

CAPÍTULO 6

Matemática, experimentación y magia natural en el surgimiento de la ciencia moderna

Pedro Ignacio Urtubey

Introducción

Constantemente el mundo cotidiano nos da pie a plantearnos preguntas sobre el fundamento de la ciencia: en qué consiste la ciencia, quiénes son las personas que hacen ciencia, qué es lo opuesto a la ciencia y por qué estas cosas son de una manera y no de otra. Ante nuevos y viejos saberes y corrientes tales como el horóscopo chino, la astrología, el coaching ontológico, las tendencias terraplanistas, los movimientos antivacunas, el dióxido de cloro como cura para el coronavirus, el ayuno intermitente, el método Wim Hof o las flores de Bach, nuestra aceptación o rechazo suele fundarse, más que en su certeza, su sentido o su utilidad, en su carácter científico como si ese adjetivo fuera algo más poderoso y deseable que la verdad misma. Pero ¿de dónde nace esa condición determinante?

Podríamos decir que, en el fondo, quienes luchan por darle legitimidad a las pseudociencias en verdad no buscan otra cosa más que mostrar que aquellas no son magia, sino ciencia. Si a la vez tenemos en cuenta que la gente formada en ciencia funda su crítica de las pseudociencias sobre la consideración de que aquellas, en efecto, no proponen otra cosa más que magia (algo improbable, sin sentido e instantáneo o no razonado) podemos caer en la cuenta de que, en el fondo, el problema aquí no es solo la magia sino la manera en que comprendemos la ciencia misma. En general, cuando hablamos de ciencia no tenemos una concepción definida de esta, sino más bien una idea vaga que pronto se revela como superficial en la medida en que define a la ciencia solo por vía negativa, es decir, por oposición a lo que no es ciencia: por un lado, el conocimiento científico y, por otro, ciertas vías espurias a las que, por defecto, cabría denominar pseudociencias, o incluso, como dijimos, magia. Pero ¿cómo estamos tan seguras de esta distinción?, ¿de dónde nace esa oposición tajante? Muchas veces la respuesta es que existe un camino definido e incluso un origen de nuestra visión actual de lo que es ciencia, que se remontaría al contexto de la llamada Revolución Científica en un período comprendido entre mediados del siglo XVI y fines del siglo XVIII, aproximadamente.

Siguiendo lo anterior, no es una novedad que todo relato histórico supone un juego de selecciones y omisiones (conscientes o inconscientes) que de una forma u otra en muchos casos intentan apelar al pasado para justificar un estado de cosas en el presente. En el caso de la

historia de la ciencia, esto puede verse con los enfoques denominados *whig* o presentistas. A partir de ellos, la ciencia del pasado es interpretada según nociones y categorías del presente que llevan a ensalzar lo que se parece a la ciencia actual y a condenar o invisibilizar lo que no encaja con nuestra idea actual de lo que es ciencia. Ciertamente, esto da como resultado una concepción un tanto estrecha de la ciencia, lo que a su vez deriva en un arma de doble filo: por un lado, nos brinda una caracterización definida de la ciencia que, aunque superficial y reduccionista, constituye un marco conceptual que explica por qué aquella representa la máxima expresión de producción del conocimiento. Por otro lado, aquel marco, en tanto superficial y reduccionista, posibilita que concibamos a la ciencia como una simple anexión entre observaciones, experimentos y cálculos matemáticos. Esto último es lo que permite que casi cualquier idea o pensamiento que anexe esos elementos se nos ofrezca injustamente como conocimiento científico (Lombardi, 1997)³¹. Solo basta percatarnos de que nuestras sociedades se estructuran sobre la legitimidad del saber científico para comprender por qué la negación o relativización de este último supone un problema no digno de omisión. En este sentido, el estudio de la ciencia desde un enfoque histórico-filosófico —y particularmente de la idea de Revolución Científica— tiene una relevancia actual. Pero llevarlo a cabo implica desandar los enfoques presentistas con que durante mucho tiempo se ha abordado dicha historia. Es preciso, entonces, ampliar el espectro y traer a colación distintos contextos, conceptos, prácticas y procesos que nos exijan redescubrir y repensar aquello a lo que nosotros convenimos en llamar ciencia (Ashplant y Wilson, 1988).

En lo que sigue veremos que el proceso de conformación de la ciencia moderna fue muy complejo y que los cambios con respecto a la ciencia pre-moderna no fueron ni abruptos ni instantáneamente evidentes, menos que menos para los agentes que vivieron a lo largo de ese largo período y ejercieron algún tipo de influencia. En la primera sección, ilustraremos de manera general la vieja imagen del mundo con el objetivo de arribar a un conocimiento básico sobre la naturaleza de la ciencia precopernicana. Este insumo nos permitirá estar en condiciones de analizar, en la segunda sección, dos acontecimientos en la historia de la ciencia que usualmente son presentados por la historiografía presentista para abonar la idea de Revolución Científica: el rol de la matemática en el modelo heliocéntrico de Nicolás Copérnico y las observaciones telescópicas de Galileo Galilei. La crítica a la idea presentista de Revolución Científica nos habilitará a indagar en torno de otras tradiciones y contextos, usualmente subestimados y menospreciados a la hora de historizar la ciencia moderna (Elena, 1998; Manzo, 2009). Partiendo de esto, en la

³¹ Podemos tomar el caso del terraplanismo para ilustrar esta cuestión. El terraplanismo se presenta a sí mismo como científico por el hecho de basarse en observaciones y experimentos —sin el rigor correspondiente— como si la mera apelación a ellos fuera suficiente credencial de cientificidad para ingresar en el debate científico. Debido a esto, la comunidad científica se ve obligada a responder oponiendo otras observaciones, experimentos y contraejemplos que desde el ámbito de la divulgación científica terminan siendo contraproducentes, por cuanto no logran dar cuenta de los complejos procesos de producción del conocimiento que verdaderamente distinguen a las investigaciones astronómicas de las ideas terraplanistas. Véase el primer capítulo de la serie *El fraude del terraplanismo* en el que Diego Bagú, director del Planetario de la ciudad de La Plata, comenta las razones por las que la comunidad científica se ocupó de realizar una serie sobre el fenómeno del terraplanismo.

tercera sección analizaremos brevemente algunos elementos teóricos y prácticos que la magia natural renacentista aportaría para la conformación de la ciencia moderna.

La vieja imagen del mundo

La vieja imagen del mundo representada por la cosmología aristotélico-ptolemaica tuvo vigencia durante casi veinte siglos. Aun con retoques y modificaciones que ciertamente excedían los aportes de Aristóteles y Ptolomeo esa imagen del mundo que a partir de los siglos XVI y XVII devendría antigua y obsoleta, fue más que una simple teoría científica —tal como a primera vista podríamos pensar. Como dijimos, se trataba más bien de una cosmología, un modelo explicativo racional que permitía comprender el mundo no en tal o cual aspecto, sino en su totalidad: una totalidad coherente, ordenada y, al menos en principio, armónica. Dicha totalidad no era concebida como una totalidad mecánica, sino más bien orgánica: el mundo era análogo a un organismo vivo en el cual la realidad física o material se encontraba siempre, en cualquier ámbito, regida por un principio inteligente ordenador de la materia.

A grandes rasgos, la cosmología aristotélico-ptolemaica postulaba un mundo cerrado —es decir, finito o limitado— y esférico, que a partir de la órbita de la Luna se hallaba dividido en dos grandes regiones: por un lado, la región sublunar que incluía a la Tierra como centro inmóvil del mundo; por otro, la región supralunar que incluía a la Luna y a los demás astros. En el límite se encontraba la llamada esfera de las estrellas fijas, en la cual se creía que estas últimas se encontraban firmes, sujetadas, fijas. Esta distinción entre regiones no era caprichosa, sino que representaba, en el marco de la filosofía griega antigua, un intento por responder al problema del cambio: ¿Por qué algunos cuerpos se mueven de una manera y otros de otra? ¿Por qué algunos cuerpos no se mueven? ¿Por qué los mismos cuerpos unas veces están en movimiento y otras en reposo? ¿Por qué en la Tierra todo perece y se degrada mientras que los astros parecen ser inmutables?.

La distinción entre regiones (sublunar y supralunar) propuesta por Aristóteles formaba parte del intento por explicar dos mundos que se presentaban con características disímiles: uno en el cual todo se generaba y se degradaba —sujeto a continuo cambio— y otro en el cual no se observaba sino una regularidad inquebrantable. Aristóteles interpretaba estas observaciones a partir de la propuesta de Empédocles, quien al filosofar tanto en torno al problema del cambio como en torno a las respuestas ofrecidas por sus antecesores y contemporáneos, advirtió la dificultad de arribar a una respuesta si se concebía que la causa material solo podía responder o identificarse con un único elemento. De esta manera, planteó no uno sino cuatro elementos (tierra, agua, aire y fuego) a partir de los cuales, por medio de distintas combinaciones, podían originarse todas las cosas y sus transformaciones.

Aristóteles propuso que la diferencia entre ambas regiones se debía a que cada una de ellas, a causa de su composición, se hallaba sujeta a principios físicos diferentes. La región o mundo sublunar, que incluía a la Tierra como centro inmóvil y llegaba hasta la órbita de la Luna, se

hallaba compuesta por los cuatro elementos: tierra, agua, aire y fuego. Desde ese marco, se creía que en un principio estos habían estado situados en capas superpuestas y concéntricas, ordenadas del siguiente modo: a la primera capa de tierra, situada en el planeta Tierra, le seguía una capa de agua, y, a su vez, a esta le seguía una de aire. Por último, la capa de fuego, que seguía a la anterior, se extendía hasta la órbita de la Luna. Sin embargo, una suerte de fuerza de arrastre producida por el movimiento de esta última había alterado el orden estricto por el cual cada elemento se ubicaba en su capa respectiva, lo que derivó en el hecho de que, en gran medida, y particularmente en la Tierra, ahora los encontremos mezclados entre sí. Más allá de la esfera de la Luna, en la región supralunar, todo se hallaba compuesto por un quinto y único elemento, el éter, cuya naturaleza se distinguía de los cuatro anteriores por el hecho de ser un material incorruptible y transparente. Esto explicaba la ausencia de manchas o imperfecciones en los astros, como así también su brillo, a lo que se le sumaba, como signo de perfección, la adjudicación de un movimiento circular eterno, producido por la esfera respectiva en la que se ubicaban los astros y las estrellas.

La mezcla de los cuatro elementos generada por el movimiento de la Luna constituía un marco explicativo más que aceptable para dar cuenta del motivo por el cual el mundo sublunar era una región de entidades corruptibles, sujetas al continuo cambio y a la transformación. Para dar respuesta al problema del cambio, Aristóteles postuló lo que él consideraba como el movimiento por antonomasia dentro de la región sublunar: el movimiento rectilíneo. Por medio de este, cada entidad, dependiendo de su composición, se empeña por su propia naturaleza en retornar a la zona elemental a la que pertenece, o bien permanece en reposo cuando ya se encuentra en su lugar natural. De esta manera, si la piedra no está en reposo, cae en línea recta buscando su lugar natural, que es la capa terrestre; el humo y el fuego se mueven hacia arriba porque buscan su propia capa, la más alejada y cercana a la Luna; de igual manera, el agua de los ríos está en continuo movimiento ya que busca acomodarse en la capa acuática, y así sucesivamente. En este punto es importante registrar que la explicación aristotélica de los fenómenos del mundo físico no hace uso de las matemáticas. En efecto, partiendo de la idea de que la matemática no trabaja con entes en movimiento ni propiamente con entes naturales, sino con realidades inmóviles y eternas, abstraídas y, por tanto, separadas de la materia (como es el caso de los números), Aristóteles consideraba que la metodología de esta disciplina era totalmente ajena a las investigaciones físicas, por cuanto en estas últimas no nos encontramos con elementos abstractos e inmóviles, sino con entes compuestos de materia y forma y, además, dotados de movimiento.

Dentro del esquema de una física netamente cualitativa, Aristóteles distinguía entre movimientos naturales y movimientos violentos: lo dicho hasta aquí explica el primero de ellos, por cuanto la idea principal es que cada entidad, por causa de su composición, tiende a retornar a su hábitat original, o lugar natural. Pero en este punto cabría preguntar ¿cómo es posible, entonces, que al tirar una piedra hacia arriba esta realice un movimiento contrario a su naturaleza? La respuesta es que, a diferencia de los casos anteriores, en este caso existe un *movimiento violento* y no un *movimiento natural*. Cuando arrojamamos una piedra hacia arriba se produce la

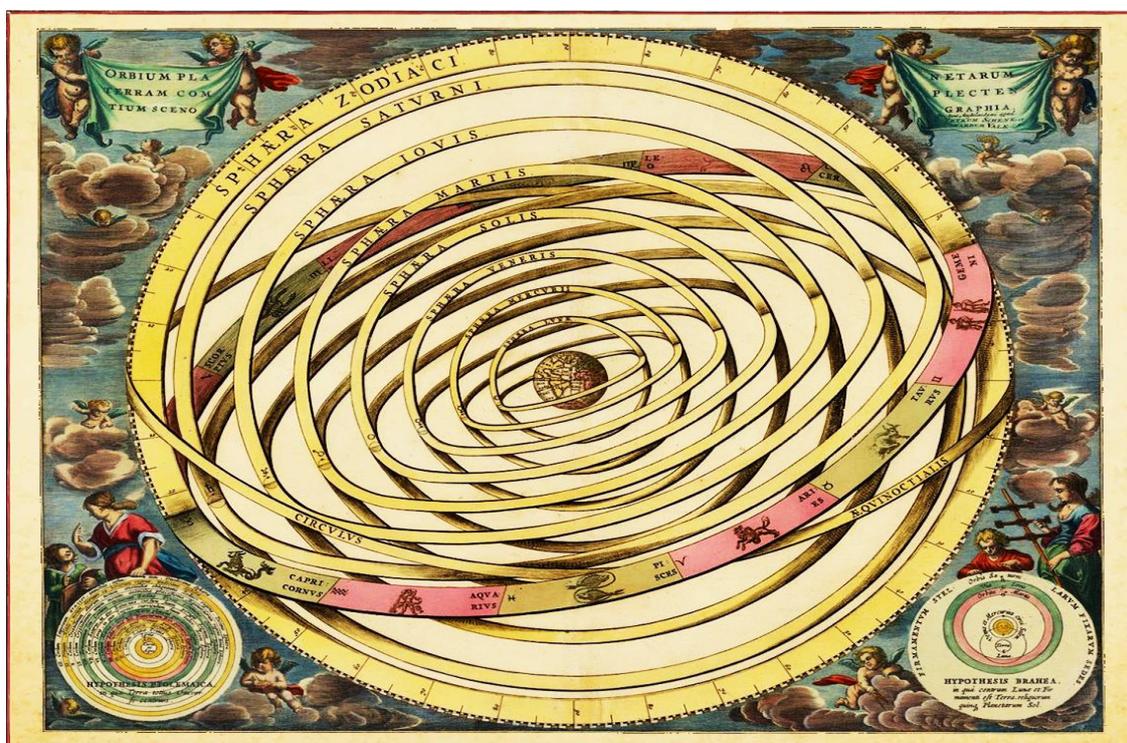
intervención de un agente externo (la mano) que obliga a cierto cuerpo (la piedra) a moverse en una dirección contraria a su tendencia natural (que en este caso sería el permanecer en la capa o esfera terrestre). Sin embargo, aquí aparece un nuevo problema que es importante plantear: ¿qué sucede con el movimiento natural de la piedra durante el lapso de tiempo en el que se la somete a un movimiento violento, contrario a su naturaleza?

Lo esperable, desde el modelo explicativo de Aristóteles, sería que en el momento mismo en que la piedra se viera librada del contacto que la induce a un movimiento violento (el instante en el que la mano suelta la piedra al arrojarla) esta procediera a retornar de inmediato hacia la esfera de la tierra. Pero esto no es lo que sucede: puede pasar un tiempo considerable (apenas un segundo, aunque ~~que~~ captado nítidamente) hasta que la piedra, luego de recorrer una cierta distancia hacia arriba, cambie su dirección ascendente para emprender el camino de regreso. La respuesta de Aristóteles es que el agente que funciona como motor del movimiento violento le confiere al medio tanto un primer impulso como la capacidad para transmitir él mismo ese movimiento —durante un lapso de tiempo determinado. Siguiendo el ejemplo de la piedra, en ese caso el medio sería el aire, que por unos instantes se transformaría en motor del movimiento violento ascendente. Luego, esta suerte de capacidad adquirida perdería paulatinamente su potencia, hasta quedar definitivamente sin efecto. En ese instante, la piedra retomaría su movimiento natural (por defecto descendente hasta hallar el reposo). Como podemos ver, la física aristotélica se fundaba en un tipo de explicación en gran medida descriptiva que, basándose en las cualidades de los entes naturales, procedía a ilustrar el problema del cambio desde un punto de vista teleológico, es decir, suponiendo o adjudicando en los cuerpos un propósito o una finalidad (el retorno a un supuesto lugar natural) que los inducía a moverse o a permanecer en reposo.

A diferencia del mundo sublunar, el mundo supralunar no podía contener los movimientos contingentes y violentos que caracterizaban al primero. Esto por cuanto, desde su aparición, la filosofía antigua había concebido al problema del cambio como signo de una realidad degradada e imperfecta. Pero en el caso del mundo supralunar, los astros, asociados con lo divino, representaban un ámbito de absoluta perfección que no debía admitir cambios de ningún tipo; en todo caso, solo podría contener un cambio apenas mínimo, sumamente regular y admirable. De acuerdo con esto, el único cambio que admitía estas características era, para los filósofos griegos, el movimiento local, circular y uniforme, por cuanto, si bien es cierto que expresa cambios de lugar, no es menos cierto que estos se dan en el marco de un ciclo perpetuo: los astros cambian cíclicamente de lugar para estar siempre en el mismo lugar (Carman, 2020, p. 11). Estos presupuestos de la filosofía griega antigua impactarían de manera notable en la astronomía antigua, medieval e incluso en la moderna —particularmente en la astronomía de Copérnico, como veremos en la sección que sigue— sobre todo por haber sido sintetizados en una frase de Platón que sería recepcionada como un mandato inviolable: ¿Qué movimientos circulares y uniformes es necesario suponer para explicar los movimientos aparentes de los planetas?

Como podemos empezar a notar, la diferencia entre el mundo sublunar y el supralunar traía aparejadas características opuestas para cada uno de ellos: en el primero reinaba el cambio, la

transformación, la generación y la corrupción, y el movimiento rectilíneo, el cual obedecía a movimientos particulares y, en algunos casos, contingentes. Pero, en el caso del mundo supralunar, se trataba de un ámbito incorruptible que, por esto mismo, había que interpretar presuponiendo allí un movimiento local, circular y uniforme. A partir de esto, Aristóteles propuso que en el mundo supralunar el Sol y los demás astros contenían en sí mismos un motor que los inducía a un movimiento de tipo circular perpetuo, realizado sobre la base de esferas físicas concéntricas con la Tierra. Ese movimiento, a su vez, les era conferido a cada uno de ellos por el astro contiguo y superior, hasta llegar al origen del movimiento que Aristóteles adjudicaba a un primer motor inmóvil. ¿Por qué motor inmóvil? Porque sin estar él mismo en movimiento (es decir, permaneciendo eternamente inmóvil), ponía en movimiento toda la esfera del universo (era el motor del movimiento de la esfera de las estrellas fijas, que a su vez movía a los astros, que a su vez movían al mundo sublunar).



Modelo aristotélico-ptolemaico de las esferas físicas de los planetas, concéntricas con la Tierra inmóvil.

Fuente: <https://culturapiempoli.ch/cosa-e-la-risincronizzazione/>

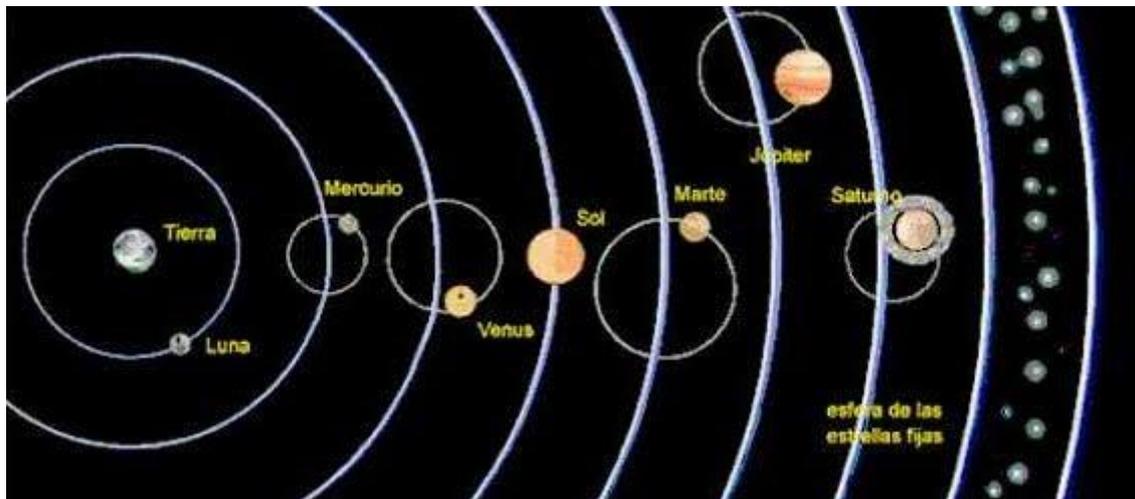
Del mismo modo en que la física aristotélica aportaba un marco explicativo, descriptivo y teleológico para dar respuesta al problema del cambio en el mundo sublunar, tenía también la intención de explicar los fenómenos celestes de manera similar, sin perder de vista las particularidades del mundo supralunar. Y es en relación con este último objetivo que resulta indispensable sumar unas palabras sobre Ptolomeo. Básicamente, fue quien culminó la articulación del modelo astronómico que hasta ese entonces había ocupado a gran parte de la filosofía griega. Si bien dicho modelo no había sido sólo obra de Aristóteles, es cierto que el filósofo de Estagira cumplió

un rol importante en su constitución, al enmarcarlo sobre la base de la distinción física entre el mundo sublunar y supralunar.

Uno de los problemas centrales de la astronomía griega había sido, antes, durante y después de Aristóteles, el de la retrogradación de los planetas. A la vez que la física aristotélica permitía comprender por qué los astros no presentaban manchas, el marco explicativo de las esferas concéntricas sugería de manera plausible que aquellos se movían en círculos alrededor de la Tierra. Sin embargo, el llamado fenómeno de la retrogradación indicaba a cualquier ojo observador que cada tanto algunos planetas parecían detener su movimiento circular, disminuir su brillo (signo de que se alejaban de la Tierra), aumentar su brillo nuevamente y continuar su marcha como si nada extraño hubiera sucedido, realizando una suerte de bucle oprobioso en lo que debería ser un movimiento circular perfecto y regular. Este sencillo problema había puesto en vilo a la astronomía griega, y, con el correr de los siglos, se vio obligada a construir modelos explicativos cada vez más complejos que, sin desestimar la física aristotélica, pudieran representar el problema de la retrogradación.

Amparado en estudios y propuestas de astrónomos anteriores y de su propio tiempo, Ptolomeo logró aportar una solución al problema de la retrogradación —entre otras anomalías. Propuso un modelo explicativo según el cual, a la vez que cada astro se movía sobre su propia órbita concéntrica con la Tierra, también lo hacía, de manera circular, sobre unas esferas considerablemente más pequeñas que recibían el nombre de epiciclos, y que tenían sus centros sobre la esfera principal del astro respectivo. Podemos tener una imagen de lo que esto significa si nos imaginamos que la órbita concéntrica con la Tierra representa un circuito de entrenamientos sobre el que se disponen una serie de conos. Pues bien, los conos serían el centro de cada epiciclo y nosotros un astro. De esta manera, para cumplir con nuestro movimiento alrededor de la Tierra (aquí la Tierra sería una persona que mira nuestro entrenamiento) deberemos recorrer los conos en zig-zag completando una vuelta alrededor de cada uno antes de pasar al otro. Si lo comparamos con distancias astronómicas, podremos comprender de manera sencilla la manera en que el modelo de Ptolomeo explicaba la retrogradación y el problema del brillo de los planetas: la persona que nos mira entrenar verá que, en nuestras vueltas alrededor de los conos, a veces estamos más cerca de ella o más lejos; por otro lado, al cumplir con esas vueltas a veces parece que retrocedemos o incluso que nos detenemos. Pero en realidad, siempre estamos cumpliendo con el circuito (la vuelta alrededor de la Tierra) a través de pequeñas vueltas alrededor de los conos (la vuelta entera de cada epiciclo). Cabe destacar que el astrónomo egipcio hizo un gran uso de la matemática y la geometría para formar, reformar y, sobre todo, adaptar su sistema de epiciclos a la particularidad de cada astro. De esta manera, a la vez que su sistema resolvía los problemas astronómicos de la época y conservaba el presupuesto platónico de explicar el movimiento de los astros mediante movimientos circulares y uniformes, no es menos cierto que lo hacía bajo el precio de ofrecer un sistema por demás complejo. Atestado de recursos y cláusulas *ad hoc*, postulando en ciertos casos el centro de los epiciclos en puntos invisibles y meramente utilitarios (llamados excéntricas) o incluso corriendo de la Tierra el centro geométrico de las

órbitas de algunos planetas, Ptolomeo consolidó lo que al inicio de esta sección llamamos la cosmología aristotélico-ptolemaica.



Representación moderna de epiciclos en el sistema copernicano.

Fuente: <http://matelokos.blogspot.com/>

De manera somera e introductoria, hemos podido ver que Ptolomeo logró en la astronomía lo que Aristóteles había logrado en el ámbito de la física: confeccionar un modelo explicativo que diera cuenta de los fenómenos observables. Esta imagen del mundo, que lo representaba como una totalidad ordenada de acuerdo con causas finales, no requería más que de la observación directa para alcanzar un adecuado conocimiento del mundo natural. En este sentido, si bien es cierto que desde la antigüedad existían distintos instrumentos de cálculo y medición (como el cuadrante, el *triquetrum* o la esfera armilar) es preciso tener en mente que estos no tenían un uso operativo o experimental capaz de ir más allá de la observación directa de los fenómenos, e interrogar a la naturaleza. Es preciso decir que esta tendencia no respondía solo a la tajante separación aristotélica entre física y matemática, sino también a motivos de índole netamente cultural, como lo era la concepción griega según la cual las actividades prácticas y operativas constituían una degradación de la dignidad del ser humano (cuyo fin era la contemplación pura) (Yates, 1983, p. 185). Precisamente, la ciencia moderna se destaca por subvertir estos dos aspectos, por un lado, mediante la fusión entre física y matemática y, por el otro, mediante un cambio significativo en la concepción respecto del valor cognoscitivo y operativo del uso de tecnologías. A continuación, analizaremos hasta qué punto podemos afirmar que estos cambios pueden apreciarse como frutos de una Revolución Científica.

¿Revolución Científica o transición gradual? Los casos de Copérnico y Galileo

El nacimiento de la ciencia moderna fue producto de un largo y complejo proceso gradual. Este se extendió por un período de aproximadamente ciento cincuenta años, en el que los

discursos y prácticas que atravesaban la producción del conocimiento científico en tiempos anteriores a Copérnico se vieron verdaderamente modificados. Si bien dicha modificación es innegable, también es importante aclarar que en ese largo período de tiempo no hubo un único episodio definido que hubiera podido zanjar un modo viejo y un modo nuevo o moderno de hacer ciencia. Ni siquiera es posible, a través de los actores de aquel largo período, identificar una idea o noción unívoca sobre lo que era hacer ciencia. Hubo, en efecto, un sinnúmero de episodios de ruptura y continuidad, pluralidad de disciplinas y de métodos y, verdaderamente, ningún cambio abrupto que podamos señalar como parteaguas entre la vieja imagen del mundo y la nueva.

No obstante, el resquebrajamiento del paradigma organicista usualmente es presentado desde el punto de vista de la llamada Revolución Científica, lo que muchas veces implica considerar, acentuar o seleccionar como significativos solo aquellos acontecimientos capaces de contribuir a la fundamentación de nuestra idea actual de lo que es o no es ciencia (Lombardi, 1997, p. 345). Entre esos acontecimientos, existen dos que queremos destacar puesto que constituyen lugares comunes a los que se recurre asiduamente, considerándolos como evidencias claras y distintas capaces de abonar la mentada idea de revolución. En primer lugar, se acostumbra a señalar como comienzo histórico de ese viraje al modelo heliocéntrico de Nicolás Copérnico, haciendo énfasis en ciertos aspectos de la propuesta que el astrónomo polaco hiciera en su obra *Sobre las revoluciones de las esferas celestes* (1543). En segundo lugar, se alude a las observaciones telescópicas de Galileo Galilei, más de sesenta años después de la muerte de Copérnico, como un acontecimiento épico en la historia de la ciencia, en el cual la experimentación científica se habría hecho presente mostrando de manera tajante la verdadera naturaleza de los fenómenos celestes. En ambos casos, la historiografía *whig* o presentista exagera de manera anacrónica los efectos de aquellos acontecimientos y los presenta de manera objetable en oposición a la ciencia precopernicana.

Desde aquella lectura presentista, Nicolás Copérnico habría comenzado a cambiar la historia de la cultura occidental por el hecho de enfrentarse de manera racional y científica a la cosmología aristotélico-ptolemaica: sin acatar la autoridad de dicha tradición, se habría decidido a estudiar los fenómenos celestes como si no hubiese existido nunca un ser humano que lo hiciera antes que él. El aporte del astrónomo polaco consistiría, básicamente, en haber visibilizado los defectos de una cosmología aristotélico-ptolemaica ya obsoleta para, a partir de ello, proponer un modelo alternativo, verdadero y fundamentado científicamente. De esta manera, la revolución científica habría nacido con la llamada revolución copernicana, en la cual, a partir de principios matemáticos y geométricos, fueron descubiertas las tesis revolucionarias del heliocentrismo y del triple movimiento de la Tierra, en franca contradicción con el núcleo de la vieja imagen del mundo, constituido por una forma un tanto primitiva de hacer ciencia, netamente descriptiva e hipotética.

En verdad, cuestionar la idea de Revolución Científica no implica negar los acontecimientos disruptivos de este período histórico, y esto vale también para el caso de Copérnico. Es cierto que la cosmología de la vieja imagen del mundo contenía, como vimos, un núcleo duro descriptivo, especulativo e hipotético. Para esta última, la matemática era una abstracción del mundo

físico, por lo que, a la vez que se la apreciaba desde un punto de vista netamente instrumental, se la consideraba incapaz de pronunciar (o siquiera tomar partido sobre) la verdad de los fenómenos. Por otro lado, y en relación con esto último, la cosmología estaba de hecho fundada en una física no matemática y netamente cualitativa, concebida como la ciencia encargada de acceder a la verdadera configuración del universo. Pues bien: el modelo cosmológico de Copérnico puede en efecto ser apreciado en términos disruptivos en la medida en que, respecto de aquellas concepciones heredadas, exhibió cierta tendencia hacia la unificación de la cosmología con la astronomía de manera concreta a partir de la matematización de la física.

Hay un claro ejemplo que nos permite comprender lo antedicho: desde el marco de la física aristotélica era imposible concebir, tal como Copérnico planteaba, que un mismo cuerpo (la Tierra) tuviera tres movimientos simultáneos, debido a que cada cuerpo solo podía tener un movimiento natural. ¿Por qué? Porque su composición, su constitución elemental, era esencialmente una y, a su vez, estaba asociada con un lugar natural específico (la capa de tierra, agua, aire o fuego) al que se suponía que retornaba mediante un único tipo de movimiento: el rectilíneo. Del mismo modo, la Tierra —también a causa de su composición— debía ser estática; no podría tener un movimiento circular ya que, al estar compuesta de tierra, su tendencia natural era que permaneciera en reposo una vez dispuesta sobre la capa terrestre. Pero lo disruptivo del modelo de Copérnico es que no rompió con este marco explicativo mediante una crítica de los principios físicos aristotélicos, sino mediante la postulación de un principio cosmológico alternativo para el cual la distinción entre los mundos sublunar y supralunar (la física aristotélica) resultaba lisa y llanamente superflua e innecesaria: en su modelo, el movimiento de la Tierra —y el de cualquier cuerpo— es presentado como una consecuencia de la forma geométrica, no de su composición. Es mediante la matemática y la geometría que Copérnico postula el triple movimiento de la Tierra, dando a entender que un conjunto de cálculos matemáticos era suficiente para dar cuenta de esto. Así, la astronomía (matemática) descubría una verdad cosmológica (la Tierra es un planeta más que cuenta con tres tipos de movimientos) que oficiaba como rectora de las investigaciones físicas, atentando, en este caso, contra la perspectiva netamente cualitativa y teleológica de esta última (Granada, 2000).

La matematización de la física —o la fusión entre astronomía y cosmología— constituye un elemento disruptivo del modelo copernicano, siendo a su vez la llave que, al desestimar la separación aristotélica entre cosmología y física, exigirá una reconstrucción de esta última de acuerdo con el nuevo marco cosmológico. Pero aquí es necesario hacer una pausa, puesto que la física moderna y la consiguiente nueva imagen del mundo no son en este momento histórico ni siquiera un proyecto definido: solo retrospectivamente, es decir mirando al pasado con los ojos del presente, podemos interpretar que aquella exigencia es la que, inevitablemente, acabará por hacer añicos la vieja imagen del mundo. En verdad, no podríamos asumir que Copérnico buscaba esto, ni mucho menos afirmar que había en él una toma de conciencia respecto de la necesidad imperiosa de una reforma radical de la física.

Existían dos cuestiones fundamentales por las cuales Copérnico buscaría un modelo alternativo: en primer lugar, porque el modelo ptolemaico —con el correr de los siglos y debido a la

infinidad de enmiendas *ad hoc* en las que había incurrido— había terminado por violar el mentado precepto de Platón. En segundo lugar, la pluralidad de excéntricas y epiciclos impedía visualizar de manera armónica y simétrica la articulación geométrica entre los planetas, puesto que, al funcionar como cláusulas *ad hoc*, daban la idea de que el universo no era un todo coherente, sino que en una parte funcionaba según tales principios y en otra parte según tales otros. En este sentido, debemos advertir que, más allá de lo disruptivo del modelo copernicano, su móvil principal no podría ser concebido en términos de total separación o distanciamiento respecto de la ciencia anterior: a la vez que, como veremos más adelante, obedecía a motivos prácticos requeridos por las autoridades eclesiásticas, conservaba de manera acrítica el precepto de Platón —que recién será abandonado por Kepler un siglo más tarde— buscando en el estudio de la astronomía una contemplación armónica del cosmos asociada con tradiciones místicas y convicciones religiosas (Yates, 1983, pp. 182-3).

A partir de lo dicho hasta aquí, debemos desestimar la idea errónea según la cual, de manera espontánea, Copérnico inventó de la nada cierta actitud científica que lo condujo a intentar conocer los fenómenos celestes mediante el análisis riguroso de los cálculos matemáticos. La tesis heliocéntrica fue hallada por Copérnico a partir de un análisis concienzudo de la filosofía antigua y, en este sentido, el astrónomo polaco no se enfrentaba en soledad frente a la cosmología imperante en su tiempo, sino que su trabajo tenía el carácter de una restitución de saberes antiguos, amparado en un abordaje histórico y doxográfico³². Buscaba visibilizar planteos cosmológicos que otros habían pensado antes que él. Dicha restitución constituía una tarea eminente, por cuanto no era una mera opinión lo que Copérnico venía a desenterrar, sino más bien una creencia verdadera transmitida de boca en boca a través de una cadena antigua de sabiduría, de cierto carácter sagrado, que había sido ocultada por las meras opiniones de espíritus vulgares.

En lo que se refiere al plano explicativo es preciso destacar que, si bien la propuesta de Copérnico fue en algunos casos recepcionada de manera entusiasta, en absoluto podemos decir que haya producido una revolución. En primer lugar, desde hacía al menos un siglo que existían serios intentos por enmendar el modelo ptolemaico, los cuales ya habían llegado a proponer que la Tierra no era estática. En segundo lugar, es posible concebir que la decisión de buscar una hipótesis astronómica en textos de filosofía antigua y no en cálculos y enmiendas hacia el interior del modelo ptolemaico, pudiera deberse a que Copérnico no fuera un astrónomo profesional, sino un aficionado a la astronomía (Granada, 2000, p. 19). Respecto de esto, podemos recordar que un motivo importante por el cual Copérnico comenzó a pensar, redactar y compartir la posibilidad de un sistema heliocéntrico fue la invitación para participar en el V Concilio de Letrán, al que asistió para aportar una solución respecto de la reforma del calendario juliano. En efecto, luego de quince siglos, el modelo ptolemaico presentaba un desfase de aproximadamente 11 días respecto de las fechas en que debían suceder los solsticios y los equinoccios, lo cual traía grandes dificultades para la celebración de las festividades

³² Copérnico mismo hace referencia a los pitagóricos Filolao (c. 470 a. C. – c. 380 a. C.), Heráclides de Ponto (c. 390 a.C – c. 310 a.C) y Ecfanto (siglo IV a.C).

religiosas. En este sentido, sería objetable pensar que Copérnico propusiera un modelo alternativo al ptolemaico con la intención de terminar con el modelo de excéntricas y epiciclos dadas sus fallencias explicativas. Y esto porque, más allá del problema del calendario, el modelo ptolemaico lograba explicar gran parte de los fenómenos.

A fin de cuentas, que el modelo copernicano no abandonara el sistema de epiciclos y excéntricas es signo tanto de su aspecto conservador respecto de la astronomía ptolemaica, como de un aspecto que, visto en perspectiva histórica, podemos llamar involutivo: ¿por qué habría de ser aceptada la tesis heliocéntrica si en última instancia esta no superaba de manera radical el poder explicativo del modelo ptolemaico? Como podemos ver, el modelo copernicano terminaba generando más problemas de los que en verdad resolvía, y contenía en sí un abanico demasiado amplio de implicancias que ni Copérnico ni el copernicanismo podían responder de manera concluyente. Asimismo, debido a que el modelo copernicano resultaba incompatible con su teoría rival, requería para su asimilación no solo la construcción de una nueva física, sino de una nueva cosmología, una nueva imagen del mundo. Estas dificultades se harían patentes durante las décadas que siguieron a la muerte de Copérnico, cuando más allá de las profundas críticas o de la lenta pero creciente aceptación del modelo copernicano, podían encontrarse algunas formulaciones que propugnaban modelos geo-heliocéntricos (Granada, 2000, p. 27-33).

Por el lado de Galileo, la historiografía presentista nos brinda un relato peculiar. Si desde esa óptica la vía matemática de Copérnico representaba una característica esencial de la racionalidad científica, en el caso de Galileo encontraríamos la entrada en escena de cierto método implacable, también distintivo de la racionalidad científica y complementario de aquella primera característica: la experimentación. Por experimentación nos referimos a una observación controlada y metódica de la naturaleza con fines científicos, en la que se utilizan instrumentos científicos o se manipulan intencionalmente los materiales o eventos que se pretenden estudiar. Aquel relato se apoya en el año 1610, con la publicación de *Sidereus nuncius* (Mensajero de las estrellas) donde Galileo comenta por primera vez las observaciones telescópicas que había estado realizando durante el último año, luego de haberse confeccionado para sí un telescopio de veinte aumentos. Al apuntar su telescopio al cielo, Galileo pudo advertir fenómenos de suma relevancia para abonar el modelo heliocéntrico de Copérnico: el Sol tenía manchas, la Luna aparecía dotada de montañas, la Vía Láctea emergía no ya como una nube borrosa, sino como una enorme espiral conformada por un sinnúmero de pequeños astros, Saturno no presentaba la forma esférica típica de los planetas y, como si fuera poco, había satélites que orbitaban alrededor de Júpiter. Desde el punto de vista de la historiografía presentista, Galileo complementa y sintetiza el núcleo esencial de la actitud científica: la contrastación de hipótesis con la experiencia, mediante su control y manipulación (por ejemplo, el uso de un telescopio). Pero este simple relato parece darnos la idea de que Galileo, por el hecho de haber realizado y compartido aquellas observaciones, verdaderamente había dirimido la cuestión respecto de la verdad o falsedad del heliocentrismo. Cabe preguntar: ¿cuál fue el impacto de aquellas observaciones telescópicas?

Desde la actualidad, podemos comprender sin problemas que las manchas del Sol y la superficie irregular de la Luna eran observaciones que echaban por tierra la distinción entre los

mundos sublunar y supralunar: por un lado, emergía un cuestionamiento de la premisa según la cual los astros estaban compuestos por éter, aquel quinto elemento concebido como transparente, homogéneo, incorruptible y eterno; por otro lado, y en relación con la propuesta de Copérnico, el hecho de que la Luna estuviera dotada de cráteres, protuberancias, montañas y superficies irregulares daba la pauta de que la superficie de la Luna era, en muchos aspectos, similar a la superficie de la Tierra. Por esta razón, la idea de que esta última debía estar inmóvil a causa de su composición no parecía una tesis capaz de resistir a las nuevas observaciones. En el caso de los satélites de Júpiter, la observación aquí aportaba un hecho concreto capaz de abonar y dar crédito a la posibilidad de que existieran varios centros de movimiento en el universo. De esta manera, el copernicanismo se veía favorecido en dos aspectos: por una parte, la tesis geocéntrica se veía debilitada, ya que la idea de la Tierra como centro del universo no podía seguir siendo aceptada sin más; por otra parte, para quienes el heliocentrismo se enfrentaba con un escollo infranqueable como es la orbitación de la Luna alrededor de la Tierra, los satélites de Júpiter constituían una observación alentadora para admitir que un planeta fuera orbitado por un satélite sin por ello ser el centro del universo. En este último caso, la tesis heliocéntrica se veía en gran medida fortalecida.

Sin embargo, debemos decir que las observaciones de Galileo no tuvieron un impacto inmediato y contundente, tal como se desprende del enfoque presentista. Hasta ese momento, salvo para un reducido grupo de matemáticos europeos —fundamentalmente alemanes— que trabajaban fervientemente para lograr la aceptación del modelo copernicano, el copernicanismo era en el mejor de los casos una mera hipótesis, cuando no era considerado como una teoría herética, descabellada y absurda. Por su parte, las observaciones de Galileo no fueron bien recibidas por el grueso de aquel grupo. Esta paradoja se debía, en principio, a la fuerte desconfianza que despertaba Galileo: su origen étnico y su credo eran aspectos que se sumaban a la ausencia de una trayectoria académica que, amparada en publicaciones científicas, pudiera avalar sus observaciones y dar crédito a sus interpretaciones de los fenómenos celestes. Contrariamente a esto, Galileo aparecía como una suerte de oportunista que, sin conocimientos de trigonometría, de óptica o del estudio de las tablillas astronómicas, se empeñaba en realizar afirmaciones tendenciosas y sensacionalistas sin verdadero sustento científico (Pantin, 2001, p. 154).

Sumado a lo anterior, conviene atender al hecho de que las observaciones de Galileo estaban sujetas a interpretación: era a partir de la observación de juegos de luces y sombras en la Luna que Galileo interpretaba que esta tenía una superficie irregular; era sobre la base de que la superficie del Sol aparecía deformada en ciertas partes que Galileo interpretaba que aquella evidenciaba manchas. Pero el uso del telescopio no contaba con una base científica capaz de comprobar que a cierta distancia la lente no distorsionaba la visión de los objetos; las interpretaciones de Galileo eran, en muchos casos, tenidas como un impedimento para el triunfo efectivo del copernicanismo. Johannes Kepler (1571-1630), astrónomo alemán contemporáneo de Galileo, fue uno de los pocos matemáticos alemanes que intentó defenderlo de los ataques por parte de sus colegas europeos. Sin embargo, a la vez que Kepler destacaba el empeño de este último en favorecer la observación de los fenómenos celestes, no dejaba de insistir en su incapacidad para

arribar a las verdaderas causas de dichos fenómenos. De esta manera, consideraba que la vía adoptada por Galileo era errónea y en cierto sentido contraproducente: el triunfo del copernicanismo no podía lograrse por medio del alegato de pruebas físicas, puesto que estas nunca son definitivas y sólo favorecen la discusión interpretativa. Para Kepler, el triunfo del copernicanismo solo podía lograrse mediante una demostración de la supremacía racional matemática de este por sobre el modelo ptolemaico (Pantin, 2001, p. 151).

Como podemos ver, la historiografía presentista más simplificadora tiende a presentarnos imágenes o relatos abstraídos del contexto en que tuvieron lugar. Con los someros ejemplos de Copérnico y Galileo es posible advertir que el surgimiento de la ciencia moderna no puede ser leído en clave de revolución, aduciendo la idea de un repentino desplazamiento de la Tierra como centro del universo en favor del Sol o la contrastación definitiva del heliocentrismo mediante un conjunto de observaciones telescópicas. Podemos atrevernos a decir, entonces, que no existió una Revolución Científica, un cambio abrupto y repentino, sino más bien una transformación paulatina —aunque no teleológica— en los modos de producir conocimiento. En la medida en que comprendemos esto, resulta pertinente advertir la incidencia de ciertas interrupciones o discontinuidades con respecto a la vieja imagen del mundo que, previas a lo que llamamos Revolución Científica, impactaron de modo significativo —no obstante colateral— en la posibilidad de concebir a esta última (Foucault, 2014, pp. 223-267).

En la medida en que la crítica de los relatos historiográficos de corte presentista nos hace caer en la cuenta de que los aportes decisivos de Copérnico y Galileo resultan insuficientes para comprender la génesis de la ciencia moderna, la búsqueda y el análisis de otro tipo de contribuciones se tornan senderos plenos de sentido. En la próxima sección vamos a mostrar brevemente la incidencia que la magia natural renacentista tuvo en la conformación de una nueva imagen del cosmos y del ser humano, que a la postre impactaría en dos aspectos fundamentales de la ciencia moderna: el conocimiento de los fenómenos a partir de una base matemática y el valor cognoscitivo y operativo de la tecnología o de las artes mecánicas (Elena, 1998; Manzo, 2004, p. 315; Yates, 1983, p. 184-6).

De la magia a la ciencia

El conocimiento de los fenómenos naturales por vía experimental y la aplicación del conocimiento teórico con fines operativos no es algo que haya irrumpido de la nada en la Europa del siglo XVII. Sin embargo, debemos admitir, en términos generales, que aun en las postrimerías de la Baja Edad Media era posible encontrar la máxima expresión de una tendencia enraizada en Aristóteles, según la cual el ámbito de las ciencias teóricas, por su carácter desinteresado, especulativo y netamente contemplativo, era superior y opuesto al ámbito de la técnica, asociado con la esclavitud y un trabajo bruto y mecánico rayano en la animalidad (Rossi, 1990, p. 51). Hasta entrado el siglo XVI esto derivaba en el hecho de que el currículo de las universidades europeas se hallara abocado al estudio de la lógica y a la preparación para las disputaciones

escolásticas, como propedéuticas de los estudios superiores en teología. Sin embargo, a fines del siglo XV había llegado a Florencia (Italia) una recopilación de distintos textos atribuidos a Hermes Trismegisto (el llamado *Corpus hermeticum*) cuyo hilo subterráneo tematizaba la recomposición de la unidad mística entre el ser humano y la naturaleza a partir de la recuperación paulatina del dominio de esta última (Elena, 1998). Este marco general, al que se integrarían sincréticamente las tradiciones pitagórica, órfica, cabalística, platónica, neoplatónica y alquímica (entre otras) transformaría de manera capital aquel ideal aristotélico sobre la idea de que los antiguos, a la vez que habían contado con una tecnología más potente, habían llegado a adquirir un conocimiento certero de los fenómenos naturales que, con el paso del tiempo, entre malas traducciones, malas lecturas y malas intenciones, se había ido perdiendo o contaminando con prejuicios (Shapin, 2000, p. 101). De esta manera, el plano contemplativo de las ciencias teóricas y el plano práctico y operativo de la técnica se verían integrados mediante la introducción de un nuevo sujeto epistémico, presente a lo largo del *Corpus hermeticum*. Hablamos concretamente de la figura del mago (Yates, 1983, pp. 156-87).

La figura del mago contribuyó a forjar una nueva comprensión del ser humano y de su devenir. A la vez que se mantenía en el marco científico y religioso de la época operaba como una clave de lectura alternativa respecto de los mitos y relatos que abordaban el tema de la caída del ser humano de su estado de gracia originario —tal como se narra, por ejemplo, en el relato bíblico de la Caída de Adán y Eva. En efecto, si bien no dejaba de asumirse la pérdida de dicho estado, la novedosa clave de lectura consistía en la convicción de que era tarea del ser humano salir de la pasividad pecaminosa para, mediante el esfuerzo físico e intelectual, recuperar la soberanía sobre la naturaleza, haciendo visibles sus secretos. En el marco de la cosmología aristotélico-ptolemaica —que permeada por el prisma de la Edad Media contaba ahora con la esfera divina de los ángeles más allá la esfera de las estrellas fijas y con la identificación entre el primer motor inmóvil aristotélico y el dios judeo-cristiano— la figura del mago oficiaba como un nuevo agente epistémico capaz no solo de leer el proceso de la creación sino también de reproducirlo en su sentido inverso. Así, su tarea era elevar el mundo material al espiritual, lo que implicaba officiar tanto como un enlace entre ambos mundos como como un agente activo en la redención total del cosmos, particularmente por medio de la restitución del estado prelapsario. Podemos advertir, entonces, que con la figura del mago el modelo cosmológico terminaba por dinamizarse. Esto por cuanto, en la medida en que la armonía del cosmos —que desciende desde el creador, pasa por la esfera de los ángeles, por la de las estrellas y los planetas, y se desparrama entre los elementos y los entes del mundo físico— dejaba de concebirse como algo dado y clausurado, tomaba la naturaleza de un proceso a la vez continuo y abierto que, aunque perfecto, requería del ser humano para su terminación.

El núcleo de la tradición mágica reafirmaba la convicción de carácter organicista de que el macro y el microcosmos se hallaban mutuamente influenciados y enlazados a partir de un principio inteligente. Pero, a su vez, de modo particular hacía hincapié en que dicho principio operaba sobre la base de una relación simétrica y simbólica de carácter matemático. De esta manera, la conjunción de dos entes de igual símbolo numérico oficiaba como una suerte de catalizador

inmaterial que producía en ellos la activación de ciertas cualidades ocultas. Por ejemplo, actividades abstractas como el estudio de la filosofía estaban regidas por el signo de Saturno, astro que a su vez determinaba los temperamentos melancólicos mediante una afección en la circulación de la sangre. En este sentido la lucha contra la melancolía debía llevarse a cabo mediante el consumo —y el contacto con— minerales, plantas, animales y entes en general que no estuviesen regidos por el mentado astro sino por otros de naturaleza y efectos contrarios, tales como el Sol, Júpiter o Venus, tenidos por rectores de la serenidad y la jovialidad (Yates, 1983, p. 82). En otro caso el trébol de cinco hojas se usaba como paliativo contra la fiebre y ciertos venenos o espíritus malignos, sobre la consideración de que el número cinco estaba vinculado con aquellas virtudes farmacéuticas (Martínez, 2004, p. 84).

Como podemos observar, la magia a la que nos referimos nada tenía que ver con la brujería. Y de hecho quienes la practicaban se preocupaban por llamarla *magia natural* con el fin de diferenciarla de esta última. Constituía, en efecto, la máxima expresión de la filosofía natural o estudio de la naturaleza, por cuanto, en primer lugar, solo podía practicarla quien antes hubiese estudiado y aprendido todo acerca de los entes terrenales y de los celestes, incluidos su ordenamiento y su composición. En segundo lugar, a partir del insumo mencionado la magia natural se erigía como la vertiente práctica y operativa de la filosofía natural. El hecho de que se la llamase magia se debía lisa y llanamente a que, al alcanzar un conocimiento teórico superlativo de los distintos fenómenos y de sus causas, el mago se dedicaba a producir en la naturaleza efectos maravillosos, imposibles, milagrosos, mágicos; efectos que para quien en general manejara un conocimiento superficial de las cosas, estas no tendrían sentido o explicación alguna. Pero en relación con esto es importante destacar que la magia natural era defendida como una práctica de obras y procedimientos netamente naturales en los que lo único que lograba el mago era una mera anticipación de los tiempos de la naturaleza, o una emulación de sus procesos más esenciales, ocultos o recónditos.

En general existía la idea de que el mago debía conocer en profundidad y sistemáticamente los cuerpos y fenómenos naturales —para identificar la variedad de signos que la naturaleza había grabado en ellos— al tiempo que contar con un requerimiento especial: ser un experto en matemáticas. En efecto, estas constituían la disciplina fundamental que permitía identificar las relaciones y afecciones entre los cuerpos sin las cuales no sería posible lograr que los llamados efectos maravillosos o mágicos se produjeran de hecho. En este sentido, si bien no podría afirmarse que el carácter matemático de la magia natural fue un antecedente de la ciencia aplicada —gestada con la anexión de la matemática y la filosofía natural— es preciso advertir que dicho carácter ofició como propulsor de una subdisciplina mágica cuyo perfil era netamente operativo: la llamada magia mecánica. En el programa de esta última el uso de las matemáticas era fundamentalmente relevante para la construcción o confección de nuevas tecnologías que, debido a las resonancias futuristas con que se las alude en los textos de la época, a veces pueden tomarnos por sorpresa. Por ejemplo, en los textos de magia se hace referencia al telescopio —que aún no es llamado de este modo— como una construcción que por vía de la magia matemática, es

decir por la disposición exacta de dos lentes con una curvatura específica, permitía ver lo que deseáramos a pesar de las grandes distancias (Henry, 2002, p. 55-6; Martínez, 2004, p. 11).

De este modo, la magia natural era tanto el motor como la vanguardia de la filosofía natural: al propiciar la observación detallada del mundo natural fomentó la producción de tratados sistemáticos que describían las variedades y características de las plantas, los animales y los metales. Por otro lado, esta veta teórica tenía su contrapartida práctica propiamente experimental: identificar el efecto de ciertos botánicos para paliar tal o cual enfermedad, propiciar la transformación de estados de la materia o construir instrumentos para acceder a la observación de micro o macro detalles presentes en entes naturales de todo tipo. Por esta doble vía la magia natural comenzó a articular un marco conceptual y experimental para leer el *Libro de la Naturaleza* e intervenir sobre él: los entes naturales, concebidos como dotados de percepción, eran pasibles de reaccionar unos con otros si se los disponía en condiciones adecuadas. En este caso los cuerpos podían realizar un intercambio capaz de develar las cualidades ocultas de cada uno y servir a los objetivos de la magia natural (Rossi, 1990, p. 60).

Si bien en cierto sentido la magia natural promovía el interés por el estudio de los fenómenos naturales, sobre fines del siglo XVI la puesta en práctica de dicho estudio no producía sino resultados dudosos: se daba por sentado que la alquimia —considerada por algunos como una de las ramas de la magia natural— había descubierto la operación por medio de la cual un metal ordinario podía ser convertido en oro; pero ¿cuál era la explicación para ello?, ¿en qué consistía dicha operación?, ¿cuáles eran los pasos de ese procedimiento? Frente a la ausencia de una metodología clara y frente a la imposibilidad para someter a escrutinio los mentados conocimientos de que se jactaba la magia natural, los adeptos de esta corriente aducían pertenecer a una estirpe de sabiduría milenaria. De esta manera, el conocimiento mágico de los fenómenos naturales quedaba reservado como un saber eminente solo apto para los iniciados, avivando un verdadero interés en él, pero impidiendo su difusión, su efectiva socialización y la posibilidad concreta de corroborarlo (Manzo, 2004, p. 314). Por su parte, la búsqueda curiosa solo lograba acceder a fórmulas ininteligibles. Claramente, esto producía una insatisfacción creciente. En este sentido, el carácter revolucionario del espíritu renacentista también puso en tela de juicio al ámbito de la magia natural: a medida que los copiosos tratados y enciclopedias parecían multiplicarse sin fin, un halo de duda devino en enfado y descreimiento. Entre las verdades empíricas de la magia natural había afirmaciones excéntricas y fantasiosas que no contaban con una verificación concreta y sometida a escrutinio. Como contrapartida a esta falencia, en el contexto de la Europa del siglo XVI se volvió cada vez más necesario el hallazgo de verdades empíricas que fueran de provecho para el dominio colonialista. Ocurrió de este modo un doble movimiento con respecto a la magia natural: por un lado, la crítica y censura contra toda investigación sobre el mundo natural que no ofreciera resultados verificables; por otro, la decisión de llevar a cabo el programa de la magia natural mediante el estudio concreto de las artes mecánicas y el desarrollo tecnológico.

Hubo, por tanto, una revalorización del saber técnico íntimamente ligada al contexto de la Europa colonialista. Sin embargo, dicha revalorización no fue tanto un deseo etéreo que requería

su materialización, sino más bien un hecho palpable que poco a poco trastocó el *statu quo* de las ciencias y el *para qué* de ellas. En este sentido, el trabajo de los artesanos y el conocimiento práctico de los técnicos afloró novedosamente como una dimensión educativa por medio de la cual los seres humanos podían entrar en contacto con las cosas mismas, comprenderlas y manipularlas, como así también especificar las causas y procedimientos que permitieran una intervención favorable sobre ellas. Como garantía de esto, Europa ya contaba con innumerables progresos en los terrenos de la hidrostática, la hidrodinámica, la industria textil y la técnica militar, entre otras. La construcción de canales navegables, represas, barcos de mayor maniobrabilidad; la construcción de relojes mecánicos, la determinación de un punto en el mar o la confección de mejores vestimentas y armamentos, por solo nombrar algunas necesidades nacidas del contexto colonialista, justificaron la aplicación de ciencias y disciplinas como la matemática, la física, la astronomía, la cronometría, la química y la dinámica a las operaciones y actividades cotidianas (Rossi, 1990, p. 43).

A partir de lo dicho hasta aquí, debemos decir que durante el Renacimiento y la temprana Modernidad el camino experimental se nutrió de la relación conflictiva entre el proyecto de la magia natural y las incipientes muestras de poderío de los avances técnicos y tecnológicos. Como señalamos anteriormente, esto tendría un impacto decisivo que propiciaría la sustitución de la educación teológica —de la Escolástica— y literaria —del [Humanismo](#) renacentista— por una educación abocada a los requerimientos de una Europa colonialista. De esta manera, la contemplación y el desinterés comenzaron a perder terreno y respeto frente a las cosas útiles, prácticas y concretas, cuyos frutos no se hacían esperar sino que maduraban con rapidez ante cualquiera que pusiera su empeño en ello.

Deberíamos esperar hasta el siglo XVII para encontrar en el pensamiento maduro de Francis Bacon la confección de un proyecto que, ya materializado, hoy nos es más sencillo reconocer como ciencia. Con el filósofo inglés aparecerán, de manera amplificada, tanto el elogio de la técnica como las críticas a los desvaríos de la magia natural y la voluntad de encauzar el objetivo de esta última. En este sentido, el proyecto de ciencia baconiano tendrá como objetivo principal alcanzar un pleno dominio sobre la naturaleza, el cual, con evidentes resonancias de la magia natural, consistirá en la capacidad para introducir todo tipo de propiedades en los cuerpos, o bien, en la capacidad para acelerar o retardar los procesos naturales de acuerdo con las necesidades humanas (Manzo, 2004, pp. 329-36; Rossi, 1990, p. 64). En la medida en que en su propuesta la magia es concebida como la aplicación del conocimiento científico más alto, podemos advertir una clara influencia de la tradición de la magia natural pese a que, por otro lado, es preciso remarcar que uno de los principales objetivos de Bacon fue depurarla de connotaciones ocultistas, sobrenaturales, místicas, etc.

Sin perjuicio de lo dicho, cabe decir que gran parte de los esfuerzos de Bacon estuvieron orientados a realizar una crítica sin concesiones al estado del conocimiento y a las metodologías científicas y corrientes filosóficas de su época. En este sentido, uno de los puntos álgidos del proyecto baconiano consistía en propiciar una restauración del conocimiento, lo que nos sugiere la idea de que aun entonces todo estaba por hacerse. En efecto, Bacon recomendaba

y proponía una metodología inductiva, desarrollada de manera analítica, con el fin de mostrar su provecho (ensanchar nuestro conocimiento sobre los fenómenos) sin perder de vista los resguardos necesarios para garantizar la solvencia de los resultados. En consonancia con esto, hacía hincapié en la necesidad de deshacerse del elogio y el culto a la tradición para comenzar a fomentar el estudio de la naturaleza. En la medida en que los seres humanos abandonaran la individualidad de las escuelas de pensamiento y se unieran en la tarea colectiva del estudio del mundo natural, se accedería al primer gran paso del proyecto baconiano. Este consistía en la confección de una *Historia Natural* que, al modo de una enciclopedia universal, debería ofrecer un conocimiento sistemático y verificado de los distintos ámbitos del saber en lo que hace al mundo natural.

Conclusiones

El objetivo general de este capítulo ha sido visitar algunos lugares e ideas comunes a las que aún hoy se recurre para ilustrar una idea objetable respecto del nacimiento de la ciencia moderna —quizás no en la bibliografía especializada pero sí en el ámbito de la divulgación científica y filosófica. Hemos intentado criticar el enfoque presentista sobre el cual se funda una representación simplista y anacrónica de la idea de Revolución Científica y para ello creímos necesario comenzar por un repaso general de lo que fue la ciencia precopernicana, particularmente en lo que se refiere a la cosmología aristotélico-ptolemaica, cuya influencia perdurable justamente comenzaría a mostrar su fecha de vencimiento ante el modelo heliocéntrico de Nicolás Copérnico. En la segunda sección vimos que, si bien tanto Copérnico como Galileo produjeron aportes decisivos y verdaderamente disruptivos para la conformación de la ciencia moderna, el contexto de cada uno de ellos, como así también la recepción misma de sus propuestas, impiden concebir sus respectivas influencias en términos revolucionarios. Lejos de propiciar un desinterés por los constructos teóricos y prácticos de la ciencia, lo anterior debe ser un aliciente que sirva para abandonar las ideas un tanto acartonadas respecto del pensamiento filosófico y científico y, de este modo, redescubrir y visitar otros relatos y contextos que a menudo se descartan desde un comienzo, quizás por temor a que nuestra idea de lo que es la ciencia salga mal herida al descender a la arena filosófica e historiográfica. ¿Qué tiene que ver la ciencia con la magia? Esta pregunta, que a primera vista podría parecer sencilla y a la vez insólita, ha sido el objetivo de la tercera sección. Allí hemos intentado visibilizar algunos aspectos de la magia natural renacentista (como el desarrollo de una clave matemática de lectura capaz de oficiar como base para el conocimiento efectivo de los fenómenos naturales o el valor cognoscitivo y operativo de la tecnología o de las artes mecánicas) que a la postre funcionaron como el modelo de algunas de las columnas fundamentales que sostuvieron el sueño de la ciencia moderna de Francis Bacon.

Referencias

- Ashplant, T. y Wilson, A. (1988). Present-Centred History and the Problem of Historical Knowledge. En *The Historical Journal*, 31(2), 253-274.
- Carman, C. (2020). Claudio Ptolomeo. Disponible en <https://cutt.ly/IngRTze>
- Diego Bagu (13 de diciembre de 2019) *El fraude del terraplanismo, Capítulo 1: El por qué de esta serie*. [Archivo de Video]. YouTube. <https://youtu.be/X7r15bFtLbo>
- Elena, A. (1998). Magos e ingenieros en el Renacimiento: una reevaluación. *Arbor*, 160(628), 421–36. <https://doi.org/10.3989/arbor.1998.i628.1761>
- Foucault, M. (2014). Sobre la arqueología de las ciencias. Respuesta al Círculo de Epistemología. En *¿Qué es usted, profesor Foucault?* (pp. 223-267). Buenos Aires: Siglo Veintiuno Editores.
- Granada, M. A. (2000). La revolución cosmológica de Copérnico a Descartes. En E. de Olaso (Ed.) *Del Renacimiento a la Ilustración vol. II* (pp. 13-62). Madrid: Trotta - Consejo Superior de Investigaciones Científicas.
- Henry, J. (2002). Magic and the Origins of Modern Science. En *The Scientific Revolution and the Origins of Modern Science* (pp. 54-67). New York: Palgrave.
- Lombardi, O. (1997). La pertinencia de la historia en la enseñanza de ciencias. Argumentos y contraargumentos. En *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 15(3), 343-350.
- Manzo, S. (2004). Francis Bacon: la ciencia entre la historia del hombre y la historia de la naturaleza. En *Cronos*, 7(2), 277-346. Disponible en: <https://cutt.ly/9ngTIEt>
- Manzo, S. (2-6 de junio de 2009). *La Filosofía en la modernidad: interpretaciones historiográficas y proyecciones contemporáneas*. Ciclo de Conferencias de Filosofía, Programa de Actualización Docente, La Plata. Disponible en: <https://cutt.ly/xngTC0Z>
- Martínez E. (2004). Los cuadrados mágicos en el Renacimiento. Matemáticas y magia natural en el *De occulta philosophia* de Agrippa. En *Educación Matemática*, 16(2), 77-92.
- Pantin, I. (2001). Kepler, Galileo y la defensa del sistema de Copérnico: la elección de una estrategia. (Trad. M. Aguiar). En *Galileo y la gestación de la ciencia moderna. Acta IX*. Canarias: Fundación canaria orotava de historia de la ciencia, 147-61.
- Rossi, P. (1990). *Francis Bacon: de la magia a la ciencia*. Madrid: Alianza.
- Shapin, S. (2000). *La Revolución Científica. Una interpretación alternativa*. Barcelona: FCE.
- Yates, F. (1983). *Giordano Bruno y la tradición hermética*. Barcelona: Ariel.