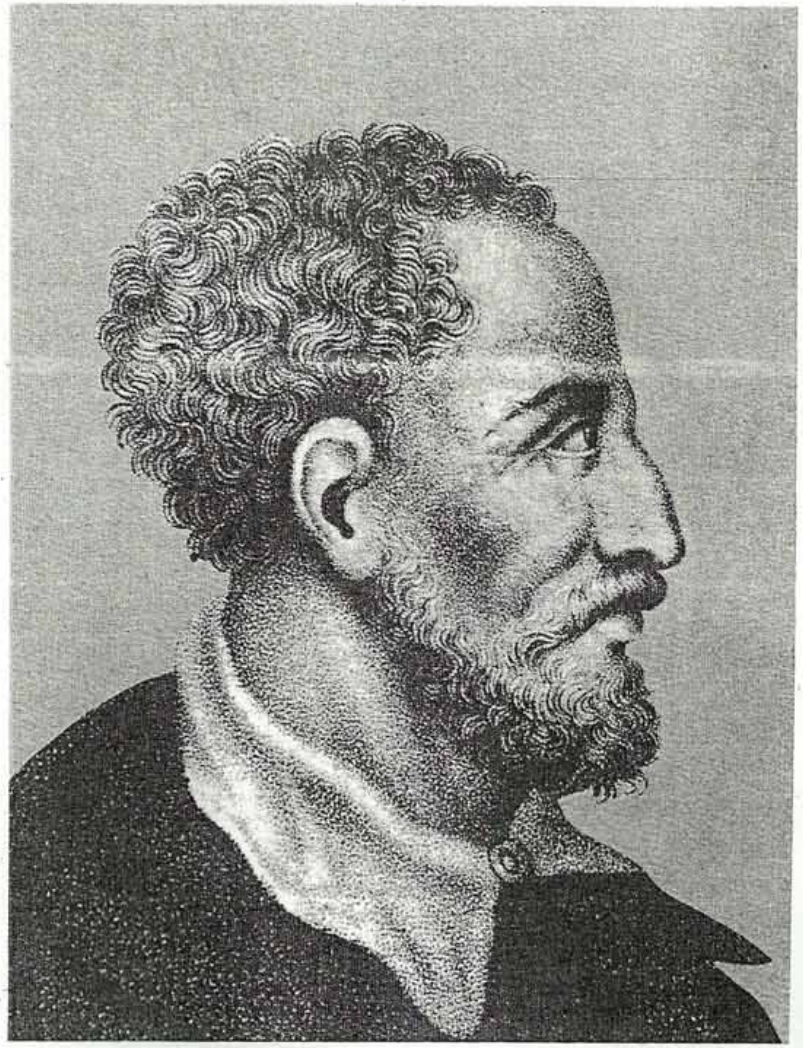

Gerolamo Cardano (1501-1576): fue uno de los magos más famosos del renacimiento

CAPÍTULO V

LA REVOLUCIÓN CIENTÍFICA

1. LA REVOLUCIÓN CIENTÍFICA: RASGOS GENERALES

1.1. *La revolución científica: los cambios que produce*

El período de tiempo que transcurre aproximadamente entre la fecha de publicación del *De Revolutionibus* de Nicolás Copérnico, en 1543, hasta la obra de Isaac Newton, cuyos *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica* fueron publicados por primera vez en 1687, se acostumbra a denominar en la actualidad como «período de la revolución científica». Se trata de un poderoso movimiento de ideas que adquiere en el siglo XVII sus rasgos distintivos con la obra de Galileo, que encuentra sus filósofos desde perspectivas diferentes en las ideas de Bacon y de Descartes, y que más tarde llegará a su expresión clásica mediante la imagen newtoniana del universo, concebido como una máquina, como un reloj.

En este proceso conceptual, resulta sin duda determinante aquella revolución astronómica cuyos representantes más prestigiosos son Copérnico, Tycho Brahe, Kepler y Galileo, y que confluirá en la física clásica de Newton. Durante este período, pues, se modifica la imagen del mundo. Pieza a pieza, trabajosa pero progresivamente, van cayendo los pilares de la cosmología aristotélico-ptolemaica. Por ejemplo, Copérnico pone el Sol –en lugar de la Tierra– en el centro del mundo. Tycho Brahe, aunque es anticopernicano, elimina las esferas materiales que en la antigua cosmología arrastraban con su movimiento a los planetas, y reemplaza la noción de orbe (o esfera) material por la moderna noción de órbita. Kepler brinda una sistematización matemática del sistema copernicano y realiza el revolucionario paso desde el movimiento circular (natural y perfecto, según la vieja cosmología) hasta el movimiento elíptico de los planetas. Galileo muestra la falsedad de la distinción entre física terrestre y física celeste, demostrando que la Luna posee la misma naturaleza que la Tierra, y apoyándose –entre otras cosas– en la formulación del principio de inercia. Newton, con su teoría gravitacional, unificará la física de Galileo y la de Kepler. En efecto, desde el punto de vista de la mecánica de Newton se puede afirmar que las teorías de Galileo y de Kepler son correctas aproximaciones a determinados resultados obtenidos por Newton. Sin

embargo, durante los 150 años que transcurren entre Copérnico y Newton, no sólo cambia la imagen del mundo. Entrelazado con dicha mutación se encuentra el cambio –también en este caso, lento, tortuoso, pero decisivo– de las ideas sobre el hombre, sobre la ciencia, sobre el hombre de ciencia, sobre el trabajo científico y las instituciones científicas, sobre las relaciones entre ciencia y sociedad, sobre las relaciones entre ciencia y filosofía y entre saber científico y fe religiosa.

1) Copérnico desplaza la Tierra del centro del universo, con lo que también quita de allí al hombre. La Tierra ya no es el centro del universo, sino un cuerpo celestial como los demás. Ya no es, en especial, aquel centro del universo creado por Dios en función de un hombre concebido como culminación de la creación y a cuyo servicio estaría todo el universo. Y si la Tierra ya no es el lugar privilegiado de la creación, si ya no se diferencia de los demás cuerpos celestes, ¿no podría ser que existiesen otros hombres, en otros planetas? Y si esto fuese así, ¿cómo compaginarlo con la verdad de la narración bíblica sobre la paternidad de Adán y Eva con respecto a todos los hombres? ¿Cómo es que Dios, que bajó a *esta* Tierra para redimir a los hombres, podría haber redimido a otros hombres hipotéticos? Estos interrogantes ya habían aparecido con el descubrimiento de los «salvajes» de América, descubriendo que, además de provocar cambios políticos y económicos, planteará inevitables cuestiones religiosas y antropológicas a la cultura occidental, colocándola ante la experiencia de la diversidad. Y cuando Bruno haga caer las fronteras del mundo y convierta en infinito al universo, el pensamiento tradicional se verá obligado a hallar una nueva morada para Dios.

2) Cambia la imagen del mundo y cambia la imagen del hombre. Más aún: cambia paulatinamente la imagen de la ciencia. La revolución científica no sólo consiste en llegar a teorías nuevas y distintas a las anteriores, acerca del universo astronómico, la dinámica, el cuerpo humano, o incluso sobre la composición de la Tierra. La revolución científica, al mismo tiempo, constituye una revolución en la noción de saber, de ciencia. La ciencia –y tal es el resultado de la revolución científica, que Galileo hará explícito con claridad meridiana– ya no es una privilegiada intuición del mago o astrólogo individual que se ve iluminado, ni el comentario a un filósofo (Aristóteles) que ha dicho la verdad y toda la verdad, y tampoco es un discurso sobre «el mundo de papel», sino más bien una indagación y un razonamiento sobre el mundo de la naturaleza. Esta imagen de la ciencia no surge de golpe, sino que aparece gradualmente, mediante un crisol tempestuoso de nociones y de ideas donde se combinan misticismo, hermetismo, astrología, magia y sobre todo temas provenientes de la filosofía neoplatónica. Se trata de un proceso realmente complejo cuya consecuencia, como decíamos hace un momento, es la fundación galileana del método científico y, por tanto, la autonomía de la ciencia con respecto a las proposiciones de fe y las concepciones filosóficas. El razonamiento científico se constituye como tal en la medida en que avanza –como afirmó Galileo– basándose en «experiencias sensatas» y en las «necesarias demostraciones». La experiencia de Galileo consiste en el experimento. La ciencia es ciencia experimental. A través del experimento, los científicos tienden a obtener proposiciones verdaderas acerca del mundo. Esta nueva imagen de la ciencia, elaborada mediante teorías sistemáticamente con-

troladas a través de experimentos, «representaba el certificado de nacimiento de un tipo de saber entendido como construcción perfectible, que surge gracias a la colaboración de los ingenios, que necesita un lenguaje específico y riguroso, que requiere para sobrevivir y crecer en sí mismo instituciones específicas propias (...). Un tipo de saber (...) que cree en la capacidad de crecimiento del conocimiento, que no se fundamenta en el mero rechazo de las teorías precedentes, sino en su substitución a través de teorías más amplias, que sean más fuertes desde el punto de vista lógico y que tengan un mayor contenido controlable» (Paolo Rossi).

3) Con la revolución científica «se abrieron camino las categorías, los métodos, las instituciones, los modos de pensar y las valoraciones que se relacionan con aquel fenómeno que, después de la revolución científica, acostumbramos a denominar ciencia moderna» (Paolo Rossi). El rasgo más peculiar del fenómeno constituido por la ciencia moderna consiste precisamente en el método: éste exige, por una parte, imaginación y creación de hipótesis, y por la otra, un control público de dicha imaginación. La ciencia en su esencia es algo público; es pública por razón de su método. Se trata de una noción de ciencia regulada metodológicamente y públicamente controlable, que exige nuevas instituciones científicas: academias, laboratorios, contactos internacionales (piénsese en la gran cantidad de importantes epistolarios). Es sobre la base del método experimental donde se fundamenta la autonomía de la ciencia: ésta halla sus verdades con independencia de la filosofía y de la fe. No obstante, esta independencia muy pronto se transforma en colisión, enfrentamiento que en el «caso Galileo» se convierte en tragedia. Cuando Copérnico publica su *De Revolutionibus,* el teólogo luterano Andreas Osiander se apresura a redactarle un *Prólogo* en el que afirma que la teoría copernicana, contraria a la cosmología que aparece en la Biblia, no debe considerarse como una descripción verdadera del mundo, sino más bien como un instrumento para efectuar previsiones. Tal será la idea que sostendrá también el cardenal Belarmino con respecto a la defensa del copernicanismo que realiza Galileo. Lutero, Melanchthon y Calvino se opondrán de forma tajante a la concepción copernicana. La Iglesia católica procesará en dos ocasiones a Galileo, quien se verá condenado y obligado a una abjuración. Entre otros factores, nos encontramos ante un enfrentamiento entre dos mundos, entre dos modos de contemplar la realidad, entre dos maneras de concebir la ciencia y la verdad. Para Copérnico, para Kepler y para Galileo, la nueva teoría astronómica no es una simple suposición matemática, no es un mero instrumento de cálculo, útil en todo caso para perfeccionar el calendario, sino una descripción verdadera de la realidad, que se logra a través de un método que no mendiga garantías en el exterior de sí mismo. El saber de Aristóteles es una pseudofilosofía y las Escrituras no tienen como función informarnos sobre el mundo, sino que se trata de una palabra de salvación cuyo objetivo es brindar un sentido a la vida de los hombres.

4) Junto con la cosmología aristotélica, la revolución científica provoca un rechazo de las categorías, los principios y las pretensiones esencialistas de la filosofía de Aristóteles. El viejo saber pretendía ser un saber de esencias, una ciencia elaborada con teorías y conceptos definitivos. En cambio, el proceso de la revolución científica confluirá en la noción de

Galileo, quien escribe: «El escudriñar la esencia, lo tengo por empresa no menos imposible y por tarea no menos vana en las substancias elementales próximas, que en las remotísimas y celestiales: y me parece que ignoro por igual la substancia de la Tierra y la de la Luna, la de las nubes elementales como la de las manchas del Sol (...). (Empero), aunque sea inútil pretender investigar la substancia de las manchas solares, ello no impide que nosotros podamos aprehender algunas de sus afecciones, como el lugar, el movimiento, la figura, la magnitud, la opacidad, la mutabilidad, la producción y la desaparición.» En consecuencia, la ciencia ya no versa sobre las esencias o substancias de las cosas y de los fenómenos, sino sobre las cualidades de las cosas y de los acontecimientos que resulten objetiva y públicamente controlables y cuantificables. Tal es la imagen de la ciencia que se configura al final del largo proceso de la revolución científica. Ya no se trata del «qué», sino del «cómo»: la ciencia galileana y postgalileana ya no indagará sobre la substancia, sino sobre la función.

5) Si bien el proceso de la revolución científica constituye asimismo un proceso de rechazo de la filosofía aristotélica, no debemos pensar en absoluto que carezca de supuestos filosóficos. Los artífices de la revolución científica estuvieron ligados también con el pasado, y de diversas formas: se remontan, por ejemplo, a Arquímedes y a Galeno. La obra de Copérnico, la de Kepler o la de Harvey, por ejemplo, están llenas de vestigios de la mística hermética o neoplatónica referente al Sol. Y el gran tema neoplatónico del Dios que hace geometría y que al crear el mundo le imprime un orden matemático y geométrico que el investigador debe descubrir, caracteriza gran parte de la revolución científica, como por ejemplo la investigación de Copérnico, Kepler o Galileo.

6) Por lo tanto, el neoplatonismo –podemos afirmar con cierta cautela– constituye la filosofía de la revolución científica. En cualquier caso, es sin duda el supuesto metafísico que sirve de eje a la revolución científica, es decir, a la revolución astronómica. Sin embargo, las cosas son aún más complejas de lo que hasta ahora hemos ido exponiendo. En efecto, la reciente historiografía más actualizada (Eugenio Garin, por ejemplo, o Frances A. Yates) ha puesto de relieve con abundantes datos la notable presencia de la tradición mágica y hermética en el interior del proceso que conduce a la ciencia moderna. Sin duda alguna, habrá quien –como por ejemplo Bacon o Boyle– critique con la máxima aspereza la magia y la alquimia, o quien –como Pierre Bayle– lance invectivas contra las supersticiones de la astrología. Sin embargo, en todos los casos, magia, alquimia y astrología constituyen ingredientes activos en aquel proceso que es la revolución científica. También lo es la tradición hermética, es decir, aquella tradición que, remontándose a Hermes Trismegistos (recordemos que Marsilio Ficino había traducido el *Corpus Hermeticum*), poseía como principios fundamentales el paralelismo entre macrocosmos y microcosmos, la simpatía cósmica y la noción de universo como ser viviente. En el transcurso de la revolución científica, algunos temas y nociones de carácter mágico y hermético –según el diferente contexto cultural en que vivan o revivan– serán utilizados en el origen y el desarrollo de la ciencia moderna. A pesar de todo, esto no siempre era posible o no siempre ocurría. La revolución científica, en resumen, avanza en un marco de ideas que no siempre resultaron funcionales o no lo fueron del todo para el desarrollo

de la ciencia moderna. Así, por ejemplo, si Copérnico se remite a la autoridad de Hermes Trismegistos (y también a la filosofía neoplatónica) para legitimar su heliocentrismo, Bacon reprocha a Paracelso (que sin embargo, como veremos, posee ciertos méritos) no tanto el haber desertado de la experiencia, como el haberla traicionado, el haber corrompido las fuentes de la ciencia y el haber despojado a las mentes de los hombres. De manera similar los astrólogos reaccionaron violentamente ante el «nuevo sistema del mundo». El mundo, gracias a los descubrimientos de Galileo, se volvió más grande, y la cantidad de cuerpos celestes aumentó de manera repentina y muy notable. Este hecho conmocionaba los fundamentos mismos de la astrología, y en consecuencia los astrólogos se rebelaron. Véase a este respecto la carta que el mecenas napolitano G.B. Manso, amigo de Porta, dirige a Paolo Beni, profesor de griego en la universidad de Padua, quien le había puesto al corriente sobre los maravillosos descubrimientos efectuados por Galileo con su telescopio: «Escribiré también un durísimo reproche que me manifiestan todos los astrólogos, y gran parte de los médicos; los cuales, al añadirse tantos planetas nuevos a los que ya antes se conocían, creen que por fuerza la astrología quedará destruida y gran parte de la medicina también caerá, puesto que quedarían eliminadas desde la raíz la distribución de los signos del Zodíaco, sus dignidades esenciales, la cualidad de las naturalezas de las estrellas fijas, el orden de las crónicas, el gobierno de las épocas humanas, los meses de la formación del embrión, las razones de los días críticos, y más de cien y más de mil otras cosas, que dependen del número septenal de los planetas.» En realidad, la gradual consolidación de la visión copernicana del mundo reducirá cada vez más el espacio de la astrología. No obstante, también tuvo que luchar contra la astrología. Todo esto implica que la ciencia moderna, autónoma con respecto a la fe, con controles públicos, regulada mediante un método, perfectible y progresiva, con un lenguaje específico y claro, y con sus instituciones típicas, es de veras la consecuencia de un proceso largo e intrincado, en el que se entrelazan la mística neoplatónica, la tradición hermética, la magia, la alquimia y la astrología. La revolución científica, en definitiva, no es una marcha triunfal. Y mientras se van distinguiendo e investigando sus senderos racionales, es preciso tener siempre en cuenta las eventuales contrapartidas místicas, mágicas, herméticas y ocultistas de dichos senderos.

1.2. *La formación de un nuevo tipo de saber, que exige la unión de ciencia y técnica*

El resultado del proceso cultural que llamamos «revolución científica» es una nueva imagen del mundo que, entre otras cosas, plantea problemas religiosos y antropológicos de envergadura. Al mismo tiempo es la propuesta de una nueva imagen de la ciencia: autónoma, pública, controlable y progresiva. Sin embargo, la revolución científica constituye precisamente un proceso, y para comprenderlo hay que distinguir en él sus diversos componentes: la tradición hermética, la alquimia, la astrología o la magia, que fueron siendo sucesivamente abandonadas por la ciencia moderna pero que para bien o para mal actuaron sobre su génesis y, por lo menos,

sobre su evolución inicial. Empero, hay que seguir avanzando, porque otro rasgo fundamental de la revolución científica lo constituye la formación de un saber –la ciencia– que, a diferencia del saber precedente, el medieval, reúne teoría y práctica, ciencia y técnica, dando origen así a un nuevo tipo de sabio muy distinto al filósofo medieval, al humanista, al mago, al astrólogo, o incluso al artesano o al artista del renacimiento. Este nuevo tipo de sabio, engendrado por la revolución científica, ya no es el mago o el astrólogo poseedor de un saber privado y para iniciados, ni tampoco el profesor universitario que comenta e interpreta los textos del pasado, sino el científico que crea una nueva forma de saber, público, controlable y progresivo, una forma de saber que para resultar válida necesita un control continuo que proceda de la praxis, de la experiencia. La revolución científica crea al científico experimental moderno, cuya experiencia es el experimento, que cada vez se vuelve más riguroso gracias al empleo de nuevos instrumentos de medida cada vez más exactos. El nuevo sabio actúa muy a menudo desde fuera (si no lo hace en contra) de las viejas instituciones del saber, como por ejemplo las universidades. En efecto, «durante los siglos XVI y XVII las universidades y los conventos ya no son, como había sucedido en el medievo, las únicas sedes en las que se elabora y se produce cultura; el ingeniero o el artista-ingeniero que proyecta canales, diques, fortificaciones, llega a asumir una posición de prestigio igual o superior a la del médico, del astrónomo de la corte o del profesor universitario. Las condiciones de existencia y el papel social de artistas, artesanos y científicos de diversas clases sufren, a lo largo de estos siglos, una serie de profundas modificaciones» (Paolo Rossi). Antes del período que estamos tratando, las artes liberales (el trabajo intelectual) se habían distinguido de las artes mecánicas. Estas últimas son bajas, viles, implican un trabajo manual y un contacto con la materia; se identifican con el trabajo servil constituido por las operaciones manuales. Las artes mecánicas son indignas de un hombre libre. No obstante, durante el proceso de la revolución científica desaparece tal separación: la experiencia del nuevo científico consiste en el experimento, y éste exige una serie de operaciones y de medidas. El nuevo saber y la unión entre teoría y práctica –que a menudo desemboca en una cooperación entre científicos por una parte, y artesanos superiores (ingenieros, artistas, técnicos en hidráulica, arquitectos, etc.) por la otra– son, por lo tanto, una misma cosa. Se trata de la misma noción de saber experimental, públicamente controlable, que modifica el status de las artes mecánicas.

1.3. *Científicos y artesanos*

E. Zilsel sostuvo que «durante el siglo XVI, bajo la presión del desarrollo tecnológico, comenzó a agrietarse el muro que desde la antigüedad venía separando las artes liberales de las mecánicas». El saber que posee un carácter público, participativo y progresivo, habría nacido primero entre los artesanos superiores (navegantes, ingenieros constructores de fortificaciones, técnicos artilleros, agrimensores, arquitectos, artistas, etc.) y, a continuación, habría influido sobre la transformación de las artes liberales. Ahora bien, el contacto o, mejor dicho, el enfrentamiento entre saber

científico y técnico, entre el intelectual y el artesano, es un hecho que se da en la revolución científica. Lo que importa, sin embargo, es la naturaleza de dicho contacto. ¿Fueron los artesanos quienes brindaron el nuevo tipo de saber a quienes practicaban las artes liberales? ¿O fue acaso la sociedad, es decir, la clase burguesa en ascenso, la que impuso como saber general el que era específico de los artesanos superiores? Por lo que se refiere al nexo entre ciencia y sociedad, sirve muy poco el proclamar su existencia, «y tampoco parece demasiado útil en vista de una posible solución el desenfado de quienes pretenden agotar todo trabajo posible en esta línea, etiquetando como "burgués" a cualquier intelectual que le haya tocado vivir en el amplio período de tiempo que transcurre entre Guillermo de Ockham y Albert Einstein. Investigar las conexiones entre la relatividad galileana, la doctrina cartesiana de los vértices o los axiomas newtonianos del movimiento, y las condiciones sociales y la evolución tecnológica de la sociedad italiana, francesa e inglesa del siglo XVII, carece de un sentido específico. La introducción de la pólvora y la aparición del cañón no sirven, sin duda, para explicar el nacimiento de la nueva ciencia dinámica, ni las necesidades de la navegación o las exigencias de la reforma del calendario dan razón de los siete axiomas de la astronomía copernicana, al igual que la revolucionaria novedad de las teorías de Galileo o de Newton no está motivada por las visitas de Galileo al arsenal de Venecia, por la constatación de que una bomba no puede elevar el agua por encima de treinta pies, o por la actividad de Newton en la casa de la moneda de Londres» (Paolo Rossi).

Examinemos la tesis de quienes afirman que la ciencia que halla en Galileo su típico investigador práctico y en Bacon y Newton sus teorizadores metodológicos y sus filósofos, sería la ciencia del artesano o del ingeniero, del *homo faber* del renacimiento «dominador de la naturaleza», del hombre que coloca la vida activa en el lugar de la vida contemplativa. Esta tesis la defienden, en el marco de pensamientos muy diferentes, L. Laberthonnière y Edgard Zilsel. A ella se opone otra tesis según la cual «la ciencia no fue hecha por ingenieros y por artesanos», sino por científicos: Kepler, Galileo, Descartes, etc. Esto es lo que afirma A. Koyré: «La nueva balística no fue inventada por operarios o artilleros, sino en contra de ellos. Y Galileo no aprendió su profesión de la gente que trabajaba en los arsenales y en los astilleros de Venecia. Al contrario: se la enseñó a ellos.» Naturalmente, añade Koyré, «la ciencia de Galileo y de Descartes fue de una grandísima importancia para la ingeniería y para la técnica; en conclusión, produjo una revolución en la técnica; no obstante, fue creada y desarrollada por teóricos y por filósofos, no por técnicos e ingenieros». Al subrayar el papel de los artesanos en la formación de la noción de una ciencia perfeccionable (y por lo tanto, progresiva), que fue obra de generaciones enteras de investigadores, «Zilsel prestó (...) una escasa consideración al hecho de que esa misma idea se había ido consolidando a través de empresas con un carácter más académico» (A.C. Keller). En cualquier hipótesis, no fueron los técnicos del arsenal quienes crearon el principio de inercia. Sin duda, Galileo frecuentaba el arsenal, y las conversaciones con los técnicos que allí trabajaban –como dice él mismo– «me han ayudado en diversas ocasiones para investigar la razón de efectos no sólo maravillosos, sino también recónditos y casi inimaginables». Las técnicas, los

hallazgos y los procesos que se dan en el arsenal ayudan a la reflexión teórica de Galileo. Asimismo, le plantean nuevos problemas: «Es verdad que a veces me ha llevado a la confusión y a la desesperación el no darme cuenta de cómo puede ser aquello que, alejado de toda opinión mía, los sentidos me demuestran que es cierto.» Los ópticos fueron quienes descubrieron el hecho de que, si se colocan de forma oportuna dos lentes, las cosas que están lejos se acercan, pero por qué funcionan así las lentes fue algo que no descubrieron los ópticos, y tampoco Galileo: fue Kepler quien comprendió las leyes del funcionamiento de las lentes. Tampoco los técnicos que excavaban pozos comprendieron por qué las bombas no elevaban el agua por encima de los diez metros y treinta y seis centímetros. Tuvo que ser Torricelli quien demostrase que la longitud máxima de 34 pies (= 10,36 m) de la columna de agua en el interior de un cilindro revela sencillamente la presión total de la atmósfera sobre la superficie del pozo. ¿Y cuántos navegantes expertos tuvieron que luchar con las mareas altas y bajas? Sin embargo, únicamente con Newton se llegó a una correcta teoría sobre las mareas (Kepler, sin embargo, la había vislumbrado; hay que recordar que Galileo ofreció una explicación equivocada). Se trata, pues, de dos tesis sobre un solo hecho, la aproximación entre técnica y saber, entre artesanos e intelectuales, fenómeno típico de la revolución científica.

En nuestra opinión, esta aproximación, esta fusión entre técnica y saber, constituye precisamente la ciencia moderna. Una ciencia que se basa sobre el experimento exige, en sí misma, técnicas de comprobación, aquellas operaciones manuales e instrumentales que sirven para controlar una teoría. Requiere, por lo tanto, saber unido con tecnología. Entonces, empero, ¿quién creó la ciencia? La respuesta más plausible parece ser la de Koyré: los científicos fueron quienes crearon la ciencia. Sin embargo, ésta surgió y se desarrolló porque encontró también toda una base tecnológica, una serie de máquinas y de instrumentos que constituían para ella una especie de base empírica para la prueba, que ofrecían técnicas de comprobación y que en ocasiones planteaban nuevos problemas, profundos y fecundos. Galileo no aprendió la dinámica de los técnicos del arsenal, al igual que Darwin más adelante no aprenderá de los criadores de animales la teoría de la evolución. Empero, así como Darwin hablaba con los criadores, Galileo visitaba el arsenal. No se trata de un hecho banal. El técnico es aquel que sabe «qué», y a menudo, también sabe «cómo». El científico, sin embargo, es el que sabe «por qué». En nuestros días, un electricista sabe muchas cosas sobre las aplicaciones de la corriente eléctrica y sabe cómo construir un aparato, pero ¿qué electricista sabe por qué la corriente funciona como funciona o sabe algo sobre la naturaleza de la luz?

1.4. *Una nueva forma de saber y una nueva figura de sabio*

En sus *Discursos en torno a dos nuevas ciencias*, Galileo escribe: «Paréceme, señores venecianos, que la práctica frecuente de vuestro famoso arsenal, abre un amplio campo al filosofar de los intelectos especulativos, en particular en lo que se refiere a la mecánica; allí, gran número de

artífices ponen continuamente en ejercicio toda clase de instrumentos y de máquinas, y entre ellos –gracias a las observaciones hechas por sus antecesores, así como a las que realizan continuamente por su cuenta– es obligado que haya hombres de enorme pericia y de un razonamiento muy perfeccionado.» De igual modo, «hombres de enorme pericia y de razonamiento muy perfeccionado» se ponen de manifiesto a través de «los escritos de Brunelleschi, Ghiberti, Piero della Francesca, Leonardo, Cellini, Lomazzo, las obras sobre arquitectura de Leon Battista Alberti, de Filarete y de Francesco de Giorgio Martini, el libro sobre máquinas militares de Valturio de Rimini (impreso por vez primera en 1472), el tratado de Durero sobre las fortificaciones (1527), la *Pirotechnia* de Biringuccio (1540), la obra sobre balística de Niccolò Tartaglia (1537), los tratados de ingeniería minera de Georg Agricola (1546 y 1556), las *Diversas y artificiosas máquinas* de Agostino Ramelli (1588), los tratados sobre el arte de la navegación de William Barlow (1597) y Thomas Harriot (1594), la obra sobre la declinación de la aguja magnética del ex marino y constructor de brújulas Robert Norman (1581)» (Paolo Rossi). La ciencia es obra de los científicos. La ciencia experimental adquiere validez a través de los experimentos. Éstos consisten en técnicas de comprobación como resultado de operaciones manuales e instrumentales que se llevan a cabo mediante objetos y sobre éstos. La revolución científica constituye precisamente un proceso histórico del que emerge la ciencia experimental, es decir, una nueva forma de saber, nueva y distinta del saber religioso, del metafísico, del astrológico y mágico, y también del técnico y artesanal. La ciencia moderna, tal como se configura al final de la revolución científica, ha dejado de ser el saber de las universidades, pero no puede reducirse tampoco a la mera práctica de los artesanos. Se trata de un saber nuevo que, uniendo teoría y práctica, sirve por una parte para poner en contacto las teorías con la realidad, volviéndolas públicas, controlables, progresivas y participativas. Por otro lado, introduce en el saber y en el conocimiento (en cuanto banco de pruebas de las teorías y de sus aplicaciones) diversos hallazgos de las artes mecánicas y artesanales, confiriendo a éstas un nuevo status epistemológico e incluso social. Resulta evidente que la génesis, el desarrollo y el éxito de esta nueva forma de saber son paralelos a los propios de una nueva figura de sabio y, asimismo, a nuevas instituciones que se proponen como mínimo controlar los diversos segmentos de este saber en formación: «En aquella época, para llegar a ser "científicos" no se requerían el latín o la matemática, ni un conocimiento amplio de los libros, ni una cátedra universitaria. Publicar en las actas de las academias y la pertenencia a las sociedades científicas estaba abierto a todos, profesores, experimentadores, artesanos, curiosos y aficionados» (Paolo Rossi). Se trata de un proceso complicado que a menudo se lleva a cabo fuera de las universidades, «ajenas –sigue diciendo Rossi– a las doctrinas de la nueva filosofía mecánica y experimental que iba difundiéndose a través de los libros, las publicaciones periódicas, las cartas privadas, las actas de las sociedades científicas, pero no ciertamente a través de los cursos universitarios. Los observatorios, los laboratorios, los museos, los talleres, los lugares de discusión y de debate a menudo nacieron fuera de las universidades y, en algún caso, en contra de ellas». Sin embargo, a pesar de esta ruptura, no debemos olvidar aquellos elementos de continuidad que enla-

zan la revolución científica con el pasado. Se trata de un retorno a autores y a textos que resultan aprovechables en beneficio de la nueva perspectiva cultural: Euclides, Arquímedes, Vitrubio, Herón, etc.

1.5. *La legitimación de los instrumentos científicos y su uso*

El nexo que se establece entre teoría y práctica, entre saber y técnica, da cuenta de otro fenómeno evidente creado por la revolución científica y que en parte se identifica con aquél. Nos estamos refiriendo a aquel fenómeno mediante el cual comprobamos que el nacimiento y la fundamentación de la ciencia moderna se ven acompañados por un repentino *crecimiento de la instrumentación,* en el sentido de que a la fase de constante perfeccionamiento y de lenta evolución de los instrumentos (por ejemplo, el compás, la balanza, los relojes mecánicos, los astrolabios, los hornos, etc.) que había sido típica del pasado le sigue, en el siglo XVII, «de forma casi imprevista, una fase de rápida invención» (Paolo Rossi). A principios del siglo XVI la instrumentación se reducía a unos cuantos elementos ligados con la observación astronómica y con los relevamientos topográficos; en mecánica, se utilizaban palancas y poleas. En pocos años, empero, aparecen el telescopio de Galileo (1610); el microscopio de Malpighi (1660), de Hooke (1665) y de van Leeuwenhoek; el péndulo cicloidal de Huygens se remonta a 1673; en 1638 Castelli describe el termómetro de aire galileano; en 1632 Jean Rey crea el termómetro de agua y en 1666 Magalotti inventa el termómetro de alcohol; el barómetro de Torricelli es de 1643; Robert Boyle describe la bomba neumática en 1660.

Empero, lo que interesa a efectos de una historia de las ideas no es tanto una enumeración de instrumentos –que podría ser muy larga– sino más bien comprender que los instrumentos científicos, en el transcurso de la revolución científica, se convierten en parte integrante del saber científico: no existe el saber científico por una parte y, junto a él, los instrumentos. El instrumento está dentro de la teoría; se convierte él mismo en teoría. En una nota manuscrita de Vincenzo Viviani, miembro de la *Accademia del Cimento* de Florencia, leemos lo siguiente: «Preguntar al Gonfia (un hábil soplador de vidrio): Cuál es el líquido que se eleva con más rapidez por la acción del calor, al recibir el calor del ambiente.» Más adelante, en estas mismas páginas, veremos la valiente operación de Galileo, que logró llevar a través de un mar de inconvenientes una serie de «viles mecanismos» como el telescopio al interior del saber, utilizándolos con finalidades cognoscitivas, si bien al principio les hace propaganda mencionando sus objetivos prácticos, por ejemplo, de carácter militar. Por su parte, en la introducción a la primera edición de los *Principia,* Newton se opuso a la distinción que los antiguos efectuaban entre una mecánica racional y una mecánica práctica.

Profundicemos en cierta medida en la teoría, o en las teorías, de los instrumentos que se encuentran en el interior de la revolución científica. La primera idea acerca de los instrumentos que aflora en los escritos de algunos grandes exponentes de la revolución científica afirma que el instrumento es una ayuda y una potenciación de los sentidos. Galileo sostiene que en la utilización de las máquinas antiguas, como la palanca o el

plano inclinado, «la ventaja mayor que nos aportan los instrumentos mecánicos consiste en algo que sirve al moviente (...) como cuando empleamos el curso de un río para hacer girar un molino, o la fuerza de un caballo para hacer algo que no podrían lograr cuatro o seis hombres». El instrumento, pues, se nos presenta aquí como una ayuda a los sentidos. En lo que respecta al telescopio, Galileo escribe que «es algo hermosísimo y muy atrayente de contemplar, poder mirar el cuerpo lunar, que está a una distancia de nosotros de casi sesenta semidiámetros terrestres, desde tan cerca como si sólo nos separasen de él dos semidiámetros». Hooke se mueve en la misma línea, cuando afirma que «lo que primero hay que hacer con relación a los sentidos es un intento de suplir su debilidad con instrumentos, agregando órganos artificiales a los naturales».

Por otra parte, interpretaciones que utilizan un aparato técnico más complejo –como la que efectúa A.C. Crombie– han demostrado que algunas de las «experiencias sensatas» de Galileo (por ejemplo, los experimentos sobre la ley de la caída de los graves) implican un uso del instrumento no como una potenciación de los sentidos, sino como un ingenioso medio «para correlacionar magnitudes esencialmente distintas (es decir, no homogéneas y, por lo tanto, no comparables según los cánones de la antigua ciencia), como por ejemplo el espacio y el tiempo, a través de una diferente concepción de las representaciones espaciotemporales, y la idea de correlacionar sus medidas» (S. D'Agostino).

Al hablar de la instrumentación científica, no se puede dejar de mencionar el hecho de que la utilización de instrumentos ópticos como el prisma o las láminas delgadas se ve acompañada por reflexiones –en Newton, por ejemplo– que consideran que el instrumento no es tanto una potenciación del sentido como un medio que sirve para liberarse de los engaños oculares: «Un ejemplo representativo consiste en el uso newtoniano del prisma como instrumento que, a diferencia del ojo, distingue entre colores homogéneos (los colores puros) y no homogéneos, el verde (puro) espectral de aquel que resulta de la composición entre azul y amarillo» (S. D'Agostino). En este sentido, pues, el instrumento aparece como medio que, adentrándose en los objetos y no sólo aplicándose a más objetos, garantiza una mayor objetividad en contra de los sentidos y sus testimonios.

Las cosas no quedarán aquí, sin embargo. En la importante polémica que se produce entre Newton y Hooke acerca de la teoría de los colores y acerca del funcionamiento del prisma aparece otro elemento de la teoría de los instrumentos, elemento que estaría destinado a ejercer una función de primer orden en la física contemporánea. Se trata del tema del instrumento como perturbador del objeto investigado y, por consiguiente, el tema del posible control del instrumento perturbador. Hooke apreciaba los experimentos de Newton con el prisma, debido a su precisión y su elegancia, pero lo que le discutía era la hipótesis según la cual la luz blanca poseía una naturaleza compuesta y que, en cualquier caso, ésta pudiese ser la única hipótesis correcta. Hooke no creía que el color constituyese una propiedad originaria de los rayos de luz. En su opinión, la luz blanca está producida por el movimiento de las partículas que componen el prisma. Esto significa que la dispersión de los colores sería consecuencia de una perturbación provocada por el prisma. Hoy diríamos que «el prisma

analiza en la medida en que modula» (S. D'Agostino). Para concluir, digamos que en el transcurso de la revolución científica vemos cómo entran los instrumentos dentro de la ciencia: la revolución científica legitima a los instrumentos científicos. Por una parte, se concibe a algunos instrumentos en tanto que potenciación de nuestros sentidos. Por otro lado, surgen dos nuevos temas: el instrumento contrapuesto a los sentidos y el instrumento como perturbador del objeto que se investiga. Estos dos últimos temas se volverán a plantear con frecuencia en la posterior evolución de la física.

2. La revolución científica y la tradición mágico-hermética

2.1. *Presencia y rechazo de la tradición mágico-hermética*

Todo lo que hemos venido diciendo aquí sobre la magia no debe hacer pensar que, durante el período que analizamos ahora, la magia haya ido por un lado y la ciencia por otro. La ciencia moderna –con la imagen que de ella brindará Galileo y que consolidará Newton– y tal como se ha dicho antes, es un resultado del proceso de la revolución científica. En el transcurso de tal proceso, a medida que va tomando consistencia esta nueva forma de saber que es la ciencia moderna, la otra forma de saber –esto es, la magia– será gradualmente calificada de pseudociencia y de saber espurio, y se luchará en contra de ella. Sin embargo, los lazos entre filosofía neoplatónica, hermetismo, tradición cabalística, magia, astrología y alquimia, junto con las teorías empíricas y la nueva idea de saber que se va abriendo camino en este tejido cultural, sólo pueden irse desatando con lentitud y esfuerzo. En efecto, prescindiendo del componente neoplatónico que está en la base de toda la revolución astronómica, en la actualidad ya no se puede negar el peso relevante que ha ejercido el pensamiento mágico-hermético incluso en los exponentes más representativos de la revolución científica. Además de astrónomo, Copérnico también fue médico y practicó la medicina por medio de la teoría de los influjos astrales. No es que exista un Copérnico médico que se comporte como astrólogo y un Copérnico astrónomo que se conduzca como un científico puro (en la forma en que nosotros concebimos al científico): cuando Copérnico se propone justificar la centralidad del Sol en el universo, se remite asimismo a la autoridad de Hermes Trismegistos, que llama «Dios visible» al Sol. Por su parte, Kepler conocía bien el *Corpus Hermeticum;* buena parte de su labor consistió en compilar efemérides; y cuando contrajo matrimonio en segundas nupcias, tomó consejo de sus amigos, pero también consultó a las estrellas. En especial, su concepción de la armonía de las esferas se halla colmada de misticismo neopitagórico. En el *Mysterium Cosmographicum,* con respecto a su investigación referente «al número, la extensión y el período de los orbes», sostendrá: «La admirable armonía de las cosas inmóviles –el Sol, las estrellas fijas y el espacio– que se corresponden con la Trinidad de Dios Padre, Dios Hijo y Dios Espíritu Santo me dio ánimos en este intento.» El maestro de Kepler, Tycho Brahe, también estaba convencido del influjo que los astros tenían sobre la marcha de las cosas y sobre los acontecimientos humanos; en la aparición de la estrella nova de

1572 vio paz y riqueza. Los horóscopos de Kepler eran muy estimados, pero también Galileo tenía que elaborar horóscopos en la corte de los Medici. William Harvey, el descubridor de la circulación de la sangre, en el prólogo a su gran obra *De motu cordis* atacó con gran rigor la idea de que había espíritus que regían las distintas operaciones del organismo («Suele suceder que, cuando los necios e ignorantes no saben cómo explicar un hecho, entonces apelan a los espíritus, causas y artífices de todo, que salen a escena como resultado de extrañas historias, como el *Deus ex machina* de los poetastros»). Empero, siguiendo las huellas de la concepción solar de la tradición neoplatónica y hermética, escribe que «el corazón (...) bien puede ser designado como principio de la vida y el Sol del microcosmos, de forma análoga a como puede designarse corazón del mundo al Sol». También en el pensamiento de Newton estarán presentes el hermetismo y la alquimia.

Por lo tanto, constituye un hecho indudable la presencia de la tradición neoplatónica y de la neopitagórica, del pensamiento hermético y de la tradición mágica a lo largo del proceso de la revolución científica. Una vez establecido esto, veremos cómo algunas de estas ideas son aprovechables para la creación de las ciencias: pensemos en el Dios que hace geometría del neoplatonismo; la naturaleza que se manifiesta a través de los números de los pitagóricos; el culto neoplatónico y hermético al Sol; la noción kepleriana de la armonía de las esferas; la idea del *contagium* de Fracastoro; la concepción del cuerpo humano como un sistema químico, o la idea de la especificidad de las enfemedades y de sus remedios correspondientes, que fueron propuestas y defendidas a través de la iatroquímica de Paracelso, etc. Por otro lado, el proceso de la revolución científica –que lleva a su madurez, en la praxis y en la teoría, a aquella única forma de saber que es la ciencia moderna– de una forma gradual va detectando, criticando y suprimiendo el pensamiento mágico. Por ejemplo, Kepler manifiesta una lúcida conciencia acerca de que, mientras el pensamiento mágico queda apresado en el torbellino de los «tenebrosos enigmas de las cosas», «en cambio yo me esfuerzo por llevar a la claridad del intelecto las cosas que están envueltas en obscuridad». Según Kepler, la tenebrosidad es el rasgo distintivo del pensamiento de los alquimistas, los herméticos y los seguidores de Paracelso, mientras que el pensamiento de los matemáticos se distingue por su claridad. Boyle también atacará a Paracelso. Y aunque Galileo se viese obligado a redactar horóscopos, en sus escritos se muestra del todo ajeno al pensamiento mágico. Lo mismo hay que decir de Descartes.

Pierre Bayle (1647-1706), en sus *Diversos pensamientos sobre el cometa* (1682) efectuó un riguroso ataque contra la astrología: «Sostengo que los presagios específicos de los cometas, al no apoyarse en otra cosa que en los principios de la astrología, no pueden ser más que extremadamente ridículos (...) sin que haya que repetir todo lo que ya he dicho sobre la libertad del hombre (y que sería suficiente para decidir nuestra cuestión), ¿cómo se puede imaginar que un cometa sea la causa de guerras que estallan en el mundo uno o dos años después de que el cometa haya desaparecido? ¿Cómo puede ser que los cometas sean causa de la prodigiosa diversidad de acontecimientos que se producen a lo largo de una guerra prolongada? ¿No es bien sabido, acaso, que si se intercepta una

carta puede fracasar todo el plan de una campaña de operaciones? ¿O que una orden que se ejecute una hora más tarde de lo necesario hace que fracasen proyectos laboriosamente elaborados? ¿O que la muerte de un solo hombre puede variar el signo de una situación, y que a veces una tontería –la más fortuita que pueda darse– hace que no se gane una batalla, lo cual provoca una infinidad de males? ¿Cómo puede pretenderse que los átomos de un cometa, que giran en el aire, produzcan todos estos efectos?» Las reglas de la astrología, en opinión de Bayle, son sencillamente miserables. Más tarde, también Bacon se mostró muy duro en contra del pensamiento mágico. Según este autor, «los métodos y los procedimientos de las artes mecánicas, y sus rasgos de progresividad y de intersubjetividad proporcionan el modelo al que se ajusta la nueva cultura» (Paolo Rossi). En opinión de Bacon, la ciencia está formada por aportaciones individuales que, integrándose en el patrimonio cognoscitivo de la humanidad, ayudan al éxito y al bienestar de ésta. Por ello, Bacon no condena los fines nobles de la magia, la astrología y la alquimia, pero rechaza con decisión su ideal del saber, que pertenecería a un individuo iluminado, y por lo tanto es ajeno al control público de la experiencia, mostrándose arbitrario y obscuro. A la genialidad incontrolada Bacon opone la publicidad del saber; al individuo iluminado, contrapone una comunidad científica que actúa según reglas reconocidas por todos; a la obscuridad, la claridad; a la síntesis apresurada, la cautela y el paciente control. «Esta imagen de la ciencia, y la ética que de ella se derivaba, fue compartida en grados diversos por los iniciadores de la ciencia moderna. Para Boyle y para Newton, para Descartes y para Galileo, para Hooke y para Borelli, el rigor lógico, la publicidad de los métodos y de los resultados, la voluntad de claridad fueron cosas que había que afirmar dentro de un mundo y de una cultura que no las aceptaba como cosas obvias, en los cuales prosperaban creencias, actitudes y visiones del mundo que manifestaban un contraste radical con la ciencia, y que parecían constituir frente a ella una alternativa real para la cultura» (Paolo Rossi).

2.2. *Las características de la astrología y de la magia*

En el marco de las ideas del siglo XVI, resulta imposible delimitar las distintas disciplinas científicas, cosa que más tarde sí se hizo posible. En la cultura del XVI tampoco se puede trazar una separación demasiado nítida «entre el conjunto de las ciencias, por un lado, y la reflexión especulativa y mágico-astrológica por el otro. La magia y la medicina, la alquimia y las ciencias naturales, y hasta la astrología y la astronomía actúan en una especie de simbiosis estrecha, en la que se entrelazan mutuamente, de un modo con frecuencia inextricable, prácticas investigadoras que en la actualidad valoraríamos de maneras muy diferentes, desde un perfil teórico epistemológico. No sorprenderá a nadie, entonces, que muchos estudiosos de esa época pasen con notable facilidad desde el ámbito de investigaciones definibles como científicas, a ámbitos disciplinares de un tipo distinto, que no se ajustan a los criterios modernos de cientificidad» (C. Vasoli). Entre el medievo y la edad moderna, el renacimiento colocó ideas de la tradición neoplatónica, ideas procedentes de la cábala y de la

tradición hermética, e ideas mágicas y astrológicas, con mucha frecuencia vinculadas con el pasado. Se trata de nociones que la historiografía más actual reconoce como ingrediente imposible de eliminar de la revolución científica. Vemos, así, que cada disciplina o conjunto de teorías (en un sentido moderno) posee su contrapartida ocultista. Sin lugar a dudas, una de las consecuencias más maduras de la revolución científica consistirá en la gradual (y, en cierto modo, nunca total ni definitiva) expulsión de las ideas mágico-hermético-astrológicas del seno de la ciencia. No obstante, se plantea también otro problema: ¿habría surgido acaso la ciencia moderna, si no se hubiese producido la ruptura que dichas ideas implicaron con respecto al mundo medieval? Dentro de poco veremos de qué manera la revolución astronómica hallará su garantía filosófica en el platonismo y en el neoplatonismo. ¿Acaso no resultó fecundo para la ciencia el programa de Paracelso, que veía el cuerpo humano como un sistema químico? No siempre los principios no científicos, las fantasías absurdas y los sistemas que parecen apoyarse en el vacío constituyen obstáculos para el desarrollo de la ciencia. Existen ideas no científicas que se muestran fecundas para la ciencia, que influyen positivamente sobre su evolución. Y aunque una de las características de la ciencia moderna sea su lenguaje claro, específico, controlable, no cabe excluir que ciertas ideas confusas puedan resultar útiles para la génesis de algunas teorías científicas. En la época actual, ha habido quien ha puesto de manifiesto los méritos de la confusión; en realidad, puede suceder que la claridad sea quizás el último refugio de quien no tiene nada que decir. A finales del siglo XIX, el filósofo norteamericano Charles S. Peirce escribió: «Dadme un pueblo cuya medicina originaria no esté mezclada con la magia y los encantamientos, y hallaré un pueblo carente de toda capacidad científica.»

1) La astrología, de origen egipcio y caldeo, era para los hombres de los siglos XV y XVI una ciencia, es decir, auténtico saber. Desde la antigüedad están ligadas astrología y astronomía. Ptolomeo, como sabemos, fue autor de un famoso y enormemente influyente tratado de astronomía, el *Almagesto*. Sin embargo, también escribió un voluminoso tratado de astrología (el *Tetrabiblon*). Estaba convencido de que «existe una cierta influencia del cielo sobre todas las cosas que pasan en la Tierra». La estrecha unión que encontramos en la antigüedad entre astrología y astronomía llega hasta la edad media, la volvemos a encontrar en la época del humanismo y del renacimiento y, a veces, aún más adelante. El astrólogo es aquel que, a través de la observación de los astros compila las efemérides, es decir, aquellas tablas en las que se detalla la posición que asumen cada día los diversos planetas. Tomando como base estas configuraciones y posiciones de los astros, el astrólogo trataba los temas de nacimiento: fijaba qué astros habían estado más cerca de una persona en la fecha de su nacimiento, para a continuación establecer su influjo positivo o negativo sobre la persona, elaborando así el horoscopo de ésta. Entre paréntesis digamos que el actual término «influencia» se origina en este contexto. Durante los siglos XV y XVI, la astrología judicial tuvo gran éxito. Era la astrología que se proponía desvelar el juicio de los astros sobre las personas y, al mismo tiempo, sobre los acontecimientos. El astrólogo, en definitiva, escudriñaba en las conjunciones de los astros la marcha de la salud y el destino de las personas, pero también la marcha de las estaciones, las

conmociones populares, la suerte de los monarcas, las políticas y las religiones, así como las guerras futuras. El astrólogo era quien contemplaba y sabía estas cosas tan importantes, y por ello no hubo príncipe o poderoso que no tuviese su astrólogo de palacio. A la astrología se agregaron otras prácticas adivinatorias, como la fisiognómica. En el *De Fato* (V,10) Cicerón habla del fisonomista Zopiro, que afirmaba conocer el carácter de un hombre a través de un examen de su cuerpo y, más en particular, mediante el examen de sus ojos, su frente y su rostro. Durante el renacimiento se cultivó este arte con mucha frecuencia y con indudable éxito. Giovan Battista della Porta, en 1580, publicó su libro *Sobre la fisiognómica humana*. También en el siglo XVIII –recuérdese a Lavater– estuvo presente la fisiognómica, y sus huellas se descubren hasta en nuestros días. Otras formas de adivinación fueron la quiromancia (la previsión del futuro de una persona a través de las líneas de su mano) y la metoposcopia (la previsión del futuro a través de las arrugas de la frente).

2) El paralelismo entre macrocosmos y microcosmos, la simpatía cósmica y la concepción del universo como un ser viviente son los principios fundamentales del pensamiento hermético, que Marsilio Ficino relanzó con su traducción del *Corpus Hermeticum*. De acuerdo con dicho pensamiento, está fuera de toda duda el influjo de los acontecimientos celestiales sobre los sucesos humanos y terrenos. Puesto que el universo es un ser viviente en el que cada parte afecta al resto, cualquier acción e intervención humana producirá sus propios efectos y consecuencias. Por eso, si la astrología es la ciencia que pronostica el curso de los acontecimientos, la magia es la ciencia de la intervención sobre las cosas, sobre los hombres y sobre los acontecimientos, con objeto de dominar, dirigir y transformar la realidad según nuestros deseos. La magia es el conocimiento de la manera en que puede actuar el hombre para hacer que las cosas vayan en el sentido que a él le plazca. De este modo se configura en la mayoría de los casos como una ciencia que integra en sí el saber astrológico: la astrología indica el curso de los acontecimientos (favorables y desfavorables), y la magia brinda instrumentos de intervención sobre este curso de los acontecimientos. La magia interviene para cambiar aquellas cosas que están escritas en el cielo y que la astrología ha leído. Evidentemente, la intervención sobre el curso de los acontecimientos presupone un conocimiento sobre dicho curso. De esto dependía el prestigio y el enorme éxito de la figura del astrólogo mago, el sabio que domina las estrellas.

2.3. *J. Reuchlin y la tradición cabalística; Agrippa: magia blanca y magia negra*

La primera figura de mago que posee un cierto interés, el alemán Johann Reuchlin (1455-1522), está relacionada con la cábala. La cábala –que quiere decir «tradición»– es la mística hebraica que, mediante una articulada y compleja simbología, contempla los fenómenos humanos como reflejo de los divinos. Reuchlin (o Capnion, que fue la forma en que helenizó su nombre) conoció en Italia a Pico de la Mirándola. Quizás haya sido éste quien le introdujo en los estudios cabalísticos. Profesor de griego en la universidad de Tubinga, Reuchlin es autor de un *De arte cabalistica*.

Reuchlin cree que en la cábala se da una revelación divina inmediata; la cábala es la ciencia de la Divinidad: «La cábala es una teología simbólica en la cual no sólo las letras y los nombres, sino también las cosas son signos de las cosas.» Y el conocimiento de estos símbolos puede obtenerse a través del arte cabalístico, el cual –puesto que eleva a quien lo practica al mundo suprasensible, del cual dependen las cosas sensibles– permite obrar cosas milagrosas. El cabalista –escribe Reuchlin en *Capnion sive de verbo divino*– es un taumaturgo que, si posee una fe intensa, puede obrar milagros en nombre de Jesucristo.

Según el médico, astrólogo, filósofo y alquimista Cornelio Agrippa de Nettesheim (nacido en Colonia en 1486 y fallecido en Grenoble en 1535), las partes del universo se hallan en relación entre sí a través del espíritu que anima al mundo en su totalidad. Al igual que una cuerda en tensión vibra toda ella cuando se la toca en un punto, del mismo modo el universo –escribe Agrippa en su *De occulta philosophia*– si es tocado en uno de sus extremos resuena en el extremo opuesto. El hombre se halla situado en el centro de aquellos tres mundos que, según la cábala y tal como afirmaban también Pico de la Mirándola y Reuchlin, son el mundo de los elementos, el mundo celestial y el mundo inteligible. En cuanto microcosmos, conoce la fuerza espiritual que penetra y une al mundo, y se sirve de ella para llevar a cabo acciones milagrosas. En esto consiste, pues, la magia que es «la ciencia más perfecta». Ésta, en efecto, convierte al hombre en amo de las potencias ocultas que actúan sobre el universo. La ciencia del mago se refiere tanto al mundo de los elementos como al mundo celestial y al inteligible. Como consecuencia, Agrippa habla de tres tipos de magia. La primera es la *magia natural:* lleva a cabo acciones prodigiosas, empleando el conocimiento de las fuerzas ocultas que animan a los cuerpos materiales. La segunda es la *magia celestial*: es un conocimiento y control de los influjos ejercidos por los astros. La tercera es la *magia religiosa* o *ceremonial,* que se propone mantener a raya y poner en fuga a las fuerzas demoníacas. La magia natural y la magia celestial fueron denominadas «magia blanca». La magia religiosa o ceremonial es aquella que también recibe el nombre de «magia negra» o «nigromántica». Según Agrippa, además, el principio y la clave de toda la actividad mágica consistía en la dignificación del hombre, dignificación por la cual el hombre se separa de la carne y de los sentidos, y se eleva mediante una repentina iluminación hasta aquella virtud divina que permite conocer las obras secretas. Esta sabiduría revelada debe permanecer en secreto: el mago tiene la obligación de no divulgar a nadie «ni el lugar, ni el tiempo, ni la meta que se persigue». El sabio iluminado no debe confundirse con los necios y, por consiguiente, escribe Agrippa, «hemos utilizado un estilo que sirve para confundir al necio y que, en cambio, es comprensible con facilidad por la mente iluminada». El ideal del saber de Agrippa no es en absoluto el de un saber público, claro y controlable. Es el ideal de un saber privado, oculto y que debe ocultarse, que carece de un método y de un lenguaje rigurosos y públicos. Se trata de un ideal de saber distinto y muy alejado del de la ciencia moderna. Durante los últimos años de su vida, Agrippa –en el *De vanitate et incertitudine scientiarum* (1527)– condenó el saber y exaltó la fe. Sin embargo, dos años antes de su muerte mandó publicar de nuevo su *De occulta philosophia*.

2.4. *El programa iatroquímico de Paracelso*

Sin ninguna duda Paracelso (1493-1541) fue la figura de mago más importante que existió en la época. Theofrasto Bombast von Hohenheim, hijo de médico, y médico él mismo, cambió su nombre por el de *Philippus Aureolus Theophrastus Bombastus Paracelsus*. Se cambió el nombre por el de Paracelso porque se consideraba más grande que el médico romano Celso. En 1514 trabaja en las minas y los talleres metalúrgicos de Segismundo Fugger, banquero alemán que también es alquimista. Estudió medicina en Basilea, donde enseñó después durante dos años. La ruptura de Paracelso con la tradición se pone de manifiesto con toda evidencia a partir de la época en que se dedicó a la docencia: pronunció sus lecciones en alemán y no en latín; invitó a ellas a los farmacéuticos y los barberos-cirujanos de Basilea; y al igual que Lutero había quemado la bula pontificial, Paracelso inauguró sus enseñanzas quemando los libros de las dos *auctoritates* en el terreno médico: las obras de Galeno y de Avicena. Por eso se le llamó el «Lutero de la química». Paracelso también fue un gran viajero y tuvo un gran prestigio. Las polémicas que estimuló, provocó o padeció fueron de una enorme ferocidad.

En opinión de Paracelso, la alquimia era la ciencia de la transformación de los metales groseros que se encuentran en la naturaleza, en productos acabados que resulten útiles para la humanidad. No creía que la alquimia pudiese producir oro o plata; según él, es una ciencia de las transformaciones. Su noción de alquimia «abarca todas las técnicas químicas y bioquímicas. El fundidor que transformaba los minerales en metales era alquimista, y también lo eran el cocinero y el panadero que preparaban los alimentos con carne y con trigo» (S.F. Mason). Interesado por la magia natural, Paracelso reestructuró la medicina. Rechazó la idea de que la salud o la enfermedad dependiese del equilibrio o del desorden en los cuatro humores fundamentales y propuso la teoría de que el cuerpo humano es un sistema químico en el que desempeñan un papel fundamental los dos principios tradicionales de los alquimistas: el azufre y el mercurio, a los que Paracelso añade un tercero, la sal. El *mercurio* es el principio común a todos los metales; el *azufre* es principio de la combustibilidad; la *sal* representa el principio de inmutabilidad y de resistencia al fuego. Las enfermedades aparecen como consecuencia del desequilibrio entre estos tres principios químicos y no por la falta de armonía entre los humores, que mencionaban los galénicos. Tanto es así que, en opinión de Paracelso, puede restablecerse la salud a través de las medicinas de naturaleza mineral, y no de naturaleza orgánica. (No olvidemos que, todavía en 1618, la primera farmacopea londinense enumeraba, entre los medicamentos que había que suministrar por vía oral, la bilis, la sangre, los gorgojos y las crestas de pollo.) Con Paracelso, pues, nació y se impuso la iatroquímica. Los iatroquímicos lograron a veces grandes éxitos, si bien las justificaciones de sus teorías –vistas con los ojos de la ciencia actual– parecen bastante fantasiosas. Por ejemplo, basándose en la idea de que el hierro está asociado a Marte, el planeta rojo, dios de la guerra cubierto de sangre y de hierro, administraron con éxito –y hoy conocemos las razones científicas de dicho éxito– sales de hierro a enfermos de anemia. En la medicina de Paracelso se mezclan elementos teológicos, filosóficos, astrológicos y al-

químicos, pero lo importante –importante por lo que vendría a continuación– es que del crisol de ideas de Paracelso haya surgido el programa de investigación centrado en la idea de que el cuerpo humano es un sistema químico. El paso desde un sistema de ideas hasta otro sistema no se produce de golpe: suele ser lento y laborioso. Una idea acertada necesita tiempo para crecer y consolidarse. Al final las ideas iatroquímicas de Paracelso se mostraron más fecundas y más útiles para la ciencia que las constituidas por la teoría de los humores. Paracelso se consideraba un revolucionario que restauraba la doctrina hipocrática en toda su pureza, y los médicos galénicos –según él– «ignoran por completo los grandes secretos de la naturaleza que en estos días de gracia me han sido revelados desde lo Alto». A propósito del revolucionario programa de Paracelso, el epistemólogo contemporáneo Paul K. Feyerabend ha escrito recientemente: «Innovadores como Paracelso son los que volvieron a ideas anteriores y perfeccionaron la medicina. La ciencia se enriquece en todas partes con métodos no científicos y con resultados no científicos, mientras que procedimientos que a menudo eran considerados como partes esenciales de la ciencia, son tácitamente suspendidos y cambian de dirección.» Otra idea interesante que forma parte del programa iatroquímico de Paracelso es la siguiente: las enfermedades son procesos muy específicos, para las que son útiles remedios también específicos. Esta noción rompía con la tradición en la que se administraban remedios que se suponían buenos para todas las enfermedades y que contenían muchos elementos. Paracelso defendió y practicó la administración de fármacos específicos para enfermedades específicas. También en este caso, aunque la noción de especificidad de las enfermedades y de los remedios se convertirá en una idea triunfante, no tan triunfadora será la justificación en que la base Paracelso. La enfermedad es específica porque cada ente, cada cosa que existe en la naturaleza es un ser viviente autónomo. Puesto que Dios crea las cosas de la nada, las crea como semillas en las que «está grabado desde el principio el objetivo de su utilización y de su función». Cada cosa se desarrolla «a partir de aquello que es en sí misma». Paracelso llama «arqueo» a aquella fuerza que, en el interior de las diversas semillas, estimula su crecimiento. El arqueo es una especie de forma aristotélica materializada. El arqueo es el principio vital organizador de la materia, y Paracelso compara su acción con la del barniz: «Fuimos esculpidos por Dios y colocados en las tres substancias. A continuación, fuimos barnizados de vida.» Como cabe apreciar, también en el caso de la idea de especificidad de las enfermedades y de los correspondientes remedios –noción que más adelante se convertirá en algo fecundo desde el punto de vista científico– su justificación se halla muy alejada de la ciencia, si la contemplamos desde la perspectiva de la ciencia moderna. Como ocurre a menudo en la historia de la ciencia, también aquí una idea metafísica se revela como madre mala (incontrolable) de hijos buenos (teorías controlables). Paracelso, pues, sigue siendo un mago. Pero su magia contiene proyectos cognoscitivos positivos: su iatroquímica quiere revelar los procesos secretos de la naturaleza, pero también pretende completarlos artificialmente.

2.5. *Tres magos italianos: Fracastoro, Cardano y Della Porta*

Gerolamo Fracastoro (1478-1553) fue médico, astrónomo y poeta. De origen noble, siempre vivió en una villa propiedad suya en Verona. Estudió en Padua, donde conoció a Copérnico y trabó amistad con él. En la obra *De sympathia et antipathia* Fracastoro defiende el influjo recíproco entre las cosas; afirma que se da una atracción entre las cosas semejantes y una repugnancia entre las diferentes. En su opinión, los flujos de átomos son los que establecen las relaciones existentes entre las cosas, de modo que ninguna acción puede llevarse a cabo sin contacto. En 1495, cuando Carlos VIII, rey de Francia, sitió la ciudad de Nápoles, se manifestó una enfermedad nueva y terrible: la sífilis. Se dijo que dicha enfermedad había sido llevada a España por Colón y que los españoles la habían llevado después a Nápoles. Los españoles de Nápoles, luego, la habrían transmitido a los franceses, que llamaron «napolitana» a dicha enfermedad, mientras que para los españoles era el «mal francés». Fracastoro fue el primero que usó el nombre de «sífilis». En 1530 publicó el poema titulado *Syphylis sive morbus Gallicus*. Sífilo, pastor mitológico, provocó la ira de los dioses y fue castigado con una enfermedad contagiosa y repugnante. El poema no tiene una trama en sentido estricto y la figura de Sífilo no es más que un pretexto que le sirve a Fracastoro para describir la sífilis y el tratamiento de la enfermedad, por medio de mercurio y de guayaco –o palo santo–, un remedio que también se había importado de América, junto con la enfermedad. Fracastoro no sólo se ocupó de la sífilis; también logró aislar el tifus exantemático. En 1546 publicó su obra maestra de medicina, el *De contagione,* donde se escriben tres modos de infección: por contacto directo, por «fomes» (a través de la ropa, etc.) o a distancia (como ocurría, en su opinión, con la viruela o la peste). Fracastoro desarrolla su obra desde una perspectiva filosófica (basada esencialmente en Empédocles). Se trata de una obra «con una magnífica modernidad y, aunque en aquella época no se conocía la existencia de los microbios, Fracastoro admite la existencia de partículas invisibles o *seminaria,* las simientes de la enfermedad, que se multiplican con rapidez y que propagan sus semejantes. Tuvieron que pasar siglos antes de que ideas tan iluminadas adquiriesen consecuencias prácticas, pero ello no quita que Fracastoro deba ser considerado como el fundador de la moderna epidemiología» (D. Guthrie).

Gerolamo Cardano es otro médico mago que hay que recordar. Nació en Pavía en 1501, fue profesor de medicina en Padua y en Milán, y murió en Roma en 1576. Autor de una autobiografía (*De vita propria*), nos dejó diversos escritos, los más importantes de los cuales son el *De Subtilitate* (1547), el *De varietate rerum* (1556) y los *Arcana aeternitatis*. Se trata de «escritos carentes de organización y llenos de digresiones; una especie de enciclopedias sin ningún plan unitario» (N. Abbagnano). Cardano fue un escritor muy fecundo, como lo atestigua su *Opera omnia* en diez volúmenes densamente impresos. En su tratado de álgebra *Ars Magna* (1545) expone el método para resolver las ecuaciones de tercer grado, que en realidad había descubierto su rival Tartaglia. Famoso matemático, trece años después del *Ars Magna*, Cardano publica un libro de naturaleza muy diferente sobre la metoposcopia, la interpretación de las líneas de la cara. Se hizo muy popular su obra *De Subtilitate,* que un especialista contemporáneo (Douglas Guthrie) ha definido como una especie de «enciclopedia casera» donde puede uno encontrar un poco de todo: cómo marcar la ropa blanca doméstica, la forma de recuperar navíos hundidos, cómo seleccionar hongos, el origen de las montañas, el señalamiento por medio de antorchas, o la junta universal que se conoce con el nombre de «junta cardánica». Su autobiografía es un libro que, aún hoy, se lee con mucho agrado. Cardano se presenta a sí mismo como un hombre excepcional, con poderes sobrenaturales que lo sitúan por encima de los demás mortales; los sucesos de su vida nos lo muestran como alguien siempre acompañado por lo milagroso y lo extraordinario. «Su vida es una de las más singulares de las que se tenga noticia. Mientras oscila de uno a otro extremo, y de contradicción en contradicción, se mezclan en él una sublime sabiduría y absurdos increíbles» (H. Morley). Su infeliz niñez y su dura juventud, la batalla contra la pobreza, la triste experiencia de médico rural, el ascenso a la universidad, la gloria, los descubrimientos matemáticos, la celebridad como médico, la ejecución de su hijo condenado por asesinato, la vejez como pensionista del pontífice en Roma, son cosas todas ellas que Cardano describe en el *De vita propria liber* (1575), libro que merece ponerse al mismo nivel que aquel otro excepcional documento, la autobiografía de Benvenuto Cellini (D. Guthrie).

He aquí unas pinceladas de la obra, que sirven para darse una idea de su tono. «Durante muchos años me he dedicado a ambos juegos: el ajedrez durante más de cuarenta, y a los dados alrededor de veinticinco, y durante tantos años –no me avergüenza el decirlo– he jugado todos los días.» Añade que ha dedicado un libro al ajedrez, en el cual –declara– «he descubierto varios problemas notables». Básicamente misántropo, confiesa: «Si miro al alma, ¿qué animal resulta más malvado, engañador y desleal que el hombre?» Después de la ejecución de su hijo, Cardano no encuentra la paz, por todas partes ve enemigos y conjuras, y no logra dormir: «En 1560, en el mes de mayo, como consecuencia del dolor por la muerte de mi hijo, perdí poco a poco el sueño (...). Pedí entonces a Dios que tuviese misericordia de mí: en efecto, corría el riesgo de que aquel ininterrumpido insomnio me llevase a la muerte o a la locura (...). Le rogué entonces que me hiciese morir, lo cual se le concede a todos los hombres, y fui a tenderme sobre el lecho.» Al dormirse, Cardano oyó una voz que le dice que llevara a la boca la esmeralda que le colgaba del cuello. Realizó esta operación y de inmediato se le pasó el dolor y el penoso recuerdo. Esto sucedía mientras llevaba en la boca la esmeralda; sin embargo, nos narra, «cuando comía o daba clase, y no podía disfrutar del auxilio de la esmeralda, me retorcía de dolor hasta sudar mortalmente». Cardano también cuenta que aprendió milagrosamente el latín, el griego, el francés y el castellano; dice que gracias a un zumbido en el oído se daba cuenta de que alguien estaba tramando algo en contra suya; escribe asimismo: «Entre los acontecimientos naturales de los que he sido testigo, el primero y el más excepcional fue el de haber nacido en esta época nuestra, en la que ha llegado a ser conocido todo el mundo por primera vez.» Célebre médico, en 1552 Cardano fue llamado a consulta en Escocia, para curar al arzobispo Hamilton, cuyo asma trató «en una línea extraordinariamente moderna y con resultados bastante brillantes, ya que el infeliz arzobispo sobrevivió durante veinte años, hasta que fue condena-

do a muerte por traición» (D. Guthrie). Durante su viaje a Escocia Cardano conoció en París al médico Jean Fernel (que será criticado por Harvey, a causa de su teoría sobre los espíritus del organismo) y al anatomista Sylvius; en Zurich se encontró con el naturalista Conrad Genser; en Londres trabó conocimiento con el rey Eduardo VI. Cardano también escribió un librito de preceptos para sus hijos, uno de los cuales –como ya hemos dicho– será ajusticiado por asesinato. En este *Praeceptorum Filiis Liber* hallamos consejos como los siguientes: «No habléis a los demás de vosotros mismos, de vuestros hijos, de vuestra esposa»; «jamás acompañéis a extraños en una vía pública»; «si habláis con un hombre malo o deshonesto, no le miréis la cara, sino las manos». Contra el ideal del saber y del sabio que Cardano profesaba y defendía (un saber de iniciados, colmado de maravillas y de milagros), Bacon arremetió con fuerza. En nombre de un saber público, claro y que se incrementa mediante la participación de los demás, Bacon calificará a Cardano de afanoso constructor de telarañas. El mismo Bacon dirá que Paracelso es un monstruo que colecciona fantasmas, y Agrippa, un bufón trivial.

Cultivador de la óptica fue el napolitano Giovan Battista Della Porta (1535-1615), autor del *De refractione,* obra dedicada precisamente a la óptica, y de un libro muy afortunado: la *Magia naturalis sive de miraculis rerum naturalium* (1558). Aquí distingue entre *magia diabólica* (la que se sirve de las acciones de los espíritus inmundos) y la *magia natural:* ésta consiste en la perfección de la sabiduría, el punto más alto de la filosofía natural. La *Magia naturalis* «es un libro extraño, en el cual, aprovechando una infinidad de elementos físicos y naturalistas, se describen numerosos trucos y efectos que sirven para atraer la curiosidad del lector o para excitar su asombro» (V. Ronchi). Nos dan una idea de lo que es este libro –del que se hicieron 23 ediciones del original latino, diez traducciones italianas, ocho francesas, y otras traducciones castellanas, holandesas e incluso árabes– los títulos de sus veinte partes: 1) Causas de las cosas; 2) Cruzamientos de animales; 3) Modos de producir nuevas plantas; 4) Economía doméstica; 5) Transformación de metales; 6) Adulteración de piedras preciosas; 7) Maravillas del imán; 8) Experiencias médicas; 9) Cosmética femenina; 10) Las destilaciones; 11) Los ungüentos; 12) El fuego artificial; 13) El tratamiento del hierro; 14) Arte culinario; 15) La caza; 16) Las claves cifradas; 17) Las imágenes ópticas; 18) La Mecánica; 19) Aerología (*De pneumaticis*); 20) Varios (*Chaos*). En definitiva, se trata de una auténtica enciclopedia. En realidad, «él prefería seguir su propia pasión de conocimientos, sin olvidar jamás que estaba relacionada con una esfera más amplia de pasiones e intereses. Sobre éstos le informaban la tradición que daba pie a sus investigaciones y a la sociedad que le rodeaba, los asentimientos, las expectativas y las desconfianzas que suscitaba su obra (...). Indudablemente, al hacer ciencia tenía presentes muchas cosas: lo útil y lo superfluo, lo absolutamente verdadero y lo vagamente probable, el éxito de público y el tribunal de la Inquisición, la tradición mágica y los experimentos de Arquímides (...). Muchas de estas referencias ya no las encontraremos en la síntesis racional que efectuó la ciencia moderna (...). Della Porta, en consecuencia, se dedicó con morosidad al teatro de nuestra vida, de nuestras pasiones y de nuestra muerte. El juicio resulta irreversible para todo aquello que ocurrió mientras tanto y, en particular,

para lo que ha sido el curso de la ciencia después de él. Lo cual no es ningún óbice para que su obra aún suscite nuestra curiosidad, incluso en sus aspectos arcaicos» (L. Muraro).