocultas para explicar lo que no podían comprender*⁵¹⁰.

De las citas se desprende una lógica científicista que apunta a que solo la experiencia, la observación y las matemáticas pueden ofrecer verdades irrefutables, y ya no los vaticinios

⁵⁰⁷ MP, volumen III, 240.

⁵⁰⁸ MP, volumen V, 15.

⁵⁰⁹ MP, volumen IV, 187.

⁵¹⁰ MP, volumen III, 249.

astrológicos como décadas atrás. Estas loas al papel que las ciencias y las matemáticas deben servir para “ilustrar a la población” y, por tanto, promover el progreso del imperio. Sin embargo, estas no terminan en su *difusión* por medio de la prensa, sino mediante su *enseñanza* en los colegios y universidades, como proponía González Laguna. Por ejemplo, ya en la década de 1780 existían dos colegios en Lima que enseñaban la física de Newton: el de Santa María de la Buena Muerte, regentado por el fraile Camilo Isidoro de Celis, y el Colegio de San Ildefonso de los agustinos, donde “eligen con variedad [los textos de filosofía] de los que se han escrito sobre los sistemas de Descartes y Newton”⁵¹¹.

Los planes de estudios de San Marcos y San Carlos de 1771, de forma muy discreta o casi nula y el del convictorio bajo el rectorado de Rodríguez de Mendoza, con mucha mayor notoriedad, se insertan en este momento de penetración de la física newtoniana en los espacios intelectuales del Virreinato del Perú. Las Constituciones de 1771 incluían los estudios de la física general y la física particular como parte de la asignatura de Filosofía, los cuales debían ser dictados con posterioridad a la Historia de la Filosofía y la Lógica. Como se mencionó, los textos de Gallo Cartier y el Abad La Caylle fueron los señalados para la enseñanza de la física. Estos fueron duramente criticados por Toribio Rodríguez de Mendoza por no estar matemáticamente fundados para el estudio de la asignatura⁵¹². Asimismo, los profesores de física, como indicaba el *Plan de Estudios*, debían acompañar sus explicaciones con experimentos⁵¹³. No obstante, debido al fracaso del plan, es muy probable que nunca se hayan puesto en práctica.

¿Cómo se presentaron las novedades newtonianas en los Planes del convictorio carolino durante el rectorado del Rodríguez de Mendoza? Su plan de estudios contemplaba la enseñanza de la filosofía de la siguiente manera: primero, historia de la filosofía, seguido de lógica, ontología, prolegómenos indispensables para la física (aritmética, álgebra, geometría,

⁵¹¹ Valcárcel, *Reforma de San Marcos en la Época de Amat*, 14. Del plan de estudios de Isidoro de Celis se ofrece más información en los siguientes acápite, pero respecto al colegio de San Ildefonso solo contamos con la referencia de Valcárcel y En MP, volumen III, 205.

⁵¹² En cuanto a la física general del Padre Gallo Cartier, Rodríguez de Mendoza señala que *No habla una palabra de reglas de movimiento* (alusión directa a Newton) y *aunque de estática trae algunos elementos, es muy ligeramente*. Respecto a la física particular, *El abate La Caille es precioso y aunque inútil para el Cartier por no usar el cálculo* (segunda referencia a Newton), ha sido útil para dar a conocer esta verdadera ciencia. *Plan de Estudios de 1787, Filosofía*. En Vargas Ugarte, Rubén. *El Real Convictorio carolino y sus dos luminaires*, 73.

⁵¹³ Constituciones de 1771. En Valcárcel, *Reforma de San Marcos en la Época de Amat*, 38-40.

trigonometría, secciones cónica y cálculo infinitesimal), para aterrizar finalmente en el estudio de la física⁵¹⁴. ¿Qué física se debía seguir?

“Siempre ha sido reprehensible el espíritu de partido. En nada es tan perjudicial la parcialidad como en la física, porque la naturaleza nunca se ha de acomodar a las ideas de los filósofos y por lo mismo los filósofos es preciso que acomoden sus ideas a la naturaleza. El ser cartesiano o gassendista se hace tan notable como el ser aristotélico. [...] Pero pregunto ¿diremos lo mismo de los newtonianos? Juzgo que hay mucha diferencia. El sistema del sabio inglés no está fundado como los demás en hipótesis arbitrarias sino en principios incontestables: diariamente ha sido confirmado por la experiencia y será hallado todo conforme a las observaciones hechas antes y después de él. Por eso Diderot y d'Alembert, lo miraron como verdadero y demostrado y todos los sabios de Europa se han declarado por su partido. El matrimonio con vínculo indisoluble con las matemáticas y tan conforme a la demostración y al cálculo le da un realce tan sublime que lo pone a cubierto de la sospecha de falsedad o principio.”⁵¹⁵

No es deseo nuestro profundizar en el vasto contenido filosófico de este fragmento - el cual es analizado a mayor detalle en el acápite 6 - sino enfatizar en el hecho que para 1787 Newton había penetrado en, como mínimo, dos colegios y un colegio mayor de Lima. El tratamiento que Rodríguez de Mendoza le otorga es uno de sumo privilegio: incapaz de convertirse en espíritu de partido, Isaac Newton se eleva como el digno filósofo a ser estudiado por estar empíricamente validado y fundarse en principios matemáticos.

Los sectarios de Gassendi y Descartes son igualmente perjudiciales para la verdadera filosofía que Aristóteles, según Rodríguez de Mendoza. Sin embargo, fueron escasos los intelectuales en el Perú que abrazaron abiertamente las doctrinas de Gassendi y Descartes. Pero Aristóteles era ampliamente conocido. El contexto de la introducción de Newton en el Perú se inserta en un debate complejo entre lo antiguo y lo moderno⁵¹⁶. En opinión de Baquijano y Carrillo en “La historia de la Real Universidad de San Marcos de Lima”:

⁵¹⁴ Plan de Estudios de 1787, *Filosofía*. En Ugarte, *El Real Convictorio carolino y sus dos luminaires*, 74-75.

⁵¹⁵ Plan de Estudios de 1787, *Filosofía*. En Ugarte, *El Real Convictorio carolino y sus dos luminaires*, 76.

⁵¹⁶ Esto, sin embargo, no significa que la línea divisoria entre lo antiguo y lo moderno fuera tan tajante. De hecho, entre muchos de los atribuidos con el calificativo de “modernos” coexistían con tendencias

*Uno de los motivos mas conocidos de la decadencia de las Universidades es la antigüedad de su fundación: por que no habiendose reformado desde entonces el metodo de los estudios establecidos desde el principio, es preciso que padescan las heces de aquellos antiguos siglos, que no pueden curarse, sino con las luces, é ilustracion que ha dado el tiempo, y los descubrimientos de los eminentes sugetos de todo el orbe literario*⁵¹⁷.

Las impugnaciones a Aristóteles y sus doctrinas se entienden a partir de la necesidad de ciertos ilustrados de reformar la educación filosófica mediante la adopción de la ciencia moderna por medio de la física newtoniana. Toribio Rodríguez de Mendoza, como rector del Convictorio de San Carlos, representa el epítome de esta tendencia:

*Nada se ha ignorado tanto en las américas como la buena filosofía. Desde su conquista hasta el año de 67, ocupó despótico el imperio literario de este nuevo mundo el famoso Aristóteles. Con la expulsión de los regulares de la Compañía se debilitó en gran parte su dominación tirana: sectarios ciegos del filósofo griego y guías ciegos de la ciega juventud habían formado un reino de tinieblas [...] Estos y sus maestros apenas conocían los nombres de Cartesio, de Gassendo, y de Newton para abjurarlos con más religión que los nombres de Lutero y de Calvino. Si alguno había logrado tomar algunas ligeras nociones de filosofía moderna, vivía aislado y no se atrevía a sacarla del corto recinto de su gabinete por no padecer la infamante censura de hereje o de libertino*⁵¹⁸.

Las opiniones vertidas por el sacerdote chachapoyano en su plan de estudios se nutren del regalismo y de la autoridad virreinal para menoscabar el rol educativo impartido por los jesuitas. Si bien es acertado que los jesuitas dominaban el sistema educativo y seguían los principios de la escolástica, es inadecuado categorizar a una vigorosa orden bajo el mismo báculo. Sin embargo, hay que insistir en el contexto: cada vez son más los colegios que optan sustituir al estagirita por los filósofos modernos.

mágicas o alquímicas, como en caso de Newton. No obstante, para el último tercio del siglo XVIII estas fronteras empezarán a materializarse de forma más clara que en décadas o siglos anteriores.

⁵¹⁷ *MP, volumen II, 199*. La retórica de dicha cita se entiende a raíz de su descontento por perder dos veces en las elecciones para nuevo rector en 1783 y 1784 respectivamente frente al bando tradicionalista de San Marcos.

⁵¹⁸ Plan de Estudios de 1787, *Filosofía*. En Ugarte, *El Real Convictorio carolino y sus dos luminaires*, 72.

Su Física (la de Aristóteles) de que he hablado antes, está llena de expresiones vacías enteramente de sentido, y de un lenguaje que nada significa, como quando [...] pretende explicar las operaciones de la Naturaleza por medio de cualidades ocultas, y de virtudes específicas. [...] acabada la adhesión servil al sistema Peripatético, ó al de otro alguno partidario, ni en las Universidades, ni dentro de las Aulas de los Colegios se ha jurado en la palabra ó dictamen de alguno de aquellos antiguos xefes de la Filosofía; sino que únicamente se ha aspirado al mas seguro conocimiento de la bondad y verdad, adoptándose los tratados dispuestos por los Autores imparciales⁵¹⁹.

¿Es cierto afirmar que la filosofía peripatética estaba siendo desplazada por los filósofos modernos en las aulas? Responder esta pregunta de forma estadística es imposible, pero lo mencionado por Rodríguez de Mendoza de que el sistema peripatético estaba siendo constantemente impugnado en los claustros tiene cabida, en la medida en que las dos últimas décadas del siglo XVIII acogieron diversos certámenes públicos donde estudiantes de San Marcos y San Carlos adoptaron la defensa de la física newtoniana. Descontando el certamen con fecha de 1765 en San Marcos, Lleisen Quiroz ha identificado un *Certamen o conclusiones matemáticas* con fecha de 1778 en la Universidad de San Marcos protagonizado por los estudiantes Manuel Martínez de la Rueda, Pedro Ruiz y Diego Manchado bajo la dirección de Cosme Bueno. Según Quiroz:

La instrucción y dirección de estos alumnos estuvo liderada por Cosme Bueno, catedrático de prima de matemática y cosmógrafo mayor. La disertación de los estudiantes fue en presencia del virrey Amat. En la introducción a esta tesis, el futuro intendente de Paraguay, Lázaro de Rivera, dice: con admiración ve el público cómo se le dedica al virrey las conclusiones sobre el verdadero sistema del mundo. Es decir, el sistema newtoniano, difundido por el Dr. Cosme Bueno, a quien Ribera llama hombre de raro ingenio cuyas luces en la matemática, física y medicina, harán su nombre respetable entre los grandes nombres de los Neutrones, Descartes y Boerhaaves⁵²⁰.

⁵¹⁹ MP, volumen III, 211.

⁵²⁰ Quiroz, Lleisen. "La razón ensombrecida: ilustración y reformismo en el Mercurio Peruano 1790 – 1795". Licenciatura, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, 194.

Desafortunadamente, el autor no cita de forma completa la fuente extraída (se indica “1788, Folio 10”) ni tampoco la fecha exacta del acto público, pues para 1778 el Virrey Amat (1761-1776) se encontraba residiendo en Barcelona y no presenciando una actuación newtoniana.

De lo que sí se tiene certeza fueron dos exposiciones públicas en San Marcos con fecha de 1788 y 1793. El primero fue mencionado por Hipólito Unanue y versa sobre una tesis sostenida por el Dr. D. Agustín de Landaburu (discípulo de Unanue) en la Universidad de San Marcos con título de *Leges Newtoni, quibus Planetas se se attrabi Physica evincit celestis, pari certitudine demostrant Telluris montium attractiones, Chimborazo nempe in observatione Bougueri in Quito Scheballien ex observatione Maskeline in Scotia, attrabunt in racione directa massae, et quadrati distantiarum reciproca*⁵²¹, donde el autor emplea los resultados de Pierre Bouguer en el Chimborazo - en el contexto de la Expedición Geodésica - para demostrar la validez de la gravitación universal de Newton.

Mucho más ilustrativo resultó la “ Literatura Peruana: Noticia de un acto público de Filosofía y Matemáticas, dedicado á la Real Universidad de San Marcos, y breve extracto de las Teses que ofreció sustentar el actuante”, con título de *Primer Certámen de toda la Filosofía, que segun el nuevo y mas exacto plan de estudios, tendrán en presencia de los ilustres Individuos de la Real Academia de Lima, los Alumnos del Real Convictorio de San Carlos, Don Mariano Partal, Don Juan Antonio Andueza, Don Justo Figuerola, Don Manuel Alvarado, Don Manuel Joseph Pedemonte, Don Carlos Pedemonte (autor principal), baxo la direccion del Doctor Don Joseph Ignacio Moreno, Vice-Rector del dicho Real Convictorio, Maestro de Filosofía y Matemáticas*⁵²².

El acto público en cuestión cumplía un propósito propagandístico: demostrar el grado de conocimiento científico que los estudiantes de San Carlos habían adquirido tras la implantación del nuevo plan de estudios de Rodríguez de Mendoza. El certamen - que se prolonga a lo largo de dos números y dieciocho páginas del *Mercurio Peruano* - inicia con una loa al Virrey Amat (1761-1776), quien es calificado como *Xefe ilustrado Protector de las Ciencias*⁵²³, por ser el “responsable” de introducir el gusto por las matemáticas y la filosofía moderna entre la juventud. Después de ello, la disertación pasa a dividirse en dos partes. En la primera, se elogia

⁵²¹ MP, volumen II, 109.

⁵²² MP, volumen VIII, 280-281.

⁵²³ MP, volumen VIII, 283.

a Newton quien, a diferencia de Descartes, supo iluminar el camino hacia la verdad filosófica tras la Expedición Geodésica al Ecuador, puesto *que á la luz de la experiencia acertó á calcular las leyes del Universo, y á favor del cálculo supo aun prevenir y rectificar la experiencia*⁵²⁴. En la conclusión del acto⁵²⁵ los estudiantes realizaron una exposición magistral donde pusieron a prueba su conocimiento de la física newtoniana a través de un análisis de las tres leyes de la dinámica newtoniana, la refracción y la reflexión, y una descripción de la ley de la gravitación universal (*en razon directa de la masa, é inversa de los quadros de las distancias al centro*⁵²⁶) para explicar el movimiento de los planetas, satélites y cometas, y dar por sentado la verdad objetiva del sistema copernicano⁵²⁷. Para finales de 1780, no sólo las personalidades maduras como Unanue, Rodríguez de Mendoza, Rossi y Rubí, Baquíjano y Carrillo o Moreno se reservaban el derecho de ser abiertamente newtonianas, sino también sus alumnos y discípulos.

Para estos años ya es posible hablar de una retórica de la ciencia cada vez mejor definida. *La falta de aplicación á las Ciencias, es y será la causa de los atrasos del Perú*⁵²⁸ argumentaba el mineralogista alemán Juan Daniel Weber, comisionado para implementar el sistema de barriles en la misión metalúrgica liderada por el barón de Nordenflycht. Más específicamente, Unanue, como científico y médico ilustrado, era promotor de esta retórica asegurando que *la Física y de la Astronomía, parece que está libre de toda duda. Ella debe ser la que arregle nuestros discursos, y que dé el tono a nuestra especulaciones*⁵²⁹. Por último, José Rezabal y Ugarte, visitador encargado de revisar el plan de estudios de Rodríguez de Mendoza en 1788, opinaba de forma similar:

*La utilidad de la Mathematica, asi para la perfeccion de las artes y las ciencias, como principalmente por los auxilios, que comunica a la Phisica, es tan universalmente conocida qe. fuera ocioso esforzar esta verdad con los testimonios mas respetables. Aun para los Jóvenes tiene la inestimable calidad de acostumbrarlos al espíritu de cálculo y combinación, que es tan necesario para varios usos de la vida*⁵³⁰.

⁵²⁴ MP, volumen VIII, 282.

⁵²⁵ MP, número 278.

⁵²⁶ MP, volumen VIII, 292.

⁵²⁷ MP, volumen VIII, 292-294.

⁵²⁸ MP, volumen III, 226.

⁵²⁹ MP, volumen IV, 24.

⁵³⁰ *Reflexiones de Don Joseph Rezabal y Ugarte sobre diversos puntos del Plan de Estudios del Colegio de San Carlos de Lima - 1788, "Filosofía".*

Las matemáticas se convierten en el epítome del ideal ilustrado en el Perú: su utilidad práctica opera como vehículo de progreso y remedio frente al atraso. Esta fue la retórica de un sector ilustrado de la sociedad peruana en las postrimerías del siglo XVIII. Esta retórica, sin embargo, alcanza su punto máximo con un artículo de Joseph Rossi Rubí bajo el seudónimo de *Epitropo Diabito* publicado a inicios de 1793. En este, el autor propone que el estudio de las matemáticas podría fungir como método para prevenir la llama de los sentimientos apasionados, en concreto, el amor.

En esta historia bastante entretenida, Rossi y Rubí narra cómo a inicios de 1792 había caído profundamente enamorado de una muchacha llamada *Clironomia* con quien había quedado de reunirse un día a las 3 pm. Puntual, el italiano salió temprano de su casa y a las 2:30 pm se estableció en un puente donde empezó a arrojar piedras al agua para hacer tiempo. En ello, Rossi y Rubí comenzó a especular sobre los movimientos de la piedra en el agua, cotejando con la hipótesis de Newton sobre la fuerza centrífuga, para darse cuenta de que, tras varios “experimentos”, el Sol ya había menguado, eran las 6 de la tarde y la cita no se pudo concretar. Posteriormente, el autor reflexiona sobre este suceso y concluye que las matemáticas constituyen el mejor remedio para el amor. Emplea a Newton como referencia aludiendo que *La simple vista de estas cosas, el solo nombre de Newton, es capaz de ahuyentar todo pensamiento extraño*⁵³¹, recordando, a su vez, que el inglés nunca contrajo matrimonio ni dejó descendencia. El texto concluye de la siguiente forma:

*Padres, Maestros y Tutores, si deseais dar á vuestros hijos y Alumnos una educacion sana: si quereis templar su corazon, y ponerlo superior á las seducciones del mundo, instruidlos en las Matemáticas [...] Él (el estudio de la matemáticas) os constituirá ménos sensibles á los ímpetus de vuestras pasiones, aminorará su violencia, y os libertará de nuevas tragedias [...] aplicaos solo á Newton, Leibnitz, Bernoulli [...] La Geometría, la álgebra, el Cálculo sean vuestros númenes tutelares, y el único objeto de vuestra dedicación*⁵³².

Entre los socios de la *Sociedad de Amantes del País* había sujetos cuya afición por las matemáticas y por Newton llegaban al borde del fanatismo⁵³³. Empero, esta visión no era unánime dentro de *Sociedad*, ni tampoco los mercuristas optaron por la censura de voces

⁵³¹ MP, volumen VIII, 21.

⁵³² MP, volumen VIII, 24.

⁵³³ MP, volumen VIII, 25.

disidentes. De la pluma de Pedro Nolasco Crespo, Oficial Real de las Cajas de La Paz y socio foráneo de la *Sociedad* brotaba una tinta diametralmente opuesta a la versada por personajes como Rossi y Rubí y Unanue:

*Verdad para mi tanto mas indudable quanto conozco que la Filosofía astronómica se halla en el dia muy preocupada por la comunidad de los cálculos; tanto, que el sistema hipotético del movimiento de la tierra ha recibido ya todos los gages de absoluto por la insensibilidad é indiferencia con que se miran los argumentos que lo combaten*⁵³⁴.

¿Se podría afirmar que los promotores de la retórica de la ciencia moderna en el Perú, al elevar las matemáticas y la física newtoniana, representaban una amenaza al dogma católico imperante? Desde su posición de ilustrados, en lo absoluto. Según José de la Puente, este grupo de intelectuales peruanos y extranjeros afincados en el Perú no reniegan de su fe; por el contrario, quieren traducir su fe en términos ilustrados o modernos⁵³⁵. De ahí que la Ilustración peruana tuviera este carácter de “Ilustración Católica”, en sentido opuesto a la francesa que impugnaba en contra del poder absoluto de los monarcas y contemplaba una sociedad más secular, más laica, deísta y hasta atea.

Adicionalmente, un fuerte porcentaje de los promotores de Newton en el Perú eran hombres de religión. El propio Rodríguez de Mendoza argumentaba acerca de la importancia de enseñar la física [newtoniana] *para que, admirado de los maravillosos efectos, se eleve (pneumatología) al conocimiento de Dios y de nuestro espíritu, a fin de que enamorado éste de la hermosura y perfecciones de su Creador y convencido de su inmortalidad y su destino se determine a abrazar los preceptos austeros de la moral o de la ética*⁵³⁶ [...]

El ateísmo nunca se sugirió en las páginas del *Mercurio Peruano*. Por el contrario, este fue severamente combatido incluso entre quienes expresaban sus ideas científicas con un claro lenguaje mecanicista: *Acaso no existiría el ateísmo, si la Anatomía fuera un estudio universal; pues esta secta impía no numera entre sus partidarios infelices un observador fiel a su*

⁵³⁴ MP, “Carta del Doctor Don Pedro Nolasco Crespo sobre la senectud de los mortales, y medios de rejuvenecerlos”, volumen V, 140.

⁵³⁵ De la Puente. “El Mercurio Peruano y la religión”, 147.

⁵³⁶ *Plan de Estudios de 1787, Filosofía*.

estructura; y el que se aplica á comprender, conoce á Dios [...] ¿Que físico no se complace al ver una máquina perfectísima, obra de la Omnipotencia⁵³⁷?

Al igual que Newton, quien concebía a Dios como causa primera de la gravedad, los mercuristas apelaban a la Divina Revelación para suplir los defectos y los límites de la razón humana⁵³⁸. Ahora bien, el sistema newtoniano, aunque sin fundarse en principios matemáticos o hechos empíricos, sostenía la existencia de Dios como causa de todo y lo enarbolaba como principio irrefutable, pero, al mismo tiempo, es cierto que se contradecía con la Sagradas Escrituras, las cuales yacían en el más estricto geocentrismo. En otras palabras, no significaba un ataque a la religión católica, pero sí a ciertos fragmentos de la Biblia.

Por último, también resulta correcto afirmar que uno podía adherirse a ciertas conclusiones newtonianas (por ejemplo, las tres leyes de la dinámica o de la refracción) y mantenerse escéptico frente a la gravitación por su contenido ontológico revolucionario. Y es que, a diferencia de la historia natural, la botánica, la medicina, la mineralogía o la química, donde el desarrollo científico podía desligarse plenamente de los debates filosóficos, la física y la astronomía generaban mayores inconvenientes, pues su evolución como disciplinas científicas avanzaban en detrimento de antiguas prerrogativas divinas. Dios ya no situaba a la Tierra en el centro del universo, sino como un planeta *más* orbitando alrededor del Sol. Los ilustrados del Perú no eran ateos, pero permitían que su defensa acérrima de la física newtoniana se prestara a conclusiones muy heterodoxas.

Discusión y rechazo de la ciencia moderna en el Perú

En el contexto del último tercio del siglo XVIII, las resistencias e intentos de censura frente a la introducción de la física moderna de corte heliocentrista fueron menos incisivas que en siglos o décadas pasadas. Sin embargo, ello no quiere decir que no existieron o fueran poco eficaces. Desde la censura inquisitorial de Galileo y del modelo heliocéntrico a inicios del siglo XVII, la forma más efectiva de menoscabar los postulados de la física y astronomía modernas eran mostrar sus conclusiones como meras “hipótesis”, un término al cual Newton le tuvo una aversión particular. La idea de “hipótesis” aludía a una posibilidad y no a un enunciado científico objetivo. Esta “posibilidad” fue lo que permitió al heliocentrismo evitar la censura

⁵³⁷ MP, volumen V, 180.

⁵³⁸ MP, volumen VIII, 287.

inquisitorial. Este fue el caso de las *Observaciones* de Jorge Juan y Santacilia en 1748, sugiriendo que, para mediados del siglo XVIII, la Inquisición conservaba bastante poder de censura en materias científicas. Sólo en 1773, la segunda edición, completamente libre de censura, pudo ver la luz.

Intentos de censuras similares las padeció Juan Celestino Mutis en Nueva Granada. En fecha pionera como 1764, el discurso inaugural del Colegio del Rosario de Santa Fe de Bogotá titulado “Elementos de Filosofía Natural, que contienen los principios de la Física demostrados por las Matemáticas y confirmados con observaciones y experiencias: Dispuestos para instruir a la juventud en la doctrina de la Filosofía Newtoniana en el Real Colegio del Rosario de Santafé de Bogotá en el nuevo Reino de Granada, año de 1764”⁵³⁹ le granjeó problemas con la Iglesia. Más polémica aún fue la denuncia inquisitorial que recibió de un sector de los dominicos que dominaban la Universidad de Santa Fe en 1773, donde difundían el sistema de Ptolomeo, mientras Mutis lo hacía según la cosmología copernicana sustentada en la física newtoniana. Sin embargo, según Clement, la denuncia no prosperó, puesto que el plan de estudios de Mutis había sido recomendado y validado por Carlos III⁵⁴⁰, recordando que Mutis lideraba la expedición botánica al Virreinato de Nueva Granada.

Estos dos casos sugieren que la censura inquisitorial en materia científica - específicamente el heliocentrismo - podría haber empezado a menguar tras la expulsión de la Compañía de Jesús en 1767 junto con la consolidación del poder regalista en manos de Carlos III, quien dio un impulso *desde arriba* a las ciencias útiles y la filosofía moderna. En el Perú, como sostiene Guibovich, parece ser que tras 1767 la censura inquisitorial marcó una tendencia diferente: fueron entonces los “ilustrados franceses”, enciclopedistas, liberales y antimonárquicos los que marcaron la tendencia⁵⁴¹. De ahí se entiende la encendida de alarmas del Santo Oficio tras el *Elogio al Virrey Agustín de Jáuregui* de José Baquijano y Carrillo en 1783, un texto plagado de referencias a ilustrados franceses, o la censura al mineralogista Tadeo von Nordenflycht por su posesión de libros protestantes durante su larga estadía en el Perú.

¿Entonces, de qué manera se expresaron el rechazo y la resistencia a la física newtoniana en el Perú del último tercio del siglo XVIII? En páginas anteriores se sugirió un nuevo terreno: la

⁵³⁹ De Posada. *Louis Godin (1704-1760): pionero de la ciencia moderna en España*, 668-669.

⁵⁴⁰ Clément. *Índices del Mercurio Peruano 1790 - 1795*, 118.

⁵⁴¹ Guibovich, *Lecturas prohibidas*, 162.

educación universitaria. Tanto en la Universidad de Salamanca, como en San Marcos, la filosofía moderna no despegó por la reticencia de sectores conservadores a someterse a la autoridad regalista de Carlos III, quien *desde arriba* impuso la aplicación de nuevas constituciones en las universidades sin consulta de los catedráticos. Este clímax de disconformidad frente a las decisiones del Virrey Amat (1761-1776) en el Perú - el encargado de aplicar estas medidas - tuvo como epítome la publicación de *Drama de dos palanganas veterano y bisoño* por obra del catedrático Francisco Ruiz Cano.

Los “Proyectos Literarios”⁵⁴² redactados por Hipólito Unanue como introducción al Informe de Toribio Rodríguez de Mendoza sobre el nuevo plan de estudios del Real Convictorio de San Carlos ilustra un punto de vista habitual entre los catedráticos conservadores acerca del progresivo decaimiento de Aristóteles en las aulas. Es decir, no se presenta la posición personal de Unanue, sino la asumida por un sector de profesores de la Real Universidad. Unanue señala que, desterrado el estagirita de Europa, se pensó que este reinaría tranquilamente en el Nuevo Mundo:

*Pero los implacables Sectarios de Descartes, y Newton transitan el océano, é introducen la discordia y la guerra en los remotos Países que le sirven de último asilo. Los primeros desde luego han conseguido muy poco en sus tentativas, no habiendo levantado aquella polvareda que se esperaba de sus turbillones; pero los segundos han avanzado con ventaja [...] Los Newtonianos se multiplican con rapidez: destiérrese el idioma de las qualidades, y se sustituye el de las atracciones*⁵⁴³.

En pluma del médico ariqueño, la influencia de Newton avanzaba a pasos agigantados en los claustros sanmarquinos, al tiempo que sus *sectarios* impugnaban a Aristóteles. La filosofía del estagirita viene a ser reemplazada por una filosofía matematizada bajo el lenguaje de las atracciones, es decir, la ley de la gravedad. El autor prosigue:

En medio de estas desgracias y desolacion, aun le quedaba una sombra de gloria. Los estatutos de la Universidad señalan su obra de los Físicos para que sirva de texto á las Lecciones que se dicen en las Oposiciones, y Grados de esta Facultad. En fuerza de la referida ley,

⁵⁴² MP, volumen III, número 91.

⁵⁴³ MP, volumen III, 196-197.

*Cartesianos, Newtonianos y Eclécticos, despues de haber blasfemado contra Aristóteles desde el banco, suben á elogiarlo y exponerlo en la Cátedra*⁵⁴⁴.

Finalmente, concluye señalando:

*Juzgan algunos se acerca un terrible momento, en que conmovido el mismo solio de Aristóteles, se le va á arrancar con violencia el cetro de las manos, ó á asegurarlo con pertinacia. No es asi: el Claustro de la Real Universidad de San Marcos es muy sabio y respetable. Si la mayor parte de él se compone de Ancianos, esas canas son su gloria y ornamento*⁵⁴⁵ [...]

Es muy probable que las palabras de Unanue resulten un poco contradictorias considerando su adhesión a la física de Newton, de la cual fue uno de sus principales promotores en el Virreinato del Perú. En ese sentido, es probable que haya escrito el texto de modo sarcástico o para ilustrar, desde un punto de vista diferente, el grado de penetración de los newtonianos en San Marcos, o con la intención de dejar una buena impresión de la *Sociedad* ante los catedráticos sanmarquinos.

No obstante, la mayor riqueza argumentativa respecto al rechazo a Newton en el Perú no se encuentra ni en San Marcos, ni entre los censores de la Santa Inquisición, sino en las propias páginas del *Mercurio Peruano*. Recordemos que el desacuerdo pudo haberse intensificado por 1) la necesidad de los catedráticos de filosofía a actualizar su marco de conocimientos, 2) la incomprensión de los postulados de Newton por estar matemáticamente formulados mediante el empleo del cálculo infinitesimal o 3) un rechazo a la ontología heliocéntrica por retirar el lugar privilegiado de la Tierra en el centro del cosmos y contravenir las Sagradas Escrituras dos mil años de física. Nuestro análisis del rechazo a Newton en el Perú se centra en este tercer punto, encarnado en la persona de Pedro Nolasco Crespo.

En tiempos del *Mercurio Peruano*, Pedro Nolasco Crespo, quien se desempeñaba como Oficial Real de las Cajas de La Paz, fue un distinguido socio foráneo de la *Sociedad de Amantes del País*. A Crespo se le adjudican cinco números del *Mercurio Peruano*. En ellos, conjeturaba diversas hipótesis acerca de temas científicos, principalmente vinculados con medicina y física,

⁵⁴⁴ MP, volumen II, 197.

⁵⁴⁵ MP, volumen II, 198.

siempre defendiendo el modelo geocéntrico. Su geocentrismo quedó evidenciado desde su primer número con fecha de 9 de junio de 1791 titulado “Carta escrita a la Sociedad por el Doctor Don Pedro Nolasco Crespo, proponiendo unas nuevas conjeturas sobre el flujo, y reflujo del mar”⁵⁴⁶. En ella señala:

*Por que como quiera que todos los Filósofos conozcan, que la Luna gira en torno a la tierra, bien sea como Astro de su departamento, bien como satélite suyo, mis reflexiones serán acomodables á la tierra que habitamos; aunque ella gire en torno del Sol, como ideaba Copérnico, ó esté inmóvil en medio de los Orbes, como firmemente creo*⁵⁴⁷.

Un rasgo interesante de Pedro Nolasco Crespo, quien en definitiva se situaba en las antípodas cosmológicas de otros titulares de la *Sociedad*, como Rossi y Rubí, Unanue, Rodríguez de Mendoza, Baquijano y Carrillo o Coquette, reside en sus propuestas científicas. Es decir, Crespo no se conformó con la simple defensa del sistema geocéntrico, sino que sus “afirmaciones” se sustentaban en propuestas originales que buscaban respaldar sus ideas. Esto se debió, quizás, por la necesidad de marcar distancia del resto de mercuristas en un tiempo donde los seguidores de Newton y Copérnico no sólo acaparaban los números del periódico, sino que entre ellos se encontraban sus socios principales y fundadores. En otras palabras, Crespo nadaba contracorriente, por lo que se vio en la exigencia intelectual de defender su geocentrismo con pruebas que resultasen irrefutables o incómodas para el *status quo* de la *Sociedad*.

Un primer ejemplo data del número 46 con fecha de 9 de junio de 1791, donde Crespo propuso que el flujo y reflujo de los mares, osea, las mareas altas y bajas, se producían por la doble injerencia de la Luna por su movimiento de traslación y la existencia de cavidades bajo los océanos⁵⁴⁸. En una segunda publicación, tomaría el movimiento diurno de la Luna como responsable de la generación de los vientos, contraviniendo la común creencia que atribuía dicha acción a la rarefacción del aire ocasionada por el Sol⁵⁴⁹. Estas conjeturas se repiten en dos números adicionales titulados “Carta del Doctor Don Pedro Nolasco Crespo sobre la

⁵⁴⁶ MP, volumen II, número 46.

⁵⁴⁷ MP, volumen II, 98.

⁵⁴⁸ MP, volumen II, 99.

⁵⁴⁹ MP, volumen III, “Carta escrita á la Sociedad por el Doctor Pedro Nolasco Crespo, proponiendo algunas conjeturas sobre el origen de los Vientos.

senectud de los mortales, y medios de rejuvenecerlos”⁵⁵⁰ y “Carta escrita á la Sociedad por el Doct. Pedro Nolasco Crespo proponiendo un proyecto respectivo á la Navegacion”⁵⁵¹.

Como se puede observar, Crespo disfrutaba de cierta vitrina en la *Sociedad*. Sus extractos se orientaban a la proposición de conjeturas acerca de diversos temas de relevancia científica, en específico, vinculadas con la física y la astronomía. También es cierto que sus propuestas eran enteramente cualitativas en cuanto no apelaba a las matemáticas para fundamentar sus suposiciones. Sin embargo, fue en su última carta a la *Sociedad* titulada “Carta remitida a la Sociedad contra el Sistema Copernicano, por el Doctor Don Pedro Nolasco Crespo”⁵⁵², escrita en respuesta a la crítica recibida por Unanue de su carta sobre el flujo y reflujo de los mares⁵⁵³, que Nolasco expuso sus argumentos más “contundentes” para defender la inmovilidad de la Tierra, al mismo tiempo que atacaba a los copernicanos, incluyendo a ciertos mercuristas.

La carta de Crespo se fundamenta en suposiciones no matematizadas basadas en la observación telescópica de las máculas del Sol, en contracorriente con la ciencia matematizada que penetraba a pasos agigantados en el Perú. Adicionalmente, sugiere que cuando las máculas y fáculas del Sol se aproximan a la Tierra en su perigeo (punto más cercano de órbita) se desencadenaron las pestes y epidemias más *generales que abarcaron a las veces todo el mundo*⁵⁵⁴, demostrando sus más firmes creencias de la influencia de los astros en la salud de las personas.

El argumento de Crespo para demostrar la inmovilidad de la Tierra yace en explicar que, si la Tierra orbitara alrededor del Sol, según el modelo copernicano, no habría superficie del Sol que no pudiera observarse desde nuestro planeta⁵⁵⁵. Sin embargo, son las mismas máculas y

⁵⁵⁰ MP, volumen V, Número 156.

⁵⁵¹ MP, volumen VI, Número 179.

⁵⁵² MP, volumen IX, números 294-297.

⁵⁵³ Al parecer, Crespo quedó ofendido tras la respuesta proporcionada por Unanue que criticaba sus conjeturas. *En aquella docta crisis con que Vms. se dignaron publicar mi Carta de 22 de mayo de 1791 (en que traté del fluxu del Mar) se dixo con mucha sal, que la confesion que allí hice de mi firme creencia por la estabilidad de la tierra, me habría sido necesario ahora cincuenta años, y deseando yo manifestar una de las razones que me asisten para conservar esa misma creencia, he resuelto presentar á Vms. mis conjeturas sobre las manchas del sol, como que por ellas se demuestra hasta la evidencia la inmovilidad de nuestro globo terraqüeo, y la falsedad del sistema Copernicano, ó pitagórico.* MP, volumen IX, 130.

⁵⁵⁴ MP, volumen IX, 139.

⁵⁵⁵ MP, volumen IX, 144.

fáculas del Sol las que, a vista del telescopio, se observan desde la Tierra, por lo que, de trasladarse la Tierra, ¿por qué no se verían otras zonas de nuestra estrella?

Después de proporcionar esta explicación acerca de la falsedad del sistema copernicano basado en sus conjeturas sobre las manchas del Sol, el autor despliega otro orden de argumentos para atacar al heliocentrismo y a sus seguidores. En primera instancia, Crespo apela al sentido común y a la intuición para arremeter contra el heliocentrismo, recordando que el ser un sistema contraintuitivo resultaba en unos de sus principales “defectos”: *Luego puesto que es así verdad que las observamos (las manchas) desde la tierra no es esta la que se mueve dando vueltas al Sol, sino que el Sol mismo es el que gira en torno a la Tierra, como nos parece y se cree por el común de las gentes*⁵⁵⁶.

A esta razón se le suma una mucho más contundente: el argumento a la religión. Pedro Nolasco Crespo, al ver que sus conjeturas sobre las máculas del Sol podrían ser refutadas, apela a la Dios para consolidar su visión geocéntrica del mundo no como mera hipótesis, sino como verdad irrefutable:

[...] *que por mas que el sistema Copernicano nos presente la mas bizarra idea del modo como pudieron conciliarse en él los admirables fenómenos del Cielo: por mas que se manifieste fácil y tan hermoso, que estando fixas todas las brillantes antorchas del firmamento, con solo el movimiento de los planetas y de la tierra, entre ellos se puedan salvar todas las aparentes revoluciones de los astros: por mas que la mayor expedición del cálculo le acredite menor embarazo, mas grato y aceptable; él es falso en el hecho de la verdad, fantástico y de ficcion humana, muy distinto del verdadero aspecto con que el Divino Hacedor, quizo formar el Universo. Y los lugares de la Sagrada Escritura, que hablan de la firmeza de la Tierra y del giro de los astros, especialmente del Sol, deberán entenderse sin contradiccion alguna en el sentido literal. Entónces los argumentos que hasta aquí fuéron poco concluyentes contra el Copernicano, recibirán por este el mayor vigor que no tuvieron: y los de Copérnico con toda hermosa máquina de sus sistema, caerán al golpe de este pequeña piedra, como aquella soberbia estatua de Nabaco*⁵⁵⁷.

⁵⁵⁶ MP, volumen IX, 145.

⁵⁵⁷ MP, volumen IX, 146-147.

Del fragmento se pueden rescatar las siguientes conclusiones. En primer lugar, Crespo le atribuye el carácter bizarro al sistema copernicano; paralelamente, le insinúa simpleza, hermosura y una mayor fuerza seductora por el hecho de validarse en el cálculo, pero falso por oponerse a lo establecido por Dios en la Biblia. Crespo exhorta a los lectores a interpretar la firmeza de la Tierra según los parámetros bíblicos, es decir, a creerla en su sentido literal. Al final de cuentas, el argumento de las manchas solares servía sólo para ofrecer una conjetura plausible por obra de un funcionario real de La Paz, pero que, en última instancia, las Sagradas Escrituras refutan cualquier presupuesto heliocéntrico, incluyendo a los “calculadores”. Esta línea argumentativa quedó reforzada en la conclusión a la carta publicada el 7 de noviembre de 1793:

Quando yo me considero volcando con la Tierra, segun la Copernicana idea: quando medito en esos grandes globos faltos de toda inteligencia, y entregados al ciego mecanismo de sus recíprocas atracciones: quando contemplo que toda la fixeza y subsistencia que llevan en sus movimientos, pende del equilibrio y contrapeso de sus respectivas masas, segun lo decretado por Pneuton, me asusto y me estremezco cubierto del mayor pavor y sobresalto, por sospechar si acaso siendo esto cierto podría ser esperable, que por las varias combinaciones y accidentes de las mismas causas segundas, abandonadas á la ley de sus primeras impresiones, fuésemos con toda la Tierra á ser mariposas del Sol. Pero quando leo en Santo Tomás [...] me lleno de satisfaccion, de seguridad y de confianza; porque fio mas en esta autoridad que en la de todos los modernos Monsieures⁵⁵⁸ [...]

Esto se complementa con: *¿quien no ve quanto mas honrosa y magnifica sea la idea que nos formamos del soberano Poder del Altísimo, servido para el mas ajustado gobierno de lo criado, de unos Ministros tan nobles, poderosos y sabios como son los Ángeles?⁵⁵⁹*

En definitiva, Pedro Nolasco Crespo conocía no sólo la teoría copernicana, sino también la ley de la gravitación universal de Newton, aunque probablemente sin comprenderla del todo. A parte de negar su validez, Crespo apela adicionalmente al sentimiento de miedo: el de constituirse como *mariposas del Sol*. De este fragmento, se puede deducir lo señalado previamente: sustituir el modelo geocéntrico por el copernicano no sólo implicaba arrancarle

⁵⁵⁸ MP, volumen IX, 150.

⁵⁵⁹ MP, volumen IX, 151.

la centralidad del sistema a la Tierra, sino un cambio cosmológico en su totalidad, una revolución astronómica. De ahí el temor de cierto sector de la sociedad a perder el lugar privilegiado del cosmos y convertirse en un planeta más orbitando alrededor de su estrella. Frente a este escenario amenazante, la postura de Crespo es clara: encuentra mayor consuelo y verosimilitud en los Padres de la Iglesia, en los ángeles y en Dios que en los cálculos de los modernos *monsieurs*.

En definitiva, los argumentos de Crespo buscan convencer al lector apelando a la religión católica para defender sus ideas geocéntricas. No obstante, estos argumentos no se limitan a Dios y emprendió una crítica feroz a los llamados filósofos modernos. [...] *quanto por la facilidad con que veo fixarse á las veces á vueltas de un hermoso cálculo, y de los felices hallazgos con que se adelantó y enriqueció la Física, muy falsos presupuestos, y las mas arbitrarias ideas. Mucho de esto, pues, vemos en la Filosofía de moda, y en la Física del tiempo*⁵⁶⁰.

A lo anterior, se le puede agregar una cita escrita años antes en el *Mercurio Peruano*: *“Descartes dixo en substancia lo que siglos ántes habia dicho Aristóteles, involucrando sí en la idea de sus turbillones. No fué mas feliz Gasendo con el recurso á las exhalaciones aquosas: ni lo han sido los famosos restauradores de la atraccion; una qualidad oculta, que en boca del Peripatético se habia hecho tan ridícula”*⁵⁶¹.

Pedro Nolasco Crespo conocía las principales ideas de los filósofos modernos. Se desconoce si de primera mano o por intermediación de otros autores, pero estaba al tanto de sus formulaciones y presupuestos físicos, pero con el deseo de impugnarlos. Previamente, habíamos observado que en el plan de estudios de Toribio Rodríguez de Mendoza, se había realizado una crítica a la actitud sectaria de los filósofos modernos⁵⁶², de la cual Newton y sus seguidores se habían librado, pues en sus afirmaciones reposaban hechos objetivos de inalcanzable refutación. Nolasco Crespo, por el contrario, arremetió no solo contra los “calculadores” newtonianos, sino contra el mismo físico inglés.

⁵⁶⁰ MP, volumen IX, 147.

⁵⁶¹ MP, volumen III, 269.

⁵⁶² Véase página 158.

*Pero yo desafío al mas diestro Calculador, y desafiara al mismo Pneuton, para que con sola la vista y las mensuras de unos quantos globos que yo le presentase, no mayores que las bolas de un tuco, me puntualice y defina el peso que ellos tengan. [...] ¿qué arrojo y quan estulta vanidad es la de estos Filósofos modernos, que ostentan hoy dárnos el justo peso de los astros, estando ilusos de la qualidad específica de sus materias, y de nada ciertos de sus magnitudes, para un designio tan serio como aquel de regular y determinar por la entidad de las masas, sus recíprocas atracciones, distancias y movimientos? ¿Quien no ve aquí una filosofía arbitraria, una filosofía ideal, fantástica y de capricho?*⁵⁶³

*Prosigue: Mas yo observo que teniendo estos grandes Filósofos balanzas para pesar la gran mole del Sol y de los demas planetas, carecen aun de las que podria conmolares un pulpero [...] ¡Que gloria sería para estos Filósofos, el poder manifestar dentro de sus propios gabinetes los modelos en pequeñas masas de los mismo que explican en grande, con todos los orbes de la esfera! Pero si las leyes de esa prodigiosa atraccion son ciertas en los grandes cuerpos celestes ¿porqué no lo deberán ser en estas materias que nos son familiares? ¿Porque no sirve el cálculo para proporcionarnos un sistema microcósmico, de los mismo que se ha decretado allá en los mas remoto donde apenas alcanza nuestra vista, y donde no llega nuestra jurisdiccion? ¿Quien me persuadirá que sean contextes unas leyes ideadas alla sobre lo mas distante de los astros, quando se ven fallar en la tierra misma que tenemos baxo los pies? ¿Quien me demostrará porqué esos inmensos globos, abandonados por el Criador á solo el mecanismo de sus recíprocas atracciones, segun la entidad de sus masas, se mantienen se sostienen y se confederan por el tiempo de seis mil años, sin esto sea aceptable á las masas que podemos acá cortar y manejar?*⁵⁶⁴

*Finalmente, Ellos [los filósofos modernos], pues, tienen muy averiguado que la fuerza con que obran todas las partes del sistema Planetario unas sobre otras, sigue la razon directa de sus masas, y de la inversa del quadrado de sus distancias. Pero esta es una ley reservada allá para aquella gran distancia de tan soberbias masas. Las atracciones de las masas de acá y de pequeñas distancias, siguen otra ley que aun no se encuentra. ¿Qué debemos decir de este modo de filosofar, y de tales Filósofos? Nada mas sino que el siglo está por ellos.*⁵⁶⁵

⁵⁶³ MP, volumen IX, 148.

⁵⁶⁴ MP, volumen IX, 148-149.

⁵⁶⁵ MP, volumen IX, 152.

En opinión nuestra, la raíz del rechazo de Pedro Nolasco Crespo a las teorías de Newton reside en el cambio de paradigma que significó la sustitución de la ciencia cualitativa por una nueva forma de hacer ciencia basada en las matemáticas y en el cálculo. Nolasco Crespo no desconoce los postulados de Newton: sabe bien que la atracción (ley de la gravitación universal) se funda en razón directa de las masas de dos objetos y es inversamente proporcional a sus distancias al cuadrado. Sin embargo, lo que desconoce Crespo es cómo los “calculadores” saben exactamente las distancias y las masas de los objetos celestes para, a partir de ello, poner en *praxis* los principios newtonianos. De ahí que Crespo sostuviera sarcásticamente que los filósofos modernos tuvieran balanzas a su disposición para pesar a los planetas. Por tal motivo, califica a esta filosofía (física) de caprichosa, falsa y arbitraria, pues se basa en cálculos y medidas que Crespo desconoce e ignora en su totalidad, pues para él, la física seguía siendo cualitativa y basada en el sentido común aristotélico.

Prosiguiendo con su crítica, Crespo arremete contra los newtonianos por su incapacidad de replicar su física macrocósmica con objetos con masas mensurables. Hasta cierto punto, se trata de una observación interesante: ¿por qué lo que aparentemente aplica para el espacio exterior no se puede reproducir en objetos de laboratorio? Nuevamente, la crítica se funda en el sentido común, pero la física newtoniana es todo menos eso. Crespo, al desconocer el cálculo, es incapaz de comprobar por qué lo que ocurre en el espacio con objetos de masa planetaria no se replica en el laboratorio. Es decir, no realiza de que el mismo principio que hace que los planetas orbiten alrededor del Sol, es el mismo que hace que los objetos tiendan a dirigirse hacia el centro de la Tierra. El autor concluye sosteniendo de que el éxito de los calculistas reside en el hecho de que el siglo se encuentra a favor de ellos y no en la verdad de sus postulados.

Yo veo en todo esto los esfuerzos de una filosofía ciega, por no decir Atea ni Gentil, que parece conspirar a la independencia de la Criatura [...] Por mas que en aquel modo de filosofar, se procure ensalzar la Sabiduría del Criador; la verdad es que se saca á la materia estúpida de sus quicios, y se le eleva de aquella naturaleza y esencial limitacion que tiene, para no poder conservarse, obrar ni moverse, cumplida una revolucion en que parecia deber espirar qualquiera impulso sin el concurso, manutenencia, direccion y retoque de una superior inteligencia.⁵⁶⁶

⁵⁶⁶ MP, volumen IX, 149.

En esta última cita, Crespo estableció una posibilidad acerca de una dirección a la que podía conducir la física newtoniana. El autor reconoce que el objetivo explícito de la física de Newton es *procurar ensalzar la Sabiduría del Criador*, tal cual lo declaró Newton en sus *Principia* y los ilustrados del Perú. No obstante, esta nueva filosofía contenía la chispa para la independencia de Dios, pues se aperturaba la posibilidad fáctica de explicar el funcionamiento del universo prescindiendo del *retoque de una superior inteligencia*. Ahora las matemáticas, mediante el cálculo, se encargarían de describir el sistema del mundo en sus propios términos. La idea de un Dios *ingeniero* como sostenía el mecanicismo cartesiano-newtoniano, en palabras de Crespo, podía deducirse como una simple fachada para evitar la censura, porque, a fin de cuentas, el sistema newtoniano puede explicarse en términos ateos. Esta fue la última carta escrita por Crespo en el *Mercurio Peruano*. Esta careció de una respuesta pública por parte de la *Sociedad*. Para finales de 1793, Baquijano y Carrillo, así como Rossi y Rubí se encontraban en España, mientras que Unanue, probablemente debido a las amenazantes insinuaciones de ateísmo de la pluma de Crespo, decidió omitir una respuesta formal, por más que la carta estaba dirigida a su persona. Todo con el objetivo de evitar roces con el Santo Oficio, el cual se había reactivado con mayor ímpetu tras el desencadenamiento de la Revolución Francesa.

Si bien la carta de Crespo en contra del sistema copernicano no recibió réplica ni por la *Sociedad* ni por algún otro medio periodístico, sí la recibió su carta sobre el flujo y reflujo de los mares. Unanue fue el encargado de responder la carta de Crespo aludiendo que, de ser ciertas las conjeturas de Crespo sobre la inmovilidad de la Tierra, quedarían bajo severa amenaza más de dos siglos de observaciones planetarias y cálculos matemáticos⁵⁶⁷. En sus palabras:

*¿Podremos esperar que sin necesidad del movimiento de la tierra, el cálculo, y la Geometría, se explique el flujo, y reflujo de las aguas? ¿Las conjeturas propuestas por el Doctor Crespo merecerán algún día substituirse á las de Descartes, y Newton? [...] el doctor Crespo necesita de él [el mérito] para disolver las muchas objeciones que se le pueden oponer.*⁵⁶⁸

⁵⁶⁷ MP, volumen II, 109.

⁵⁶⁸ MP, volumen II, 110.

“Grandes afirmaciones requieren de pruebas extraordinarias”, pareciera ser la lógica detrás de las impugnaciones del médico peruano frente a las conjeturas de Crespo. Refutar a Newton, en opinión de Unanue, no se consigue mediante apelaciones a las Sagradas Escrituras o a Dios, sino rebatiendo los principios matemáticos establecidos en sus leyes. La física moderna ya no puede descansar en lo cualitativo: el instrumental matemático se convierte en herramienta imprescindible para conjeturar sobre los fenómenos de la naturaleza física.

En esta misma línea, aunque con un tono bastante más agresivo, se sitúan los comentarios del padre franciscano Antonio Olavarrieta en las páginas del *Semanario Crítico*.

[...] *Ahora quiero valerme de ellas [las ideas de Newton, Descartes y Euler] para decir que no pasa de mero Hipotesis el expresado discurso sobre las aprobadas reflexiones [sobre el flujo y reflujos de los mares]. Digo mas: que aun en linea de Hipotesis es extravagante cosa atribuir á los fondos y cavernas el influxo de variar la superficie de las aguas con notable diferencia*⁵⁶⁹.

El rechazo y las resistencias frente a la penetración de la ciencia moderna en el Virreinato del Perú se debe estudiar por etapas. Si antes de 1767, el vehículo principal de censura fue el Tribunal del Santo Oficio (no tan activo en materia científica), después del extrañamiento y la consolidación del poder regalista de Carlos III, Newton pasó a ser impugnado en los claustros universitarios. Las razones fueron varias: rechazo al regalismo que imponía la enseñanza de filosofía moderna sin consulta o aprobación de los catedráticos; apatía por actualizar el material educativo y, por tanto, permanecer en la escolástica tradicional; la incompreensión de la física moderna debido a la invención del cálculo, y el rechazo ontológico al nuevo paradigma: el heliocentrismo newtoniano.

Esta última razón fue la que motivó a Pedro Nolasco Crespo a redactar cartas sucesivas al *Mercurio Peruano*: arremeter contra los filósofos modernos y, por añadidura, al grupo de socios y fundadores de la *Sociedad* que abiertamente habían señalado su adhesión a la física newtoniana. Esta nueva física amenazaba no solo con arrebatar el lugar privilegiado a la Tierra y a la especie humana en el cosmos - convertirse en *mariposas del Sol* - sino, y más grave aún, con despojar a Dios de sus prerrogativas divinas establecidas en la Biblia. De ahí la acertada observación de Crespo: la nueva física parecía coquetear con la independencia de Dios. Y es

⁵⁶⁹ *Semanario Crítico*. Número 5, 51.

que, en el fondo, la física newtoniana, por más que planteaba la existencia de un *Dios ingeniero* como causa última de la atracción, abría el camino para una física atea.

Apropiación de Newton y los nuevos horizontes científicos en el Virreinato del Perú

La apropiación de la física de Newton en el último tercio del siglo XVIII en el Virreinato del Perú ocurrió, al igual de entre quienes rechazaron este nuevo paradigma, por diferentes motivos que oscilan entre lo extracientífico hasta por una adhesión a la esencia misma de sus postulados. El contexto post expulsión de la Compañía de Jesús abrió la posibilidad de que los principios newtonianos pudieran ser abiertamente enseñados y difundidos.

La apropiación de Newton fue un proceso histórico que tomó un rumbo público tras el extrañamiento. En páginas anteriores, se observó que una de las razones que estimularon su discusión y enseñanza fue el giro regalista que asumió el reinado de Carlos III que, por intermediación de sus ministros y virreyes, dieron paso a la redacción e imposición de nuevos planes de estudios en las universidades y colegios con el objetivo de renovar la currícula adoptando la física moderna para alcanzar la mayor felicidad pública gracias a la aplicación práctica que esta ofrecía en contraste con la tradición escolástica. De esta forma, se buscó imponer, mediante el báculo del Virrey Amat (1761-1776), nuevas constituciones en San Marcos y San Carlos que, a la postre, terminaron fracasando. No así fue la experiencia carolina con Toribio Rodríguez de Mendoza, quien gozaba del beneplácito directo del regalismo borbónico para proponer un nuevo plan de estudios.

Los aires intelectuales que se respiran en las dos últimas décadas del siglo XVIII son de renovación. Criollos educados en el extranjero, sacerdotes y médicos provincianos, aristócratas limeños, regulares de la Orden de la Buena Muerte, peninsulares, italianos, franceses, mineralogistas alemanes; todos ellos compartían la necesidad de comunicar la nueva ciencia en el Perú, y lo hicieron a través de la prensa ilustrada. Unanue dijo, *La Física experimental se demuestra por principios, y se prueba con axiomas matemáticos*⁵⁷⁰. Existía un ímpetu genuino por comunicar e ilustrar los avances de la nueva ciencia en el Perú, pero las motivaciones de fondo fueron muy variables. Este acápite tiene como finalidad escudriñar los motivos que condujeron a esta pléyade de intelectuales afincados en el Perú a apropiarse de la ciencia moderna y, en específico, de la física newtoniana.

⁵⁷⁰ MP, volumen I, 124.

Previamente se había sugerido que la Ilustración en el Perú - la urgencia de un selecto grupo de la élite intelectual peruana por comunicar e imponer los conocimientos ilustrados, en especial los científicos - contenía elementos ideológicos en cuanto existía una ideología de fondo que abogaba por cambiar las costumbres de la sociedad. Si bien la difusión de Newton tenía un correlato *verdadero*, pues sus afirmaciones no podían calificarse de *hipótesis*, sino de hechos objetivos matemática y empíricamente verificables, no todas las publicaciones del *Mercurio Peruano*, que se orientaban a la difusión de las ciencias, tuvieron un final feliz.

Un caso interesante de análisis fue la publicación de “Memoria Histórica, y Crítica sobre la introducción del Magnetismo en Manila”⁵⁷¹ publicado anónimamente en el volumen XII del *Mercurio*. En este, el autor establece una defensa férrea del magnetismo animal, una práctica pseudocientífica (desacreditada desde el siglo XIX) inventada por el médico alemán Franz Mesmer, la cual es definida como *un arte de curar enfermedades que dependen de los nervios por remedios puramente externos, mas simples, y mas directos que los ordinarios*⁵⁷². Es decir, un método de curación a distancia, con el uso de herramientas y sin contacto directo con el paciente. En dicha publicación, el autor arremete contra quienes dudaban de la eficacia de esta práctica médica, calificándolos de *ignorantes que negarían los fenómenos de la electricidad, la atracción del imán, el impulso de la pólvora, la elevación de los globos aerostáticos, y el efecto de las varas eléctricas, por serles incomprendible el mecanismo [...], para lo cuales el tiempo y el Magnetismo no curan esta enfermedad*⁵⁷³.

La ciencia moderna penetraba junto con el dogma ilustrado. Caso similar se le puede objetar al padre Antonio Olavarrieta, fundador y único editor del *Semanario Crítico*. El franciscano arremetió de forma sarcástica contra las conjeturas de Pedro Nolasco Crespo sobre las causas del flujo y reflujo de los mares: *Es cosa muy particular (debemos todos confesarlo á pesar del honor de nuestra España) ver hombres de tan delicada comprension, y talento como es el Autor de las expresadas reflexiones en un Pais recién conquistado, y trasplantado de un Gobierno salvaje á una suave Legislación*⁵⁷⁴. Estos dos ejemplos permiten ver que la introducción del discurso ilustrado en el Perú coexistió también con una mirada acrítica de la ciencia moderna,

⁵⁷¹ MP, volumen 12, Número 589.

⁵⁷² MP, volumen 12, Número 64.

⁵⁷³ MP, volumen 12, Número 108.

⁵⁷⁴ SC, 29.

incluso entre quienes podrían considerárseles como partidarios del heliocentrismo. Sin embargo, ¿pasó lo mismo entre los ilustrados alrededor de la *Sociedad*?

Isaac Newton se hizo conocido en el Perú no solo por su teoría de la gravitación universal, sino también por sus leyes del movimiento y las leyes de la refracción y la reflexión de la luz. Carlos Pedemonte, estudiante de San Carlos y protagonista de la “Noticia de un acto público de Filosofía y Matemáticas...”⁵⁷⁵ estaba al tanto de dichos conocimientos, al igual que el químico y capitán de Caballería francés Joseph Coquette y Fajardo, socio académico de la *Sociedad* en sus últimos años. Coquette fue responsable de traducir del francés al castellano la nomenclatura química del científico francés Antoine Lavoisier, considerado el “padre de la química moderna”, bajo el título de “Principios de Química y Física, para servir de introducción á la Historia Natural del Perú”⁵⁷⁶. Dicha publicación tuvo que ser suspendida por la *Sociedad* por su alto grado de complejidad, al punto que no resultaba motivo de entretenimiento para ciertos suscriptores del *Mercurio*⁵⁷⁷.

Coquette fue autor también de *Electricidad Astronómica. Experiencias que parecen demostrar que el movimiento de los Astros pende de la electricidad*⁵⁷⁸, que, en opinión nuestra, constituye el tratado de ciencia con el mayor despliegue de conocimiento sobre la física de Newton en el *Mercurio Peruano*, donde se propone un planteamiento original sobre la causa detrás de la gravitación universal. El modo de apropiación de Newton por parte de Coquette se va a estudiar más adelante, pero por el momento nos limitaremos a presentar algunas pistas sobre el grado de actualización científica del químico francés:

*El Universo, dice un Filósofo moderno, es el agregado de diferentes sistemas ú órdenes de cuerpos [...] Cada uno de estos sistemas puede contemplarse compuesto de un sol, ó estrella fixa que brilla, y es centro de diversos cuerpos que giran al rededor de él á distancias diferentes, con cantidades desiguales de movimiento, y pudiera reputarse por una Provincia particular del Cielo*⁵⁷⁹.

⁵⁷⁵ MP, volumen VIII, 293.

⁵⁷⁶ MP, volumen VI, 74.

⁵⁷⁷ MP, volumen VI, 113.

⁵⁷⁸ MP, volumen IX, Número 292.

⁵⁷⁹ MP, volumen IX, 111.

Adicionalmente, señala que: *Mr. Cataud en una Memoria intitulada, “Investigaciones sobre la luz y el calor”, presentada á la Sociedad Real de la Ciudad de Metz, [...] asienta que el Sol, es de la misma naturaleza, é infinitamente mayor él solo que todos los Planetas de nuestro sistema con todos sus satélites: que la superioridad de su masa lo constituye necesariamente el centro de gravedad de todos los cuerpos [...]*⁵⁸⁰

Las palabras a las que alude Coquette se enmarcan en un cambio de paradigma astronómico. La gravedad ya no solo se presenta como un hecho fáctico y objetivo: también el privilegio del sistema solar de constituirse como único y privilegiado, cede frente a la existencia de múltiples sistemas solares, cada uno con su propia estrella y posibles planetas orbitando en torno a ellas. Adicionalmente, sus citas al científico Mr. Cataud no solo demuestra su conocimiento actualizado de la literatura científica del momento (1790 para un texto de 1793), sino conjeturas acertadas en cuanto a la superioridad de la masa solar en relación con el resto de planetas y satélites dentro de nuestro sistema.

El autor introduce a Newton y plantea sus conjeturas acerca del origen de la gravedad:

*Si la Astronomía Física Newtoniana, que hace tanto honor á la Filosofía, nos ha enseñado que existe una fuerza por la qual todos estos cuerpos se dirigen los unos ácia los otros; que esta fuerza en un sentido mas lato, es la misma que la gravedad, ó un efecto general constante y permanente de la materia, la electricidad astronómica que anuncio, demostrará quizá la causa de este maravilloso efecto*⁵⁸¹.

El objetivo de la indagación de *Electricidad Astronómica* reside en dilucidar la causa del fenómeno de la gravedad, el cual el autor atribuye a la electricidad astronómica. Si bien aún en la actualidad se desconoce la “chispa” detrás de los fenómenos gravitatorios (se presume la posibilidad del *gravitón*), los trabajos sobre la electricidad cobraron una relevancia inusitada en las décadas finales de los siglos XVIII y llegarían a su auge con el desarrollo de la teoría electromagnética por obra de Michael Faraday y James Clarke Maxwell en el XIX. Por tanto, las propuestas de Coquette no nadaban a contracorriente, sino que resultan voceras de las más actualizadas novedades físicas de Europa dirigidas al público peruano.

⁵⁸⁰ MP, volumen IX, 116.

⁵⁸¹ MP, volumen IX, 111-112.

Newton no es sólo conocido por los miembros de la *Sociedad*, sino que es elogiado y elevado como una antorcha que ilumina el conocimiento científico, cuyos descubrimientos deben ser transmitidos para su enseñanza y difusión. A pesar de ello, no todos los ilustrados en el Perú abrazaron la física newtoniana por las mismas razones. Mientras algunos se apropiaron de él por razones eminentemente prácticas, otros vieron en él a un científico excepcional cuyas verdades en sí mismas debían ser comunicadas, sin apelar necesariamente a la utilidad práctica de sus teorías. Y, adicionalmente, se encuentra otro grupo que lo hizo para sugerir que el Perú era un país encaminado por las sendas ilustradas.

Autores como Roberto Katayama (2013) y Lleisen Quiroz (2016) han enfatizado la orientación eminentemente práctica de las ciencias físicas en el Perú bajo la monarquía de los Borbones. En opinión de Katayama, al referirse a los cosmógrafos mayores, establece que “*los mejores representantes de la astronomía virreinal peruana no estaban interesados sobre los movimientos planetarios y los fenómenos astronómicos per se sino por la utilidad que ellos pudieran tener para la confección de cartas náuticas, calendarios, estudios del clima (día más cálido, nivel promedio de precipitaciones, etc.), predicción de eclipses, explicación de fenómenos astronómicos como los cometas, etc.*”⁵⁸².

Quiroz resulta ser partidario también de una postura similar. Para él, las ciencias que son promovidas desde el Estado como parte del proyecto del despotismo borbónico son las que tienen aplicación práctica. En consonancia con lo anterior, el autor señala que “*las ciencias deben conducir a la aplicación de la técnica y no a especular sobre el cielo y menos sobre el poder de los reyes en la Tierra [...] Este es el tipo de ciencia que enarbola el Mercurio Peruano*”⁵⁸³. Esto nos obliga a plantear la siguiente interrogante: ¿Hasta qué punto la adopción de Isaac Newton por los intelectuales en el Perú tuvo como único, principal y exclusivo *leitmotiv* la utilidad de su ciencia para su aplicación práctica?

Evidentemente, existía una clara motivación práctica. Si el objetivo último del despotismo ilustrado consistía en extender al máximo la felicidad pública del pueblo español, y dicha meta pasaba por mejorar la navegación, maximizar la extracción de los recursos naturales y fortalecer la enseñanza de futuros técnicos, médicos e ingenieros; en definitiva, resulta

⁵⁸² Katayama, “Supuestos y filiaciones”, 125.

⁵⁸³ Quiroz, *La razón ensombrecida*, 190.

quimérico omitir las ventajas que la nueva ciencia ofrecía y el móvil detrás de su promoción. Este discurso encaja cabalmente con la mentalidad de tres virreyes del Perú: Amat, Guirior y Jáuregui.

Según el virrey Amat y Junient (1761-1776), un entusiasta promotor de las ciencias bajo el auspicio de Carlos III, dejó en claro sus opiniones acerca del rol de las matemáticas bajo su gobierno: *Por cuanto el estudio de las Matemáticas, que hoy tan empeñosamente se cultiva en todo el orbe literario, sea no menos desconocido en este país que sería útil á los que lo habitan su enseñanza, así porque [...] comunicaría á la sociedad mayores ventajas sin comparacion que al resto del mundo descubierto, como porque robusteciendo el principal nervio de la defensa con el práctico ejercicio de esta facultad, se pondrían á cubierto estas provincias de toda clase de enemigos que las insulten, ahorrándose al mismo tiempo aquella porción de Real Hacienda*⁵⁸⁴ [...]

Opinión similar fue compartida por su sucesor, el virrey Manuel de Guirior (1776-1780): *“Para que éste se acreciente en ellos y en los demas con generalidad , cual conviene á la causa pública, no excusaré apuntar á V. E. lo mucho que importaría llevar á ejecución el designio de que se cultiven con especial empeño las ciencias matemáticas y la filosofía , así experimental como química, á fin de que difundiesen sus útiles conocimientos, é ilustrados de ellos los ánimos que han de regir los pueblos de este reino”*⁵⁸⁵.

Finalmente, el virrey Agustín de Jáuregui (1780-1784) proponía a finales de 1784 la eliminación de una de las tres cátedras de filosofía aristotélica en San Marcos y San Carlos, y su reemplazo por una de física experimental⁵⁸⁶.

Como se puede ver, la noción de utilidad práctica de las matemáticas y de la filosofía experimental está presente en las iniciativas discursivas de los tres virreyes. La utilidad que estas pueden conferir son múltiples, pero Amat señala dos en concreto: robustecer la defensa del Virreinato frente a potenciales amenazas exteriores y un mayor ahorro de recursos de la Real Hacienda en sueldos para los ingenieros. Esta noción de utilidad, a su vez, se dirige a su enseñanza; es decir, su presencia en las escuelas y universidades. Por tanto, la idea de utilidad

⁵⁸⁴ *Relación de Gobierno del virrey Amat y Junient*, 471-472.

⁵⁸⁵ *Relación de Gobierno del virrey Manuel de Guirior*, 17.

⁵⁸⁶ *Relación de Gobierno del virrey Agustín de Jáuregui*, 136.

práctica pasa a estar indefectiblemente vinculada con la educación. Enseñar ciencia moderna significa proporcionar conocimientos de útil aplicación. Estos dos campos se presentan como dos caras de una misma moneda. ¿Se podría argumentar, entonces, que Toribio Rodríguez de Mendoza, el principal promotor de la física de Newton en el terreno educativo peruano, lo hizo exclusivamente por implicaciones prácticas?

Rodríguez de Mendoza, antes que rector del Real Convictorio de San Carlos y miembro de la *Sociedad de Amantes del País*, fue un agente imperial al servicio del regalismo de Carlos III, aunque consciente de sus intereses y motivaciones. Carlos III, mediante sus ministros Campomanes, Floridablanca y Aranda, impulsaron reformas en Salamanca, Alcalá de Henares y Valladolid - con diferentes grados de éxito y fracaso - de la misma forma que los virreyes en las universidades de América. En el Virreinato del Perú, la reforma más exitosa fue la de San Carlos de 1787 a cargo de Rodríguez de Mendoza. El contexto de finales del siglo XVIII estaba configurado a favor de una retórica de la ciencia cada vez más matematizada y con aplicaciones prácticas más específicas. Para el rector del convictorio carolino, parece ser que la física newtoniana se direccionaba por esta coordenada. Al respecto, menciona lo siguiente:

Entre todos estos medio el más poderoso y feliz, no solo para asegurar y progresar el buen gusto de la física, sino también el estudio de las matemáticas, fue la preferencia que di al sistema del gran Newton conociendo que el cálculo y la geometría, de que están erizados este sistema y los libros que tratan de él, hacen indispensable el estudio de las matemáticas. [...] A este último arbitrio principalmente son debidos los progresos que se han hecho y están haciendo los jóvenes, cuyas lucidas actuaciones han sido repetidas en esta real universidad, mereciendo por ellas el público aplauso y un testimonio tan sincero como ventajoso de varios inteligentes profesores de Europa venidos en las corbetas bajo el comando del caballero Malaspina [...] ⁵⁸⁷.

La lógica detrás de la elección por Newton parece seguir el siguiente sendero: si las matemáticas y la física constituyen los pilares técnicos que contribuyen al progreso de las naciones, especialmente bajo un imperio que reconoce su letargo frente a las potencias del norte, su enseñanza en los colegios y universidades se hacen indispensables para la consecución de dicho fin, pero no solo eso: mediante el cálculo infinitesimal y la geometría desarrollados

⁵⁸⁷ *Plan de Estudios de 1787*, 59.

en sus *Principia*, estas se convierten en las herramientas matemáticas más útiles y eficaces no solo para el progreso general del Perú, sino también de los propios jóvenes.

Este modo de pensar era compartido por Joseph de Rezabal y Ugarte, quien en 1788 redactó un informe sobre el plan de estudios de Rodríguez de Mendoza en San Carlos. Rezabal respaldaba la opinión del rector sobre la utilidad del cálculo y, por ende, de la física de Isaac Newton.

*La utilidad de la Mathematica, así para la perfección de las artes y las ciencias, como principalmente por los auxilios, que comunica a la Phisica, es tan universalmente conocida que fuera ocioso esforzar esta verdad con los testimonios mas respetables. Aun para los Jóvenes tiene la inestimable calidad de acostumarlos al espíritu de cálculo y combinación, que es tan necesario para varios usos de la vida [...]*⁵⁸⁸

En ese sentido, las afirmaciones de Katayama y Quiroz parecen coincidir con la lógica detrás de los virreyes y de Rodríguez de Mendoza. Esta opinión también era compartida por los redactores del *Mercurio Peruano*. Unanue decía que *Las ciencias naturales son de primera necesidad en el Perú, atendidos los frutos que él ofrece, y han sido las más olvidadas*⁵⁸⁹.

La apropiación de Newton por parte de los letrados en el Perú pasaba por su aplicación práctica: esta debía ser proporcionada a los jóvenes en las escuelas y universidades para que, una vez graduados, contribuyan con el progreso del país y del imperio. Sin embargo, observando cautelosamente las referencias a Newton en las fuentes estudiadas, uno se percata de que existían otras motivaciones detrás de su apropiación. Es decir, se cuestiona la afirmación de Katayama y Quiroz en referencia a que los científicos peruanos mostraban desinterés por el movimiento de los cuerpos planetarios *per se*, y, más aún, acerca de la afirmación de que las ciencias no debían conducir a especular sobre los cielos. De hecho, existía un interés genuino por la verdad newtoniana y los ilustrados no escatimaron en comunicarla al público.

La apropiación de Newton en el Perú tomó un rumbo *sui generis*. Fue peculiar, en el sentido que, a diferencia de otros grandes filósofos de la modernidad, como Descartes o Gassendi, el

⁵⁸⁸ *Reflexiones de Don Joseph Rezabal y Ugarte sobre diversos puntos del Plan de Estudios del Colegio de San Carlos de Lima, 1788, Filosofía.*

⁵⁸⁹ MP, volumen VII, 85.

inglés fue citado prácticamente con fines encomiásticos. Es decir, sus referencias aluden directamente a su grandeza como científico: por descubrir las leyes inmutables que rigen el universo. Este elogio lo ubica necesariamente en un escalafón distinto al resto de sus colegas, pues no se celebraba únicamente su éxito para explicar la naturaleza con fines utilitarios.

Unanue, por ejemplo, hablaba de Newton y de Linneo como *superiores al resto de los Filósofos*⁵⁹⁰. Ambrosio Cerdán y Pontero, quien asumió el cargo de director de la *Sociedad* tras la partida de Rossi y Rubí y Baquijano y Carrillo a España, se refiere a Newton como quien *ocupa dignamente un primer lugar*⁵⁹¹ entre los grandes matemáticos de la Modernidad. Incluso Rezabal y Ugarte, quien en su informe sobre el plan de estudios de San Carlos se mantuvo escéptico frente a la sustitución de Aristóteles de la currícula y crítico frente a la arrogancia de algunos filósofos modernos, advierte del peligro del sectarismo en la filosofía, pero *debiendo ser solo exepcion de esta regla el gran Neuton, en quanto a su fisica, por estar universalmente recibidos los luminosos y profundos principios de este sabio intérprete de la naturaleza*⁵⁹².

La apropiación de Newton, por tanto, no subyace únicamente en su utilidad práctica. Por el contrario, a diferencia del resto de matemáticos y filósofos de la Modernidad, la adhesión que realiza la élite en el Perú fue, principalmente, por sus méritos como científico. De ahí la centralidad de Newton como protagonista de un nuevo modelo de ciencia: experimental, inductiva, matematizada, metódica y apoyada institucionalmente.

*Ahora pues ¿en qué otro estudio, en qué otra ciencia se encontrarán las verdades que ofrecen las Matemáticas? Desde el mas simple axioma de Geometría hasta el abismo del Cálculo [...] se pasa de verdad en verdad*⁵⁹³. Con esas palabras, Rossi y Rubí atribuía la condición de *verdad* del cálculo como fundamento de la ciencia moderna. Más allá de su aplicación potencial, lo que se rescata es el hecho de ser *cierta*. Un razonamiento parecido fue presentado por Joseph Coquette en *Electricidad Astronómica*:

[...] sentado el dogma Newtoniano de la atraccion universal de la materia, todos los fenómenos celestes, y todos los movimientos regulares é irregulares de nuestro sistema se deducen y explican con la mayor sensillez y claridad, sin que se tema ya objecion alguna que debilite la

⁵⁹⁰ MP, volumen II, 81.

⁵⁹¹ MP, volumen VII, 227.

⁵⁹² *Reflexiones de Don Joseph Rezabal y Ugarte sobre diversos puntos del Plan de Estudios del Colegio de San Carlos de Lima, 1788*, Filosofía.

⁵⁹³ MP, VIII, 21.

*firmeza de estos principios, ni fenómenos ú observacion nueva que los contradiga, puesto que de un siglo á esta parte todas las observaciones de los Astrónomos y Físicos han conspirado solamente á confirmarlos. [...] De suerte que la atraccion recíproca de los cuerpos, en razon directa de sus masas, inversa de los cuadrados de sus distancias, parece ser una propiedad esencial, característica y universal de la materia*⁵⁹⁴.

Tanto el contenido semántico como la finalidad discursiva del autor se dirigen a presentar la atracción universal de Newton - en razón directamente proporcional a sus masas e inversamente proporcional a sus distancias al cuadrado - como un principio universal de la materia y como ley general de la naturaleza. Detrás de dicho contenido discursivo no existe ni se insinuaba utilidad práctica alguna, sino, más bien, un fin educativo que busca persuadir al lector acerca de la verdad de las premisas newtonianas. El propio artículo no pretende transmitir conocimiento de aplicación, sino *demostrar que el movimiento de los Astros pende de la Electricidad*, como indica su título. Son conjeturas que, mediante experimentación científica, buscan dar con la *verdad*, y estimular el espíritu de curiosidad y discusión entre los lectores y miembros de la *Sociedad*, no que sirvan para la navegación o la defensa del Virreinato, a pesar que Coquette era químico y capitán de caballería.

Esta forma de apropiarse de Newton fue constitutiva, incluso, entre los agentes que tenían como función el estimular la ciencia newtoniana con fines utilitarios: los educadores. Isidoro de Celis fue un fraile peninsular de la orden de San Camilo que, a inicios de la década de 1780, fungió como rector del colegio de Santa María de la Buena Muerte de Lima, donde enseñaba filosofía moderna según las teorías de Newton. El *Curso Filosófico* del padre Celis fue publicado en Madrid en 1787 y en él se detallaba el plan de estudios que estableció en el colegio de Santa María. En lo referente a la astronomía, el autor sostenía lo siguiente:

*El sistema copernicano del mundo corresponde exactamente a las observaciones astronómicas y concuerda muy bien con la ley general de la naturaleza, la gravitación. Por consiguiente, proponemos que el sol se ubica en el centro del mundo y que todos los planetas, sin salvedad de la tierra, giren en torno al sol en ciertos períodos*⁵⁹⁵.

⁵⁹⁴ MP, volumen IX, 114.

⁵⁹⁵ Celis, Isidoro. *Curso Filosófico*, pf.921. En Redmond, Walter. *La lógica en el virreinato del Perú a través de las obras de: Juan de Espinoza Medrano (1688) e Isidoro de Celis (1787)*. Universidad Nacional Mayor de San Marcos, 405

El *Curso* era inédito, pues se trataba del primer plan de estudios en el Virreinato del Perú en introducir la física de Newton en 1781, seis años antes que en el Convictorio de San Carlos. El *Curso* resultó tan popular, al punto que un resumen del mismo fue publicado en la *Gazeta de Literatura de México* del padre José Antonio Alzate bajo el título de “Análisis del *Curso Filosófico* del padre Celis”, y republicado en el *Mercurio Peruano* en los números 293 y 294 correspondientes al volumen IX a finales de 1793. Alzate describe lo elaborado por Celis bajo las siguientes palabras:

Llegamos ya á la quarta parte de la Filosofia que es la Física. Su autor (Celis) comienza explicando de la Aritmética, Álgebra, Geometría y Trigonometría todos aquellos conocimientos indispensables para hacer algun progreso en esta facultad, y sin los cuales sería imposible entender la Física de Newton, que es la que expone. En efecto, es menester confesar, que si un Filósofo debe adoptar algun sistema, es sin duda alguna el de la atraccion. Sea la que fuere su causa, lo cierto es que los fenómenos, tanto en el cielo como en la tierra, nos la demuestran tan claramente, que no es posible dudar de su existencia⁵⁹⁶. [...] Asimismo, expone los sistema del Mundo, de los que adopta el Copernicáno, como el mas conforme á las observaciones astronómicas, y á la ley general de la naturaleza, la atraccion⁵⁹⁷.

La apropiación de Newton, tanto por parte de Celis, Alzate y los miembros de la *Sociedad*, demuestra que el fin práctico no constituyó el único motor detrás de la enseñanza de la física del inglés. La retórica detrás de la apropiación adquiere un nuevo sentido y es el que hemos tratado de enfatizar: demostrar que se trata del sistema *correcto* del mundo, del cual no se puede dudar por corroborarse empírica y matemáticamente, y esta *verdad* debe ser enseñada.

Para dar por concluido este punto, debemos retroceder a una cita Rodríguez de Mendoza⁵⁹⁸. Nuevamente, el criterio de *verdad* parece prevalecer sobre la utilidad práctica para enseñar la

⁵⁹⁶ MP, volumen IX, 125.

⁵⁹⁷ MP, volumen IX, 126.

⁵⁹⁸ “Siempre ha sido reprehensible el espíritu de partido. En nada es tan perjudicial la parcialidad como en la física, porque la naturaleza nunca se ha de acomodar a las ideas de los filósofos y por lo mismo los filósofos es preciso que acomoden sus ideas a la naturaleza. El ser cartesiano o gassendista se hace tan notable como el ser aristotélico. [...] Pero pregunto ¿diremos lo mismo de los newtonianos? Juzgo que hay mucha diferencia. El sistema del sabio inglés no está fundado como los demás en hipótesis arbitrarias sino en principios incontestables: diariamente ha sido confirmado por la experiencia y será hallado todo conforme a las observaciones hechas antes y después de él. Por eso Diderot y d’Alembert, lo miraron como verdadero y demostrado y todos los sabios de Europa se han

física de Newton. Sin embargo, esta cita parece ir un poco más lejos: Newton es adoptado por Rodríguez de Mendoza no por fundarse en hipótesis arbitrarias, como el resto de filósofos, sino por regirse por principios inobjetables confirmados por la experiencia y validado por el método matemático (el cálculo). Es decir, Newton fue apropiado por el sacerdote chachapoyano en la medida que se trata de conocimiento empíricamente verificable, en contraste con la metafísica que caracterizaba a la filosofía escolástica. En ese sentido, Newton se constituía como una apertura hacia la filosofía empirista en el Perú y, por qué no, hacia una de corte positivista. De ahí se infiere lo delicado de la situación: apropiarse de Newton no resultaba únicamente en la adopción de un autor de moda, sino de uno que abría las puertas a un quehacer filosófico y científico completamente nuevo y contradictorio con la escolástica y, hasta cierto punto, con las Sagradas Escrituras.

En consonancia con esto, se sugiere un último modo de apropiación de Newton: la necesidad de los letrados en demostrar que el Perú no era un país atrasado, sino uno alumbrado por las sendas de la Ilustración. Los ilustrados en el Perú, al igual que los españoles, fueron plenamente conscientes de su situación de atraso científico frente a los países del norte de Europa. Los comentarios de Nicolas Masson de Morvilliers⁵⁹⁹, que se analizaron en el capítulo anterior, generaron un profundo resentimiento entre los intelectuales peninsulares. Si bien respondieron a las acusaciones del ilustrado galo, se vieron en la obligación de hacerlo, pues no era creencia poco extendida entre los ilustrados franceses el menospreciar los aportes científicos y culturales de España al mundo.

La situación era aún más comprometedoras entre los ilustrados del Nuevo Mundo. El Conde de Buffon había cuestionado la capacidad de los americanos al aducir una supuesta inferioridad intelectual generada por el clima tropical, que supuestamente inhibía la maximización de los dotes mentales de sus habitantes, repitiendo la creencia aristotélica sobre la imposibilidad de sostener vida inteligente en las regiones tórridas. Cada vez que arribaba un científico extranjero al Virreinato del Perú, desde Godin a mediados del siglo XVIII, las expediciones de Alejandro Malaspina a inicios de la década de 1790, las mineralógicas del barón de Nordenflycht, hasta Humboldt, los letrados peruanos sentían la necesidad de impresionar a sus huéspedes

declarado por su partido. El matrimonio con vínculo indisoluble con las matemáticas y tan conforme a la demostración y al cálculo le da un realce tan sublime que lo pone a cubierto de la sospecha de falsedad o principio". Plan de Estudios de 1787, *Filosofía*.

⁵⁹⁹ Véase cita 282.

extranjeros convenciéndolos que, en Perú, al igual que en Europa, se *hace*, se *enseña* y se *difunde* ciencia. Esto sugiere por qué cuando Alejandro Malaspina arribó a territorio peruano, se convirtió directamente en evaluador científico de los certámenes públicos de ciencia de los estudiantes carolinos; o por qué las páginas del *Mercurio Peruano* se llenaron de mensajes encomiásticos hacia el proyecto del barón de Nordenflycht, a pesar de sus números negativos; o por qué cuando Humboldt regresó a Prusia, se llevó consigo los doce tomos completos del *Mercurio*.

La promoción y desarrollo de las ciencias fue probablemente el único tópico común que compartieron todos los movimientos ilustrados: desde Escocia y Francia, hasta el Nuevo Mundo. Cada proceso particular tuvo sus peculiaridades: en Francia, el discurso liberal, secularizante y antimonárquico tuvo un eco infinitamente más intenso que en España, donde el Santo Oficio se concentró en censurar aquellos discursos transgresores de la autoridad monárquica. Por el contrario, en el mundo hispano la Ilustración tuvo un correlato distinto, pues fue desde el trono donde se buscó ilustrar a la población, pero sin transgredir el orden estamental existente. Sin embargo, a diferencia de las ideas políticas o económicas, de la ciencia emanaba un lenguaje universal, un espacio de entendimiento más allá de las nacionalidades. Juan y Ulloa trabajando al lado de Godin, Malaspina junto con José Bustamante y Guerra, o Rossi y Rubí, Coquette o Cisneros contribuyendo en un mismo proyecto con Unanue y Baquijano y Carrillo.

Una razón para pensar de por qué un 25% de los números del *Mercurio Peruano* se orientaban a la difusión de las ciencias, muchos de ellos con propuestas originales, no sólo se explican por una iniciativa ilustradora, sino también para demostrar que en el Perú se *hace* y se *conoce* la ciencia moderna. En ese sentido, la apropiación de Newton desempeñó un rol destacado: mediante el despliegue de un conocimiento profundo de su obra, así como la enseñanza de sus métodos (en especial el cálculo), se quería demostrar que los peruanos habían entrado finalmente en las vías ilustradas. No existía razón para que sean observados por debajo de los hombros: en el Perú se hacía, se enseñaba y se difundía institucionalmente la nueva ciencia newtoniana.

Esto nos conduce a plantear una última pregunta: ¿entre los ilustrados que se apropiaron de la física de Newton existieron ciertos coqueteos con corrientes ateas tal como sugería Pedro Nolasco Crespo? Evidentemente, una declaración de este estilo implicaba una sentencia

inquisitorial inmediata y una potencial censura definitiva del medio encargado de publicarla, por lo que públicamente estas acciones no se daban. La existencia de Dios era un hecho consumado, una verdad objetiva de la cual no se puede dudar. No obstante, la ciencia avanzaba y los postulados newtonianos ponían en jaque prerrogativas que se adjudicaban al Divino Hacedor. Se ponía en duda, por ejemplo, la creación divina de la Tierra hace seis mil años basándose en los depósitos de sal en los océanos⁶⁰⁰. Metódicamente, Joseph Coquette opinaba bajo la siguiente lógica:

No ha quedado pues otro recurso á los Astrónomos Físicos para explicar la fuerza de proyeccion, comunicada por un agente extrínseco á los astros, que el de la Suprema voluntad del primer Autor y motor de la Naturaleza, recurso á que unicamente se acogen y deben acogerse quando no encuentran asilo alguno, ó analogia en las causas segundas⁶⁰¹.

Según esta cita, Dios prevaleció como *primer autor y motor de la naturaleza*, es decir, la causa primera detrás de todos los fenómenos físicos. Sin embargo, Dios, según el nuevo quehacer científico y filosófico que se deduce de la pluma de Coquette, ya no puede constituirse como agente directo de los hechos, sino únicamente cuando no existe una causa física detrás de los fenómenos físicos. Esta es una lección newtoniana. No se niega su existencia, pero pierde protagonismo en el ámbito científico. Este nuevo aparato discursivo sobre Newton, logrado gracias a sus leyes fundamentales de la naturaleza, permiten ilustrar los albores del divorcio entre ciencia y filosofía, así como de una epistemología cada vez más independiente de la acción divina.

Para finalizar, ¿la discusión en torno a Newton y la nueva ciencia en el Perú osciló únicamente entre su rechazo y apropiación, o existieron puntos medios? Este capítulo culmina con el análisis de un último modo de aproximación a Newton en el Virreinato peruano: las perspectivas eclécticas.

Balance del debate Newtoniano: perspectivas eclécticas

Lo que se ha tratado de demostrar en esta investigación es que la introducción de la ciencia moderna por medio de la física de Isaac Newton en el Virreinato del Perú dejó un impacto

⁶⁰⁰ MP, volumen IX, 129.

⁶⁰¹ MP, volumen IX, 114.

profundo que se materializó en la adopción de posturas antagónicas respecto a la “validez” de sus premisas. La física y la astronomía, a diferencia de otras ciencias como la química, mineralogía, historia natural o meteorología, resultaban particularmente problemáticas, pues sus novedades, en lugar de ofrecer únicamente resultados prácticos o útiles, tendían necesariamente a la reflexión y discusión sobre los sistemas del mundo. Particularmente, la física de Newton generó un debate de mayor envergadura, ya que, gracias a la matematización del heliocentrismo copernicano y su validación como el modelo “verdadero” tras la misión Geodésica al Ecuador - en un siglo donde los criterios de científicidad se entendían cada vez más en términos modernos (uso de las matemáticas, método inductivo, empirismo, institucionalización, etc.) - desafiaba casi dos mil años de geocentrismo y cuestionaba ciertos dogmas establecidos en la Biblia. En ese sentido, su introducción propició un lento cambio de paradigma al interior de la comunidad letrada en el Perú que dejó huellas profundas en diferentes campos, particularmente en el ámbito educativo y la prensa escrita.

Estas huellas oscilaron entre el rechazo absoluto y la apropiación. Sin embargo, existió también una postura intermedia, una que buscaba conciliar lo mejor de lo antiguo con lo novedoso de lo moderno: una posición ecléctica. Y es que un cambio tan fuerte y radical de paradigma necesariamente estimulaba el surgimiento de perspectivas conciliatorias sin la obligación de adherirse a un bando o “secta” en específico.

En el Virreinato del Perú, haciendo hincapié en la física y la astronomía, el pensamiento ecléctico adoptó las siguientes características. En primer lugar, una crítica a la escolástica tradicional y gusto por la filosofía experimental, pero con reservas frente al surgimiento de “sectas” en torno a filósofos modernos como Descartes, Gassendi y, en menor grado, Newton. Segundo, un rechazo al mecanicismo conciliando la razón y la fe de forma armónica, sin caer en el materialismo puro y sin renegar de los avances científicos. En tercer lugar, los eclécticos niegan adherencia alguna a un sistema de pensamiento en específico, sin contar al eclecticismo como uno. Cuarto, una descalificación de los sistemas de pensamiento en torno a la obra de un autor por fundamentarse en criterios absolutos de verdad, hechos que sólo Dios podría revelar. Finalmente, una predilección por el sistema cosmológico de Tycho Brahe⁶⁰².

⁶⁰² Al respecto, puede revisarse Sánchez, *El problema de la ciencia en el Virreinato del Perú*, I-II. Katayama, “Supuestos y filiaciones filosóficas”, 138. Pisconte y Katayama. “Orígenes de la ciencia moderna en el Perú”, 123-126.

En 1811, ya consolidado como uno de los principales intelectuales peruanos, una cita de Toribio Rodríguez de Mendoza parece definir la esencia del pensamiento ecléctico:

*“Cuando decimos Filosofía no nos referimos a aquella sectaria de Aristóteles, o de Descartes, o de Gassendi, o de Leibnitz, o de Newton, sino aquella que teniendo por guía a la razón, se saca del sentido común. La Filosofía de Aristóteles inútil a la física, produjo muchos ateos, del cartesianismo, procede el Berkelianismo y el Spinozismo; de la secta de Gassendi, el materialismo, Leibnitz propende al idealismo y Newton al puro mecanismo. El Teólogo no ha de jurar en las palabras de ningún maestro ni ser sectario, sino que ha de elegir un sistema ecléctico de filosofía”*⁶⁰³.

Si bien esta cita traspasa los límites cronológicos de la tesis, permite ilustrar, de acuerdo a la pluma uno de los más destacados pensadores peruanos de las postrimerías del Virreinato, cuál sería el modo *correcto* de hacer filosofía. Con más de sesenta años y, probablemente, más conservador que en sus primeros años como rector del Real Convictorio de San Carlos, la *verdadera* filosofía, en palabras de Rodríguez de Mendoza era la que se basaba exclusivamente en la razón: la adopción de un modo de razonar basado en la búsqueda de la verdad por medio de la síntesis de diversos sistemas de pensamiento, ya que jurar por un filósofo en concreto significaría renunciar a la verdad de otros. Para Rodríguez de Mendoza el camino que siguen los sectarios de Newton era el puro mecanicismo: un derrotero peligroso que podía conducir al deísmo o al ateísmo. Adherirse a un sistema significaba tomar partido por un dogma, y solo la religión católica y las Sagradas Escrituras tienen como fundamento último la verdad. En ese sentido, el eclecticismo se posicionaría como una actitud crítica frente a la escolástica decadente y la Ilustración dogmática⁶⁰⁴. Esto explicaría por qué Rodríguez de Mendoza procuró que en el contexto de la introducción del nuevo plan de estudios, los estudiantes *se hallan dispensados de la obligación de adoptar sistema alguno, y el que hasta hoy han preferido, es opuesto al Peripatético*⁶⁰⁵. Se enseña la filosofía según Newton, pero se otorga libertad al estudiante de abrazar el sistema que más le apetezca.

El mencionado informe de José Rezabal y Ugarte sobre el plan de estudios implementado por Toribio Rodríguez de Mendoza contiene fragmentos que coinciden con este eclecticismo.

⁶⁰³ Extraído de Sánchez, *El problema de la ciencia en el Virreinato del Perú*, 32.

⁶⁰⁴ Sánchez, *El problema de la ciencia en el Virreinato del Perú*, 32.

⁶⁰⁵ MP, volumen III, 201.

Respecto a los llamados “filósofos modernos” y la tradicional enseñanza de Aristóteles, declaró lo siguiente:

¿Pero qué concepto deberemos hacer de el orgullo con que se abrogan algunos Filosofos modernos el fastuoso nombre de creadores de nuevos sistemas, si la mayor parte de sus inventos y opiniones se encuentran en los escritos de los Antiguos, a quienes intentan condenar a un perpetuo olvido? [...] No se crea por eso, que mi designio es desaprobar el estudio de la Filosofía, que denominamos moderna, ni menos proscribirlo de la escuela. Reconozco los admirables progresos que se han hecho principalmente en la Física y en la Astronomía, y solo deseo que no se dejen alucinar los jóvenes con la arrogancia presuntuosa de algunos A.A. que se reputan nuevos Colones de la verdad inspirando aversión a la lectura de los antiguos, a quienes ni debemos mirar con la veneración supersticiosa, que se les ha rendido en otros tiempos, ni dexarles de tributar el reconocimiento que se les debe de justicia, por ser las fuentes donde hemos bebido nuestros primeros conocimientos⁶⁰⁶.

Lo que se percibe en la pluma de Rezabal fue la búsqueda de un punto medio que concilie la filosofía antigua con la moderna, descartando los elementos nocivos para la realización de una buena filosofía. Según él, parece ser que algunos de los “filósofos modernos”, (entre los que no se encontraba Newton) fueron asimilados por los jóvenes de tal forma que se presentaban como inventores de nuevos sistemas, “nuevos colonos de la verdad”, sin caer en cuenta de su arrogancia, del mismo modo que muchas de sus ideas habían sido previamente planteadas por los antiguos, a quienes con justicia se les debían rendir ciertos reconocimientos por ser las fuentes primigenias de la filosofía. Sin embargo, esta posición no contemplaba caer en el discurso escolástico de venerar a Aristóteles, ni tampoco proscribir la enseñanza de la filosofía moderna. Se trataba de buscar un punto de encuentro, un espacio de conciliación entre lo vigente del pasado y la utilidad de lo moderno.

Este mismo discurso fue rescatado por Hipólito Unanue al reproducir el elogio realizado por el Doctor Don Marcelino Alzamora al ascender a la cátedra del método de Galeno en San Marcos. En una contribución titulada “Actuaciones Escolásticas” en el *Mercurio Peruano*, el autor sostiene que...

⁶⁰⁶ *Reflexiones de Don Joseph Rezabal y Ugarte sobre diversos puntos del Plan de Estudios del Colegio de San Carlos de Lima, 1788, Filosofía.*

Finalmente observa que Newton, nuevo legislador de la Naturaleza, le da á esta un aspecto diferente, establece la Física celeste, y explica felizmente el movimiento de los Astros; pero advierte que las leyes de la atraccion lo desamparan en los fenómenos terrestres, y que en puntos de pura Física adoptando los atomos, el vacio, y el péndulo de Demócrito, discurre á poco mas, como los otros⁶⁰⁷.

La perspectiva de Alzamora parece reproducir un tópico recurrente entre la mayoría de los eclécticos: reconocía el impacto de Newton como “nuevo legislador de la Naturaleza” - entendiéndose como la nueva fuente de leyes del universo - pero estableciendo ciertas enmiendas a sus postulados, pues, al igual que Nolasco Crespo, conocía los límites de la atracción al tratar de reproducir sus leyes en el terreno microcósmico. Es decir, no se produjo una apropiación total de su física: se advertía su protagonismo. Indiscutiblemente era el filósofo más relevante de la Modernidad, pero se debían establecer fronteras claras para no caer ni en el dogmatismo ni en el sectarismo.

Adicionalmente, dada la vastedad de la filosofía en el siglo XVIII (incluía lógica, metafísica, física y ética, y estaba estrechamente vinculada con la teología) las ideas eclécticas resultaban más complejas de analizar. Este fue el caso de Isidoro de Celis, quien, según Walter Redmond, su ética y lógica parecían aproximarse a las bases de la Segunda Escolástica, mientras que su física estaba mucho más próxima a la ciencia moderna, pues su adhesión a los principios de Newton era total e indiscutible, a los que incluso les dedicaba mucho más protagonismo en sus páginas⁶⁰⁸.

Lo mismo con Cosme Bueno y Alegre. Como Cosmógrafo Mayor del Virreinato del Perú, Bueno fue un científico que accedió a la obra de Newton, pero sin adherirse a su sistema del mundo. Como vimos, el sistema cosmológico que gozó de mayor popularidad entre los intelectuales peruanos del siglo XVIII fue el de Tycho Brahe, el cual recién empezó a declinar después de la expulsión de la Compañía de Jesús. Según Katayama, este fue el sistema que seguía Cosme Bueno⁶⁰⁹. Este modelo encajaba perfectamente con el eclecticismo, pues en un momento de transición de paradigmas, el sistema de Brahe ofrecía una explicación intermedia

⁶⁰⁷ MP, volumen IX, 49-50.

⁶⁰⁸ Redmond, *La lógica en el Virreinato del Perú*, 47, 402.

⁶⁰⁹ Katayama, “Supuestos y filiaciones filosóficas”, 138.

entre el geocentrismo ptolemaico y el heliocentrismo copernicano. Significaba no renunciar a dos mil años de astronomía, explicar ciertos fenómenos celestes y salvar un modelo en crisis, al tiempo que no implicaba un rechazo definitivo de la ciencia moderna.

Por tanto, el eclecticismo no debería ser interpretado como una “salida fácil” o una indecisión en un momento marcado por la pugna entre dos paradigmas antagónicos, sino como un modo de pensar producto de una profunda reflexión filosófica. Sin embargo, como temía Pedro Nolasco Crespo, el siglo XVIII estaba a favor de los filósofos modernos. Los debates que se analizaron en el presente capítulo preconizaban el anuncio de una victoria inevitable. Tarde o temprano, la física de Newton se impuso, pero eventualmente llegaron otros tiempos en donde sus principios se pusieron en severo cuestionamiento, de la misma forma que Aristóteles fue impugnado en los periódicos y los claustros. Pero esto es motivo de otra investigación.



Epílogo a manera de conclusión: “La estela newtoniana”: más allá del siglo XVIII

El Perú post 1795 nos dejó con el siguiente panorama científico: se *hace ciencia* desde las principales instituciones como el Cosmografiato o el Protomedicato. Por otro lado, se *difunde ciencia* por medio de la prensa escrita, aunque con menor intensidad dada la desaparición de la *Sociedad de Amantes del País* y su vehículo propagandístico, el *Mercurio Peruano*. En tercer lugar, se *enseña ciencia*, principalmente en los dos centros educativos más destacados de las postrimerías del periodo virreinal: el Real Convictorio de San Carlos y la Universidad de San

Marcos. Por último, se *exhibe ciencia* por medio de certámenes públicos o en el recién creado Anfiteatro Anatómico de Lima dirigido por Hipólito Unanue⁶¹⁰. La actividad científica pasó de ser una actividad eminentemente individual, a una secundada en grupos, tertulias y lugares de debate, así como en espacios institucionales financiados por el poder político.

La ciencia moderna newtoniana había penetrado de forma irreversible. Se podía discrepar, cuestionar o asimilar, pero la indiferencia frente al newtonianismo no fue un elemento que caracterizó a la élite intelectual del Perú. El rechazo, la apropiación o el eclecticismo fueron el resultado de un puñado de hombres que, en razón de su ideología, educación, edad o preferencias intelectuales entendieron esta “nueva vía” que parecía dibujarse en los porvenires de la ciencia nacional. Todos, ya sea expresándose de forma explícita o de manera inadvertida, eran conscientes de la profunda transformación que se avecinaba, no sólo como parte del quehacer científico y filosófico, sino también de las propias ideas y mentalidades, que según Braudel, resultan ser las más difíciles y lentas de alterar.

Es cierto que el Perú virreinal no destacó como un territorio que gozara de grandes avances o novedades en el campo de la física y la astronomía. Por el contrario, el Perú tuvo un mayor influjo de las ciencias biológicas o de la medicina. De hecho, ninguno de nuestros protagonistas era “físico” o “astrónomo” en el sentido moderno del término: Baquíjano y Carrillo era abogado, Cosme Bueno e Hipólito Unanue eran médicos, Toribio Rodríguez de Mendoza y los frailes de la Buena Muerte eran hombres de Dios, Joseph Coquette, químico, etc. Sin embargo, y pese a esta aparente dificultad teórica, ninguno escatimó en educarse y pronunciarse respecto a la nueva ciencia. Su legado lo encontramos en sus escritos llegados hace más de doscientos años. Pero también dejaron discípulos. De esto último versa la estela newtoniana en el Perú: más allá del siglo XVIII.

Después del fallecimiento de Cosme Bueno en 1798, el puesto de Cosmógrafo Mayor del Virreinato del Perú quedó vacante. El virrey de entonces, Ambrosio O’Higgins (1796-1801) nombró al principal discípulo de Bueno, el médico Gabriel Moreno, como el nuevo regente del cargo, quien a su vez fue un cercano colega y contemporáneo de Hipólito Unanue. Recordemos que Moreno se desempeñaba como pasante de Matemáticas en la Real Universidad de San Marcos cuando Bueno ocupaba el cargo de catedrático, el cual asumió tras su deceso de 1799

⁶¹⁰ De Posada, *Louis Godin (1704-1760)*, 97-98.

a 1809. Asimismo, para el año 1793 figuraba como socio académico de la *Sociedad de Amantes del País*. En su biografía, Moreno elogió a Bueno como el “primer prosélito de Newton en el Perú”, afirmación que no resulta del todo precisa, pero da pistas del horizonte intelectual de este cosmógrafo.

Gabriel Moreno, a diferencia de su maestro, era abiertamente newtoniano. Para ser más precisos, de Moreno en adelante todos los Cosmógrafos Mayores del Perú adoptaron el sistema newtoniano como el más acorde a las observaciones físicas y astronómicas. Tal fue el caso de Francisco Romero Matos, antiguo miembro de la *Sociedad* y el encargado de registrar los fenómenos meteorológicos para el *Mercurio Peruano*. Dirigió el Cosmografiato de 1811 a 1813, justo cuando su discípulo, Gregorio Paredes, ejercía la cátedra de Prima de Matemáticas en la Universidad de San Marcos. Por primera y única vez en la historia de esta institución en el periodo virreinal, ambos cargos fungieron de forma separada. Sin embargo, con el fallecimiento del agonizante en 1813, Paredes - quien llevó estudios de matemáticas en el colegio de Santa María de la Buena Muerte, luego en el Real Convictorio de San Carlos y, finalmente, en la Universidad de San Marcos - ejerció ambas funciones hasta su deceso en 1839. Sin embargo, pasaría a la posteridad por haber diseñado el escudo nacional. Al igual que sus dos maestros (Romero y Unanue), Paredes nunca puso en tela de juicio el sistema newtoniano, el cual defendió como el más acorde a las observaciones astronómicas.

El sector educativo también dejó sus huellas newtonianas. Carlos Pedemonte, quien protagonizó en 1793 junto con otros colegas un certamen público de física newtoniana en San Marcos bajo la asesoría de Ignacio Moreno, asumió el rectorado del convictorio carolino tras el deceso de su maestro, Toribio Rodríguez de Mendoza en 1817. De ese año hasta 1819 siguió extendiendo la enseñanza de las leyes de Newton. Por otro lado, en 1811 se fundó un nuevo espacio institucional donde se continuó masificando la ciencia newtoniana para recibirse como médicos: el Real Colegio de Medicina y Cirugía de San Fernando, por iniciativa de Hipólito Unanue y aprobado por el virrey Abascal (1806-1816). De sus aulas se graduaron importantes hombres de la medicina peruana, entre los que destacó Cayetano Heredia, quien en 1856, transformó este centro de estudios en la Facultad de Medicina de San Marcos. Por último, si realizamos un vistazo a las materias científicas de los planes de estudio de San Carlos en el Perú independiente, notamos que en 1843 y 1865 se enseñaba física y astronomía aplicando el

cálculo infinitesimal y la teoría de la gravitación universal (Atracción)⁶¹¹. El Perú ya no sólo había pavimentado el camino de la institucionalización del aparato científico moderno, sino que había establecido un sendero adicional: el de la profesionalización de la actividad científica y de la consolidación definitiva de la física newtoniana.

Para finalizar, ¿qué aprendizajes se pueden deducir del derrotero newtoniano en el Perú? Retomando un poco las lecciones de Kuhn, pareciera que entre 1767 y 1795, el Virreinato del Perú experimentó la revolución científica del siglo XVII. Es cierto que sus intelectuales no fueron los protagonistas de dicha revolución, pues no fueron los agentes directos de los cambios de paradigma, pero marcaron la pauta para la renovación progresiva. Esta renovación no estuvo exenta de polémicas y rechazos. De hecho, estas resistencias, tanto en su vertiente escolástica como en su forma ecléctica, son parte constitutivas de las revoluciones científicas: son necesarias para que el nuevo paradigma pueda proliferar y convertirse en la nueva ciencia normal. Durante los años estudiados, la comunidad de letrados en el Perú experimentó una crisis científica, filosófica y de mentalidad: fue la progresiva aceptación del paradigma newtoniano - una revolución de las ideas en todo el sentido del término - ante la mirada escéptica y crítica de quienes opusieron tenacidad y resistencia. Sin embargo, para el siglo XIX el cambio ya era inevitable: el sabio inglés terminaría imponiéndose con justicia.

Ahora resta responder una última pregunta: ¿qué factores permitieron que el newtonianismo se impusiera sobre la filosofía escolástica? ¿Por qué el heliocentrismo terminó reemplazando a los modelos que daban por sentado la inmovilidad de la Tierra en el centro del Universo? En nuestra opinión, el convencimiento no desempeñó un papel destacado. Es decir, la teoría newtoniana no triunfó por ser explícitamente superior, ni tampoco por la persuasión ejercida contra aquellos que nunca iban a cambiar de opinión. En última instancia, creemos que el bando de Newton salió airoso por un hecho más biológico que intelectual: la presencia de nuevas generaciones que no enfrentarían resistencias ideológicas ante la desaparición de sus antepasados. Newton se impuso gracias al curso implacable del tiempo, pero un cambio imposible de cosechar sin el atrevimiento y talante de un puñado de intelectuales, tanto peruanos como europeos, con ganas de difundir y enseñar la *verdad*.

⁶¹¹ Seiner. *La Historia de la Ciencia en el Perú*, 142, 156.



Conclusiones

Las revoluciones, en líneas generales para los historiadores, suelen constituirse como los momentos más entretenidos de estudio o de enseñanza. Por lo general, su impacto en las sociedades suelen manifestarse con rapidez, y los cambios que suscitan son profundos y violentos, como las revoluciones de independencia latinoamericanas, la Revolución Gloriosa, la Revolución Rusa o la Revolución Francesa. En estos casos, gobiernos de fuerte talante monárquico terminaron siendo derrocados y fueron sustituidos por regímenes republicanos o de orientación más democrática.

Tratándose de la Revolución Francesa (1789-1793), un suceso que acaeció contemporáneo al *boom* de la prensa ilustrada en el Perú, sus atrocidades inundaron las páginas de los periódicos en claro furor de denuncia. Y es que las ejecuciones, en particular la *guillotización* de Luis XVI y María Antonieta, despertaron el pavor de las élites criollas en América Latina por temor a padecer un destino similar, que tomaba aún mayor intensidad con los acontecimientos de Haití. “Acontecimiento” es la palabra clave, pues denota un suceso de fácil identificación en los registros históricos. Sin embargo, cuando hablamos de revoluciones del pensamiento, las cosas se vuelven más nebulosas y los historiadores se ven forzados a emplear la imaginación con mayor creatividad.

La “Revolución Científica” de los siglos XVI y XVII no fue un acontecimiento en particular. En realidad, se trató de una evolución del pensamiento científico europeo con implicancias trascendentales para la historia. Isaac Newton, el protagonista final de esta historia, asume la analogía no violenta de personajes como José de San Martín, Robespierre, Vladimir Lenin u Oliver Cromwell, cuyo legado, en lugar de insertarse en el terreno de lo político, económico o social, yace en la inmaterialidad de las ideas. El siglo XVIII marcó el triunfo definitivo de Newton en Europa y en el Viejo Mundo. Por otro lado, el diecinueve constituyó su extrapolación a todo el universo de las ciencias. Auguste Comte con la sociología y Karl Marx en economía e historia, - verdaderos padres del positivismo - fueron herederos de Newton en el sentido que consideraban el establecimiento de leyes universales el objetivo final de toda “ciencia”, sea esta física, natural, humana o social. Pero el imperio de Newton, al igual que de los Borbones, los Romanov o los Estuardo, experimentó una revolución similar a la que produjo su ascenso al trono.

A inicios del siglo XX, un joven científico alemán de origen judío, muy creativo, pero no muy hábil para las matemáticas, experimentó una época de auténtica lucidez de forma similar a Newton en sus años de cuarentena. Con 26 años de edad, Albert Einstein deseaba responder aquella única pregunta que Newton no supo establecer más allá del rango de “hipótesis”: ¿qué producía exactamente la gravedad? El físico inglés sabía que la gravitación se regía por la ley del cuadrado inverso, pero desconocía qué causa provocaba que dos cuerpos con masa se atrayeran mutuamente de forma proporcional a sus masas e inversamente proporcional a sus distancias al cuadrado. Estas conjeturas, que se concibieron en el año 1905, vieron la luz diez años después con la formulación de la teoría de la relatividad general de Einstein, otro producto científico de brillantez intelectual que destronará casi 250 años de mecánica clásica.

Para Einstein, el tiempo y el espacio, a diferencia de Newton, no son absolutos, sino que dependen del punto de vista del observador; es decir, son *relativos*. Un mismo objeto tendrá mayor masa y el tiempo de un observador desde este punto transitará de forma más lenta si está sujeto a velocidades mayores (ej. cercanas a la velocidad de la luz). De esta forma, nace un campo completamente nuevo para la física: el espacio-tiempo. Empero, Einstein fue más allá: infirió que los cuerpos no se atraen por sus masas, sino por “algo” que es inherente al espacio-tiempo. La atracción ocurre, porque la masa distorsiona el espacio-tiempo; es decir, dependiendo de la masa de un objeto determinado, este genera un “hueco” alrededor de él, de tal forma que los cuerpos menos masivos se ven desplazados hacia los más pesados. El Sol, al ser el cuerpo con mayor masa del Sistema Solar, genera una distorsión mayor del espacio-tiempo y obliga al resto de cuerpos a orbitar en torno a este. Lo mismo pasa con la Tierra y con la Luna. Si mágicamente uno de estos cuerpos dejara de desplazarse, colisionaría inevitablemente contra el más masivo, de la misma forma que una canica se ve atraída a una pelota de bolos si ambos son colocados encima de una cama. La gravitación universal, de esta manera, se vio perfeccionada por la relatividad general: un nuevo paradigma físico terminó sustituyendo al anterior mediante una auténtica revolución de la ciencia.

Este es el derrotero de la ciencia que hemos tratado de presentar en la tesis aplicado al caso peruano. El viaje comenzó con el trayecto que condujo a Newton a erigirse como el nuevo paradigma de la ciencia: la síntesis newtoniana, plasmada en su *Principia*, terminó por pavimentar el camino que décadas antes Copérnico, Kepler y Galileo habían inaugurado. Una nueva ciencia, basada en el método inductivo, el experimentalismo, el aparato institucional y la matematización del mundo natural abrió las puertas para una reconfiguración total de la empresa científica. Sin embargo, la consolidación de la ciencia moderna no concluyó con los *Principia*: para su asimilación definitiva por parte de la comunidad científica se hizo necesario esquivar innumerables obstáculos, especialmente en aquellos países considerados periféricos o “atrasados” en este campo.

España fue un caso peculiar en este proceso: a pesar que los resultados de la Expedición Geodésica al Ecuador había determinado la verdadera forma de la Tierra y confirmación empírica de la gravitación de Newton, fueron muy pocos los científicos y filósofos que abiertamente se declararon newtonianos, por lo menos hasta el inicio del último tercio del siglo XVIII. Jorge Juan y Antonio de Ulloa, los representantes españoles en dicha expedición, eran

más la excepción que la norma. Es cierto que se crearon nuevas instituciones y nuevos espacios para discutir y promover la ciencia moderna, pero el principal terreno para su enseñanza, las universidades, se mantuvieron reacias a su adopción. En ese sentido, la promoción estatal de la actividad científica moderna, en manos del despotismo ilustrado de Carlos III, no fue suficiente (a veces fue contraproducente) para la inserción efectiva de la física de Newton en el sector educativo.

En el Perú, la Nueva Ciencia empezó a discutirse abiertamente tras la expulsión de la Compañía de Jesús⁶¹². Si bien anteriormente hubo científicos (como Godin y Bueno) e intelectuales que conocían la obra de Newton, no fue hasta 1767 que su física comenzó a discutirse públicamente. El regalismo de Carlos III, puesto en ejecución por el virrey Amat (1761-1776) tras la imposición de las nuevas Constituciones en San Marcos en 1771 por la Junta General de Temporalidades, marcó el inicio de una etapa caracterizada por la formación de “bandos” respecto a la introducción de la física newtoniana en el virreinato. Fue en torno a esta nueva retórica de la ciencia de corte cuantitativa, en oposición a la escolástica tradicional representada por Aristóteles, que se produjeron las discusiones que moldearon los debates filosóficos-científicos de las postrimerías del siglo XVIII.

La hipótesis de esta tesis fue demostrar que el momento newtoniano en el Perú despertó pasiones al punto que los postulados newtonianos fueron sujetos de profundos debates y discusiones que oscilaron entre tres posturas. Por un lado, se presentó a quienes rechazaron la física newtoniana y opusieron férreas resistencias a su enseñanza en los centros educativos, en especial en San Marcos. Este rechazo se debió fundamentalmente por dos motivos: por la imposición de la ciencia moderna por el báculo del despotismo ilustrado que vulneraba los fueros tradicionales y las costumbres de los catedráticos de autogobierno y autonomía en las universidades, pero también por un rechazo a su ontología misma, visto a partir de las cartas de Pedro Nolasco Crespo publicadas en el *Mercurio Peruano*.

Por otro lado, se observó la existencia de un segundo bando que terminó por apropiarse de la física de Newton y buscó incesantemente su enseñanza en los colegios y universidades, así como su difusión en los periódicos. Estos fueron los casos del Real Convictorio de San Carlos bajo

⁶¹² Aunque el cambio no se justifica únicamente a partir de su expulsión, pero sí generó el contexto favorable para el cambio.

el rectorado de Toribio Rodríguez de Mendoza con la aplicación de un nuevo plan de estudios en 1787 o el colegio de Santa María de la Buena Muerte con Isidoro de Celis, así como la promoción de la ciencia ilustrada por parte de la *Sociedad de Amantes del País* a través del *Mercurio Peruano*, por iniciativa de personajes como Joseph Rossi y Rubí, Hipólito Unanue, José Baquijano y Carrillo o Joseph Coquette. Las razones para su apropiación oscilaron entre los beneficios prácticos de la Nueva Ciencia, la necesidad de enseñarla en los centros educativos para formar a las nuevas generaciones, por el contexto de la Ilustración para demostrar que el Perú se había insertado en este rumbo, y debido a una razón más importante: por la necesidad de comunicar la verdad.

Finalmente, la penetración de Newton en los círculos intelectuales del Perú se plasmó, también, en la adopción de una perspectiva ecléctica como el camino *correcto* para la buena filosofía. Este eclecticismo predicaba a favor de una filosofía conciliadora entre lo “mejor” de la antigüedad y lo novedoso de los filósofos modernos. Las miradas eclécticas, en ese sentido, eran muy críticas de la escolástica, pero reconocían la importancia histórica de Aristóteles para la filosofía, al tiempo que reconocían el valor de los filósofos modernos, en particular de Isaac Newton, pero advirtiendo del peligro de caer en el sectarismo, pues los únicos juicios de *verdad* están en las Sagradas Escrituras y no en otro libro. José Rezabal y Ugarte, revisor del plan de estudios de San Carlos de 1787 y el mismo Toribio Rodríguez de Mendoza, ya con más de sesenta años, encajan dentro de este bando

Finalmente, sostenemos que el momento newtoniano en el Perú significó no sólo la consolidación de una nueva forma de concebir la ciencia, sino, además, el punto de inflexión definitivo entre ciencia y filosofía. A partir del siglo XIX, Newton ya no será conocido como un “filósofo de la naturaleza” sino como un representante de la física, es decir, un científico en términos modernos. La estela newtoniana que abordamos en el epílogo explica cómo con el paso del siglo, el bando newtoniano terminó por imponerse sobre los otros, no tanto por persuasión o mejor capacidad explicativa de la naturaleza, sino por la muerte de sus acérrimos detractores, quienes en su mayoría ya eran hombres de avanzada edad. El camino terminaría de pavimentarse por el inexorable curso de la naturaleza.

A modo de reflexión final, ¿qué tipo de lecciones podemos extraer de la experiencia newtoniana? En un mundo cada vez más signado por el negacionismo, el descrédito por la ciencia y la posverdad, donde el acceso a fuentes nunca ha sido tan fácil (y difícil a la vez), veo

a los protagonistas de esta historia como representantes del pasado de una pugna que se vive a cada segundo en diversas plataformas en Internet sobre temas tan disímiles como el calentamiento global, la disrupción tecnológica, las epidemias o creencias que hoy se ponen en cuestionamiento por diversos grupos, como el alunizaje o la esfericidad de la Tierra. Pero hay un elemento en común entre ellos: el rol de la ciencia y el papel fundamental que ocupa como jueza de la “verdad”. Ello no significa caer en un dogmatismo científicista de creer que todo lo comunicado por la comunidad científica es inherente *cierto*, sino el de fomentar la mentalidad crítica e insistir que detrás de todo discurso hay intereses de por medio. No significa caer en el negacionismo de un Pedro Nolasco Crespo o en el discurso acrítico del padre Olavarrieta. La ciencia no crece exclusivamente a partir del pensamiento escéptico, del empirismo o de las matemáticas, sino también por medio de una comunicación asertiva. Y Newton nunca fue un comunicador.



Fuentes y Bibliografía

Fuentes primarias:

Periódicos:

- El Mercurio Peruanos (1791-1795)
- El Semanario Crítico (1791)

Impresas

Alzate, José Antonio. *Gacetas de Literatura de México 1*. Puebla: Harvard College Library, 1831.

———. *Gacetas de Literatura de México 2*. Puebla: Harvard College Library, 1831.

———. *Gacetas de Literatura de México 3*. Puebla: Harvard College Library, 1831.

———. *Gacetas de Literatura de México 4*. Puebla: Harvard College Library, 1831.

Amat y Junyent, Manuel. «La Relación del Virrey Amat». Librería Central de Felipe Bailly, 1859 de 1776.

Cabriada, Juan. *Carta filosófica-médico-chémica. En que se demuestra que de los tiempos y experiencias se han aprendido los mejores remedios contra las enfermedades*. Madrid, 1687.

Campomanes, Pedro Rodrigo. «Discurso sobre el fomento de la industria popular», 1774.

———. «Real Cédula de S.M. y señores del Consejo, en que se aprueban los estatutos de la Sociedad económica de amigos del País, con lo demás que se expresa, á fin de promover la agricultura, industria y oficios». Imprenta de Pedro Marín, 1775.

Cohen, Bernard, y Anne Whitman. *Isaac Newton. The Principia*. Los Angeles: California University Press, 1999.

De Guirior, Manuel. «Relación que hace el Exmo. Sr. D. Manuel de Guirior, virrey que fué de estos reinos del Perú y Chile, á su sucesor el Exmo. Sr. D. Agustín de Jáuregui, desde 17 de julio de 1776 hasta 20 del mismo de 1780». Imprenta y Estereotipia de M. Rivadeneyra, 1872 de 1780.

De Jáuregui, Agustín. «Relacion que hace el Excmo. Sr. D. Agustin de Jáuregui, virrey que fué de estos reinos del Perú y Chile, á su sucesor, Excmo. Sr. D. Teodoro de Croix, desde 20 de julio de 1780 hasta 8 de abril de 1784». Imprenta y Estereotipia de M. Rivadeneyra, 1784.

De Lasanta, Juan Antonio. «Plan de estudios de la Universidad de Salamanca», 1772.

El Conde de Floridablanca. «Plan de estudios aprobado por S.M. y mandado a observar en la Universidad de Valencia». Imprenta de la Viuda de Ibarra, 1787.

El Mercurio Peruano [1791-1795]. Edición Facsimilar. 12 Tomos. Lima: Biblioteca Nacional del Perú, 1964.

Gil de Taboada, Francisco. «Relación de gobierno del Exmo. Señor Virrey del Perú, Frey Don Francisco Gil de Taboada y Lemos, presentada á su sucesor el Exmo. Señor baron de Vallenari». Librería Central de Felipe Bailly, 1859 de 1796.

Ibarra, Joachin. «Plan de estudios y habilidades, que por ahora se tienen y enseñan en el Real Seminario de Nobles de Madrid de esta Corte», 1785.

Juan, Jorge. *Observaciones Astronómicas y Phísicas, hechas por orden de S.M. en los Reynos del Perú.* Madrid: Imprenta Real de la Gazeta, 1748.

Mayans, Gregorio. «De la idea del nuevo método que se puede practicar en la enseñanza de las universidades de España», 1766.

Mutis, Celestino. «Elementos de la filosofía natural que contienen los principios de la física demostrados por las matemáticas y confirmados con observaciones y experiencias: dispuestas para instruir a la juventud en la doctrina de la filosofía newtoniana en el Real Colegio del Rosario de Santafé de Bogotá en el Nuevo Reino de Granada, año 1764», 1764.

Newton, Isaac. *Principios matemáticos de la Filosofía natural.* Madrid: Tecnos, 1726.

Olavarrieta, Antonio. *Semanario Crítico.* Lima: Imprenta Real de los Niños Expósitos, 1791.

Olavide, Pablo de. «Informe de Olavide al Consejo sobre el nuevo proyecto y reforma para la Universidad de Sevilla», 1768.

Portero, Simón Andrés. «Metodo General de Estudios por la Universidad de Valladolid». Oficina de Thomas de Santander, 1772.

———. «Real provisión del Consejo, que comprehende el Plan de Estudios, que ha de observar la Universidad de Alcalá de Henares». Imprenta de Pedro Marín, 1772.

Rezabal y Ugarte, Joseph. «Reflexiones de Don Joseph Rezabal y Ugarte sobre diversos puntos del Plan de Estudios del Colegio de San Carlos de Lima - 1788», 1950 de 1788.

Rodríguez de Mendoza, Toribio. «Plan de Estudios». En *El Real Convictorio carolino y sus dos luminaires*, Rubén Vargas Ugarte. Perú: Carlos Milla Batres, 1787.

Ruiz Lozano, Francisco. *Tratado de cometas, observación y juicio del que se vio en esta Ciudad de los Reyes, y generalmente en todo el mundo, por los fines del año de 1664 y principios de este de 1665*. Margarita Suárez. Lima: Fondo Editorial de la Pontificia Universidad Católica del Perú, 1665.

Tavira, Antonio. «Los Problemas de la Educación. Plan que para la reforma de la Universidad de Salamanca escribió el doctor Tavira por orden del Ilmo. señor don Pedro Rodríguez Campomanes, fisca de la Cámara», 1767.

Valcárcel, Daniel. «Constituciones de la Universidad de San Marcos de 1771». En *Reforma de San Marcos en la Época de Amat*, 33-45. Lima: Facultad de Educación UNMSM, 1955.

Fuentes secundarias

Álvarez de Morales, Antonio. «La Universidad en la España de la Ilustración». En *La Ilustración y la reforma de la universidad en la España del siglo XVIII*, 469-77. España: Instituto Nacional de Administración Pública, 1998.

Arias de Saavedra, Inmaculada. «La reforma de los planes de estudio universitarios en España en la época de Carlos III. Balance historiográfico». *Chronica Nova* 24 (1997): 7-34.

———. «Las Sociedades Económicas de Amigos del País: proyecto y realidad en la España de la Ilustración». *Obradoiro de Historia Moderna* 21 (2012): 219-45.

Balaguer, Emili. «La ciencia en la España ilustrada». *Canelobre* 5 (2006): 15-35.

Ballón, José Carlos, y Lucas Lavado. «Hipólito Unanue visto por Augusto Salazar Bondy: La tradición organicista de la ciencia en el Perú». En *Aproximación a Unanue y a la Ilustración Peruana*, 17-41. Lima: Fondo Editorial UNMSM, 2006.

Burke, Peter. *A Social History of Knowledge: From Gutenberg to Diderot*. New Hampshire: Polity Press, 2000.

Cañizares-Esguerra, Jorge. «Iberian Science in the Renaissance: Ignored How Much Longer?». *Perspectives on Science* 12 (2004): 86-124.

———. «On Ignored Global “Scientific Revolutions»». *Journal of Early Modern History* 21 (2017): 420-32.

———. «The Colonial Iberian Roots of the Scientific Revolution». En *Nature, Empire and Nation*, 14-45. California: Stanford University Press, 2006.

Capra, Fritjof, y Pier Luigi Luisi. *The Systems View of Life*. New York: Cambridge University Press, 2014.

Casado, Manuel, y Emiliano Gil. «La Universidad de Alcalá y el Colegio de Sevillanos, la desaparición de una universidad». *Historia* 396 (2016): 31-59.

Clément, Jean-Pierre. *Índices del Mercurio Peruano 1790 - 1795*. Lima: Iberoamericana, 1979.

Crombie, A.C. *Historia de la Ciencia: De San Agustín a Galileo. Siglos V-XIII*. Madrid: Alianza Universidad, 1974.

———. *Medieval and Early Modern Science*. New York: Doubleday Anchor Books, 1959.

Cueto, Marcos. «La ciencia en el Perú antes de 1890». En *La ciencia en el Perú antes de 1890*, 31-50. Lima: GRADE, 1989.

De la Puente, José. «El Mercurio Peruano y la religión». *AHIg* 17 (2008): 137-48.

De Posada, Francisco. «Louis Godin (1704-1760): pionero de la ciencia moderna en España». Doctoral, Universidad de Cádiz, 2021.

Devoto, Erick. «La educación y el inicio de un nuevo tiempo. Apuntes para la historia del mundo intelectual peruano a fines del siglo XVIII». En *El Virrey Amat y su tiempo*, 81-157. Lima: Instituto Riva Agüero, 2004.

Fernández, Amable. «La reforma universitaria del ilustrado Pablo de Olavide». *Anales del seminario de historia de la filosofía* 1 (1996): 327-45.

Francou, Bernard. «“La primera Misión Geodésica francesa en el Perú y la determinación de la forma de la Tierra (1735-1744)»». En *Ecuador y Francia, diálogos científicos y políticos (1735-2013)*, 23-35. Quito: FLACSO, 2013.

Giraldo, Jhoan. «El papel de las hipótesis en la filosofía natural de Isaac Newton». *Ingenium. Revista Electrónica de Pensamiento Moderno y Metodología en Historia de la Ideas* 15 (2021): 65-74.

Glacken, Clarence. *Traces on the Rhodan Shore*. Los Angeles: University of California Press, 1967.

González, Antonio. «Museos, jardines y gabinetes». En *Momentos y lugares de la ciencia española, siglos XVI-XX*, 77-89. España, 2012.

Grafton, Anthony. «Chronology, Controversy, and Community in the Republic of Letters, The case of Kepler». En *World made by Words. Scholarship and Community in the Modern West*, 114-36. United States of America: Library of Congress, 2009.

Grover, Espinoza. «La reforma de la educación superior en Lima: el caso del Real Convictorio de San Carlos». En *El Perú en el siglo XVIII. La Era Borbónica*, 205-41. Lima: Fondo Editorial de la Pontificia Universidad Católica del Perú, 1999.

Guibovich, Pedro. «Alcances y límites de un proyecto ilustrado». *Histórica* 29 (2005): 45-66.

———. *Lecturas Prohibidas. La censura inquisitorial en el Perú tardío colonial*. Lima: Fondo Editorial de la Pontificia Universidad Católica del Perú, 2013.

Hall, Alfred Rupert. *From Galileo to Newton. 1630-1720*. New York: Harper & Row, 1863.

———. *La Revolución Científica. 1500-1750*. Barcelona: Crítica, 1985.

Hernández, Raúl. *El matemático impaciente: La Condamine, las pirámides de Quito y la ciencia ilustrada (1740-1751)*. Lima: IFEA, 2008.

Iwasaki, Fernando. «El Pensamiento de Pablo Olavide y los ilustrados peruanos». *Histórica* 11 (1987): 133-62.

Jonas, Hans. «El siglo diecisiete y después: El significado de la revolución científica y tecnológica». *Guaragua* 29 (2008): 75-116.

Juan, Jorge. *Observaciones Astronómicas y Físicas, hechas por orden de S.M. en los Reynos del Perú*. Madrid: Imprenta Real de la Gazeta, 1748.

Katayama, Roberto. «Supuestos y filiaciones filosóficas de los paradigmas astronómicos en el virreinato del Perú». *Letras* 84 (2013): 123-42.

Koyré, Alexandre. *Estudios de Historia del Pensamiento Científico*. Madrid: Siglo Veintiuno, 1977.

———. *Newtonian Studies*. London: Chapman & Hall, 1965.

Kuhn, Thomas. *La estructura de las revoluciones científicas*. CDMX: Fondo de Cultura Económica, 1971.

Lafuente, Antonio, y José Luis Peset. «Ciencia e historia de la ciencia en la España ilustrada». *Boletín de la Real Academia de la Historia* 178 (1981): 1-33.

———. «Los inicios de la institucionalización de la ciencia moderna en España». *Cien. Tec. Des. Bogotá* 7 (1983): 399-408.

Lafuente, Antonio, y Nuria Valverde. «Ciencia y Cultura Ilustrada: militares, artesanos y público». En *Momentos y lugares de la ciencia española, siglos XVI-XX*, 61-76. España, 2012.

Laguna, Rogelio. «De la máquina al mecanicismo: breve historia de la construcción de un paradigma explicativo». *Revista colombiana de filosofía de la ciencia* 15 (2016): 57-71.

Liendo, Fernando. *Pablo de Olavide y la nueva planta de los estudios*. Madrid: Universidad Carlos III de Madrid, 2026.

Lohmann Villena, Guillermo. «La Sociedad Bascongada, La Sociedad Académica de Amantes del País, y el Mercurio Peruano». En *La Real Sociedad Bascongada y América*, 315-38. Bilbao: Fundación BBVA, 1991.

López, Francois. «Los novatores en la Europa de los sabios». *Asclepio. Revista de Historia de la Medicina y de la Ciencia* 45 (1993): 95-111.

López-Piñero, José María. *Ciencia y técnica en la sociedad española de los siglos XVI y XVII*. Barcelona: Labor, 1979.

Madrid, Carlos. «España y la Revolución Científica: estado de la cuestión de una polémica secular». *Circumscribere* 13 (2013): 1-28.

Mallén, Carlos. «La ciencia en el México colonial e independiente». *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* 3 (2012): 3-10.

Martín, Luis. «La Biblioteca del colegio de San Pablo (1568-1767), antecedente de la Biblioteca Nacional». *Libros & Artes* 20 (2021): 11-14.

Martínez-Vidal, Álvaro, y José Pardo-Tomás. «Un siglo de controversias. La medicina española de los novatores a la Ilustración». En *La Ilustración y las ciencias: para una historia de la objetividad*, 107-35. España: Universidad de Valencia, 2003.

Moreno, Antonio. «Sobre la secularización de la instrucción pública». En *Educación e Ilustración. Dos siglos de reformas de la enseñanza*, 247-68. Madrid: Ministerio de Educación y Ciencia, 1988.

Navarro, Víctor. «El Colegio Imperial de Madrid». En *Momentos y lugares de la ciencia española, siglos XVI-XX*, 48-60. España, 2012.

———. «La renovación de la actividad científica en la España del siglo XVII y las disciplinas físico-matemáticas». En *Técnica en ingeniería en España. El siglo de las Luces. De la ingeniería a la nueva navegación*, 33-73. Madrid: Institución «Fernando el Católico», 2005.

Navarro, Víctor, y William Eamon. «Spain and the Scientific Revolution: Historiographical Questions and Conjectures». En *Beyond the Black Legend: Spain and the Scientific Revolution*, 27-38. Valencia: CSIC, 2007.

Nieto, Mauricio. «Ciencia, imperio, modernidad y eurocentrismo: el mundo atlántico del siglo XVI y la comprensión del Nuevo Mundo». *Historia Crítica* 39 (2009): 12-32.

———. «Remedios para el Imperio Español: la búsqueda de plantas medicinales». En *Remedios para el Imperio, historia natural y la apropiación del Nuevo Mundo*, 121-62. Bogotá: Universidad de los Andes, 2006.

Ojeda, Rafael. «El Mercurio Peruano del siglo XVIII: La Sociedad de Amantes del País y la prensa de la Ilustración». *Comunifé* 15 (2015): 59-73.

Ortiz Sotelo, Jorge. «Los cosmógrafos mayores del Perú». *Derroteros de la Mar del Sur* 7 (1997): 135-47.

Padilla, Bruno. «Enfrentando al “autoritarismo” ilustrado. Resistencias a la reforma educativa en el Convictorio de San Carlos (1771-1817)». En *El Real Convictorio de San Carlos y la difusión de las ideas de libertad*, 93-117. Lima: Fondo Editorial de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, 2019.

Pardo-Tomás, José. «Censura Inquisitorial y lectura de libros científicos. Una propuesta de replanteamiento». *Tiempos Modernos* 9 (2003): 1-18.

Pellón, Inés, y José Llombart. «La formación científica recibida en el Real Seminario Bascongado por los estudiantes riojanos». En *Matemática y región: La Rioja: sobre matemáticos riojanos y matemática en la Rioja*, 343-68. España: Instituto de estudios riojanos, 1998.

Peralta, Víctor. «Las razones de la fe. La Iglesia y la Ilustración en el Perú 1750-1800». En *El Perú en el siglo XVIII. La Era Borbónica*, 177-204. Lima: Fondo Editorial de la Pontificia Universidad Católica del Perú, 1999.

Pimentel, Juan, y José Pardo-Tomás. «And yet, we were modern. The paradoxes of Iberian science after the Grand Narratives». *History of Science* 55 (2017): 133-47.

Pisconte, Alan, y Roberto Katayama. «Orígenes de la ciencia moderna en el Perú, tres cosmógrafos coloniales: Juan Rer, Cosme Bueno y Gregorio Paredes». *Escritura y Pensamiento* 8 (2001): 117-36.

Puerto, José Santos. «El padre Sarmiento y la introducción de Newton en España». *Llull* 20 (1997): 697-733.

Quiroz, Lleisen. «La razón ensombrecida: ilustración y reformismo en el Mercurio Peruano 1790 – 1795». Licenciatura, UNMSM, 2016.

Redmond, Walter. «La lógica en el virreinato del Perú a través de las obras de: Juan de Espinoza Medrano (1688) e Isidoro de Celis (1787)». Doctorado, UNMSM, s. f.

Redondo, Francisco. «Algunos Rasgos de la Revolución en el siglo XVII». *Instituto de estudios Giennenses* 198 (2008): 565-99.

Rodríguez, Juan. «La introducción de la física en los estudios Médico-Quirúrgicos y en la Armada Gaditana (1735-1848)». *Iluil* 27 (2004): 475-93.

Sánchez, Verónica. «El problema de la ciencia en el Virreinato del Perú, siglo XVIII. Francisco Antonio Cosme Bueno y Alegre. Algunas de sus coincidencias con el mexicano Andrés de Guevara Basoazabal». Doctoral, Universidad Nacional Autónoma de México, 2016.

Seiner, Lizardo. «La Historia de la Ciencia en el Perú: Meteorología y Sociedad, siglos XVIII-XIX». Maestría, PUCP, 2004.

Shapin, Steve, y Simon Shaffer. *Leviathan and the Air-Pump. Hobbes, Boyle, and the Experimental Life*. New Jersey: Princeton University Press, 1985.

Smith, Pamela. «Science on the Move: Recent Trends in the History of Early Modern Science». *Renaissance Quarterly* 62 (2009): 345-75.

Solá, Pere. «Sobre las modalidades institucionales de difusión cultural popular del siglo ilustrado: de las academias y las económicas a los ateneos». En *Educación e Ilustración. Dos siglos de reformas de la enseñanza*, 347-68. Madrid: Ministerio de Educación y Ciencia, 1998.

Suárez, Margarita. *Astros, Humores y Cometas*. Lima: Fondo Editorial de la Pontificia Universidad Católica del Perú, 2019.

Trabulse, Elías. «Ciencias exactas I». En *Ciencia y tecnología en el Nuevo Mundo*, 72-97. CDMX: Fondo de Cultura Económica, 1994.

———. «Ciencias Exactas II». En *Ciencia y tecnología en el Nuevo Mundo*, 98-146. CDMX: Fondo de Cultura Económica, 1994.

———. «Introducción». En *Historia de la ciencia y la tecnología en México*, VII-XVII. CDMX: El Colegio de Mexico, 1991.

Valle, Fernando. «Ilustración, Modernidad y reformas educativas borbónicas: consideraciones a partir de los planes de estudio del Real Colegio de San Carlos de Lima». *Revista Electrónica de Anphlac* 2 (2002): 57-76.

———. «Teología, filosofía y derecho en el Perú del XVIII: dos reformas ilustradas en el Colegio de San Carlos de Lima (1771 y 1787)». *Revista Teológica Limense* 40 (2006): 337-82.

Weinberg, Gregorio. «Ilustración y educación superior en Hispanoamérica». En *La Ilustración y la reforma de la universidad en la España del siglo XVIII*, 93-135. Madrid: Ministerio de Educación y Ciencia, 1988.

