

## LA FILOSOFÍA EXPERIMENTAL MECÁNICA Y LA TECNIFICACIÓN DEL SABER

MOISÉS PÉREZ MARCOS

*Instituto Superior de Filosofía (Valladolid)*

*Resumen. El escrito pretende poner de manifiesto un hecho sobre el que, a mi juicio y hasta donde sé, no se ha reflexionado lo suficiente desde un punto de vista epistemológico o filosófico. Se trata de lo que llamaré, a falta de mejor expresión, la tecnificación del saber, que consiste en el proceso que conduce a considerar que los aparatos mecánicos son medios necesarios, aunque no suficientes, para la obtención del conocimiento científico. Una primera aproximación a esta tecnificación del saber puede hacerse recorriendo algunas de las ideas de importantes protagonistas de lo que a veces se denomina Revolución Científica, así como de sus más importantes antecedentes.*

### 1. INTRODUCCIÓN

El papel de los aparatos y artefactos mecánicos en la ciencia no ha sido suficientemente investigado desde una perspectiva filosófica. Antes bien, lo más común en los estudios históricos y filosóficos sobre la ciencia, es olvidarse de ellos. Es conocido que esta situación está comenzando a cambiar, y se empieza a reconocer la importancia de los aparatos o artefactos mecánicos como ayudas de las que el científico se sirve en su tarea de producir conocimiento. Pero los artefactos, los aparatos mecánicos, no son solamente una ayuda para el científico, no son solamente, como suele decirse, una ampliación de los sentidos. *Los aparatos mecánicos*, y puede decirse que ésta es la idea central del presente escrito, *son un medio necesario, aunque no suficiente, para la obtención del conocimiento científico*. Lo que quiero expresar con esa idea –que denominaré *tecnificación del saber*– no es solamente que el científico produce un saber con una eminente capacidad de aplicación práctica, cuya realización

o materialización venga dada en los aparatos. Pretendo, además, afirmar que es para la consecución de dicho saber para lo que necesita de los aparatos. No se trata, por tanto, de que la tecnificación del saber implique una aplicación técnica de un saber teórico que se obtiene por cualesquiera medios: estamos hablando de que la tecnificación del saber postula que el conocimiento científico solamente es posible si se utilizan artefactos, aparatos técnicos, para conseguirlo (aunque no solamente hagan falta esos aparatos, pues como he dicho, son medios necesarios pero no suficientes).

Lo que he llamado tecnificación del saber es una de las características básicas del concepto de ciencia que surgió allá por el siglo XVII. No es, por tanto, un asunto que se plantee al margen de otras cuestiones básicas sobre la aparición de la ciencia moderna. De hecho, la tecnificación del saber solamente adquiere su verdadero significado en el seno de la propuesta de una filosofía experimental mecanicista. Más aún, se podría decir que sin la tecnificación del saber sería imposible una filosofía experimental mecanicista. Otra manera de verlo es la siguiente: el surgimiento de una filosofía experimental mecánica consiste, entre otras cosas, en un proceso de tecnificación del saber.

Si bien se piensa, la idea de que los artefactos, los aparatos, son medios imprescindibles para la obtención del conocimiento no es tan extraña. Supongamos un cierto dualismo razón-experiencia. Para aquellos que se inclinan del lado de la primera a la hora de fundamentar el conocimiento, es decir, para aquellos que piensan que es la razón la fuente prístina de todo saber, los auxilios o métodos serán de tipo más bien ideal. La ampliación del conocimiento en este caso vendrá de la mano de «artefactos del pensamiento», tales como *mathesis universalis*, lenguajes lógicamente perfectos, estrictos modelos axiomáticos geométrico-deductivos y otras quimeras hermosas y fascinantes por el estilo, que nos permitiesen, en conocida expresión leibniziana, calcular en lugar de discutir. Si, por el contrario, elegimos como asiento o fuente prístina de nuestro conocimiento la experiencia; si pensamos además que ésta se adquiere fundamentalmente a través de los sentidos; y si, más aún, creemos que los órganos que ostentan la función de dichos sentidos no son sino cierto tipo de mecanismo material, entonces parece lógico pensar que la potencia de tales sentidos puede ser aumentada con sólo añadirles otros mecanismos materiales de mayor precisión o resolución –eso sí, esta vez artificiales–. Una vez terminado el razonamiento, puede abandonarse el dualismo razón-experiencia, pues seguramente es falaz, sobre todo si nos obliga a optar tajantemente por uno u otro de los extremos. Pero nótese que aun considerando ambos, razón y experiencia, cabe pensar igualmente en la tecnificación de la filosofía. Insistimos, no se trata tanto de que el saber sobre la naturaleza se materialice en artefactos útiles, sino que para llegar a alcanzar el saber sobre la naturaleza nos servimos de útiles artefactos.

*Observar es hacer.* Como hemos dicho, la ciencia es un saber enormemente tecnificado. Un buen ejemplo es el de la observación. Observar es una de las actividades que practican los científicos. Sin embargo, no debemos confundir

la *observación científica* con lo que en el uso vulgar de la palabra entendemos por *observación*. Según el diccionario, observar es examinar atentamente, mirar con atención y recato, advertir, reparar. Y ciertamente, los científicos hacen estas cosas. Pero cuando hablamos de observación científica nos referimos más bien a una situación como la siguiente.

En el experimento número 17 de los *New Experiments Physico-Mechanical, touching the Spring of the Air* (1660) de Robert Boyle, se reproducía el famoso experimento de Evangelista Torricelli, realizado por primera vez en 1644. La diferencia es que Boyle iba a reproducir el famoso experimento en el interior de su bomba de vacío. Por ello recibió el nombre de «el experimento del vacío dentro del vacío»<sup>1</sup>. (Es irrelevante ahora el hecho de que Boyle no pretendía probar ni desmentir la existencia del vacío). Boyle llenó de mercurio un tubo de vidrio (de unos 91,5 cm. de largo y 0,63 cm. de ancho) sellado por una de sus partes, y luego sumergió la parte no sellada en un plato también lleno de mercurio. Hasta aquí, lo que se *observa* es que la columna de mercurio desciende hasta alcanzar una altura de unos 75 cm. sobre el nivel del mercurio del plato. En la parte superior de la columna se genera por tanto el que es conocido como «espacio torricelliano» o «espacio de Torricelli». Entonces, Boyle introdujo este montaje en su bomba de vacío, pues lo que quería era comprobar que lo que hacía que el mercurio de la columna de vidrio no descendiese más era el peso del aire sobre el mercurio del plato. Por ello, si conseguía aliviar el peso del aire sobre el mercurio del plato –extrayéndolo mediante la bomba–, la columna de mercurio debía descender aún más, e incluso totalmente. Boyle quería, en definitiva, mostrar la existencia de la *presión* del aire. Tras varios bombeos para extraer el aire de la máquina, Boyle *observó* que, tal y como él esperaba, el mercurio descendía. No consiguió que el nivel de la columna se equiparase al del plato, pues permanecía unos 3 cm. sobre él, pero supuso que ello era debido a que la máquina no conseguía extraer totalmente el aire de la campana en la que se había colocado el montaje de Torricelli. Boyle consideró que su experimento había tenido éxito: quedaba probada la existencia de una de las propiedades mecánicas del aire, su peso.

Aunque expuesto de manera simplificada (los detalles técnicos y las repercusiones teóricas del experimento son más de lo que aquí podemos comentar ahora), este experimento nos sirve para notar la diferencia entre una observación en sentido vulgar y una observación en su sentido científico. Lo que Boyle hace es mirar con cuidado, por supuesto. Pero lo realmente llamativo es que, para observar, utiliza un montón de artefactos: el tubo de vidrio, el plato, la bomba de vacío... (por no mencionar que el mercurio ha de ser purificado, se le han de extraer la mayor cantidad de burbujas que pueda tener, la máquina necesita ser sellada con una especie de argamasa que Boyle mismo fabricaba: el *diachylon*, etc.). La manera en que Boyle observa que el aire posee

<sup>1</sup> Robert BOYLE, *Física, Química y Filosofía mecánica*, traducción, notas e introducción de Carlos Solís, Madrid, Alianza, 1985.

un peso es imposible sin el recurso a todos esos artefactos. Y no solamente hay que construirlos, sino que además deben funcionar *correctamente* hasta donde ello sea posible: la campana dentro de la cual se efectúa el vacío debe ser lo suficientemente resistente, o de lo contrario implosionará, la bomba debe estar lo suficientemente sellada, debe ser lo más estanca posible, etc.

Para observar en un sentido científico, por tanto, no basta con «mirar atentamente» algo, sino que hay que *hacer* un montón de cosas. Observar es, prácticamente, mirar qué ocurre en los aparatos que hemos construido y que hacemos funcionar con un determinado propósito en mente. Pero más que lo que tenemos en mente, más que todas las suposiciones que en la mente de Boyle existen para llegar a observar, lo que nos interesa destacar aquí es lo que Boyle hace, y en especial el uso que hace de los artefactos, de las máquinas. Sin ellas, no hay experimento, no hay observación científica. Son las máquinas las que permiten el conocimiento de la existencia de un peso del aire. De hecho, en las defensas que Boyle escribió de sus experimentos, hacía mención de algo interesante: él no discute el peso del aire como una teoría sin más, sino como un *conocimiento operativo*. El peso del aire no es una especulación que quiera comprobar experimentalmente, sino que es una noción operacional, es decir, que responde a cosas que se hacen. El peso del aire, sea lo que sea, o posea la causa que posea, es algo que yo puedo modificar mediante una máquina. Puedo intervenir en él, luego existe. Por eso dice Boyle que él no discute cuestiones metafísicas, sólo discute *hechos observables*.

Como ha escrito Paolo Rossi, «en la ciencia de nuestro tiempo, ver quiere decir casi exclusivamente *interpretar signos generados por instrumentos*». Su ejemplo es el de la observación astronómica:

Entre los ojos de un astrónomo de nuestra época que utiliza el telescopio de Hubble y una de esas lejanas galaxias que apasionan a los astrofísicos y alimentan la fantasía de todos los seres humanos se interponen más de una docena de complicados aparatos tales como un satélite, un sistema de espejos, una lente telescópica, un sistema fotográfico, un aparato de escansión que digitaliza las imágenes, varios ordenadores que controlan las tomas fotográficas y los procesos de escansión y memorización de las imágenes digitalizadas, un aparato que transmite a la Tierra estas imágenes en forma de señales de radio en lenguaje para un ordenador, el software que reconstruye la imagen y le proporciona los colores necesarios, el vídeo, una impresora en colores, etc.<sup>2</sup>

La historia de la astronomía es un buen ejemplo que ilustra el proceso de tecnificación del saber. Independientemente de las teorías que hayan mantenido unos u otros (geocentristas, heliocentristas, aristotélicos o infinitistas), existe un claro proceso en la historia de esta disciplina que conduce, desde la observación a simple vista, la observación «desnuda», hasta la observa-

---

<sup>2</sup> Paolo Rossi, *El nacimiento de la ciencia moderna en Europa*, traducción de María Pons, Barcelona, Crítica, 1997, p. 196.

ción enteramente mediatizada por multitud de aparatos (como en el texto de Rossi recién citado). Tras la utilización del ojo desnudo comenzaron a utilizarse algunos artefactos sencillos, como pueden ser el *gnomon* o determinadas piedras o palos alineados de según qué maneras (como es el caso del monumento megalítico de Stonehenge, en Wiltshire, Gran Bretaña). Los marineros y los astrónomos utilizaron también, desde el siglo I a.d.C., el *astrolabio* (palabra que etimológicamente significa «el que busca estrellas»), instrumento que fue sustituido por el *sextante*, de mayor complejidad y precisión, y que incluye espejos (uno de los cuales es móvil), pequeñas miras telescópicas y filtros para que los ojos no se dañen por la luz solar. Las *esferas armilares*, por ejemplo, sufrieron también una evolución en su complejidad y funciones: de ser unos objetos utilizados para la enseñanza (dicen que ya Eratóstenes en el 250 a.d.C. utilizaba una), con el tiempo se convirtieron, a partir del Renacimiento, en complejos mecanismos que a veces eran utilizados para realizar predicciones. El uso del telescopio con fines astronómicos por parte de Galileo Galilei es un hito fundamental en la tecnificación de la astronomía. Ello se debe, entre otras cosas, a que el resto de los instrumentos que hemos mencionado eran o se consideraban filosóficamente neutrales con respecto a lo que medían (posiciones de los astros, por ejemplo), por lo que eran interpretados como simples auxilios de los sentidos o de la observación. El telescopio, sin embargo, se interpretó desde el principio como un objeto que modificaba las condiciones bajo las cuales la naturaleza se manifiesta. Es, por ello, lo que Rioja y Ordóñez han llamado un *instrumento filosófico*. El telescopio permite el acceso a nuevas realidades que, a partir del momento en el que se descubren, exigen investigación<sup>3</sup>.

## 2. HACIA LA TECNIFICACIÓN DEL SABER

### 2.1. Antecedentes: la revalorización de las artes en los siglos XV y XVI

El proceso que conduce a la tecnificación del saber puede ser rastreado a lo largo de la historia. Es un proceso complejo, que incluye no solamente el desarrollo de una nueva manera de interrogar a la naturaleza –la experimentación mecánica– sino todo el marco conceptual que la hace posible: asunción del mecanicismo, según el cual el universo es visto como si fuese una máquina; identidad o continuidad ontológica entre los productos del arte (artefactos) y los productos de la naturaleza (que es el artefacto de Dios), etc.

<sup>3</sup> Javier ORDÓÑEZ y Ana RIOJA, *Teorías del Universo*, Madrid, Síntesis, 1999, 2 vols., en especial el capítulo 1, «El uso del telescopio en el siglo XVII», pp. 17-65. Los instrumentos matemáticos son aquellos que permiten el mejor conocimiento de fenómenos ya conocidos, mientras que los instrumentos filosóficos permiten el conocimiento de nuevas regiones de lo real: «En definitiva, mientras que los instrumentos matemáticos proporcionaban un conocimiento cada vez más preciso de las posiciones de los cuerpos celestes, los instrumentos filosóficos permitían el acceso a nuevos órdenes de fenómenos en el marco de una recién estrenada manera de interrogar a la Naturaleza que debía ser pública y acreditada» (p. 20).

La revalorización del trabajo manual y las artes mecánicas de los siglos XV y XVI posee una triple vertiente: *Social*: la dignidad de quienes se dedican a las artes mecánicas no es menor que la de aquellos que se dedican a las artes liberales. *Utilitarista*: la práctica de las artes mecánicas ha conseguido importantes beneficios en cuanto a la mejora de la vida de los hombres. *Epistemológica*: lo que se hace en los talleres, lo que hacen los mecánicos, los ingenieros y los artistas, también es conocimiento.

Sin intención de rastrearlos minuciosamente, veremos a continuación algunos de los antecedentes de la filosofía experimental mecánica, o, más precisamente, de algunas de las ideas que en la filosofía experimental mecánica terminaron por ser nucleares. En concreto, nos interesa mostrar cómo los artefactos, las máquinas, terminan por convertirse en ese elemento central e imprescindible del nuevo concepto de conocimiento.

§1. *Artistas*. Ya en el siglo XV encontramos, entre los artistas, algunas actitudes interesantes hacia el conocimiento técnico. Sin que por supuesto pueda hablarse de una investigación científica, los talleres de la época fueron lugares donde convivían las habilidades manuales de todo tipo y los conocimientos más insospechados. Hemos de tener en cuenta que los artistas en aquella época aún eran asociados a la clase de los artesanos. La consideración del artista como el «genio» –que tanto éxito tendrá siglos después– se está empezando a fraguar justo ahora. Hacia mediados del siglo XV los artistas estaban «cambiando de clase»: del grupo de los artesanos al de los burgueses. Este momento es simbolizado por un hecho curioso, y seguramente más mítico que real: Carlos V se agacha a coger el pincel que se le ha caído a Tiziano.

Hasta ese momento, la consideración de los artistas era más bien peyorativa. Desde la época clásica el desprecio por lo artesanal y por quienes se ocupaban de ello venía siendo un tópico. En su diálogo *Gorgias* nos habla Platón de las actividades que buscan «procurar alimentos al cuerpo si tiene hambre, bebidas si tiene sed y, si tiene frío, vestidos, mantas, calzados y otras cosas que el cuerpo necesita» (517d, p. 132)<sup>4</sup>. Estas cosas son facilitadas por «los vendedores, los comerciantes o los artesanos que fabrican alguna de ellas: panaderos, cocineros, tejedores, zapateros y curtidores». Pero aunque a primera vista, por ello, parecen éstos los encargados del cuidado del cuerpo, no son ellos, pues el conocimiento de lo que es bueno y malo para el cuerpo y en qué proporción es asunto de los médicos, no de los artesanos. Éstos *hacen, pero no saben realmente*. Estas artes son, por ello «serviles, subalternas e innobles respecto al cuidado del cuerpo» (518a, p. 132). Sobra decir que a la consideración epistemológica –los artesanos no saben, los médicos sí– le acompañaba otra de carácter social: los médicos son mejores que los artesa-

---

<sup>4</sup> La página se refiere a la siguiente edición: PLATÓN, *Diálogos*, vol. II: *Gorgias*, Menéxeno, Eutidemo, Menón, Crátilo, traducciones de J. Calonge Ruiz, E. Acosta Méndez, F.J. Oliveri, J.L. Calvo, Madrid, Gredos, 2000.

nos, cosa que se echa de ver en que nadie en su sano juicio querría entregar a su propia hija en matrimonio a uno de esos artesanos.

En Aristóteles resulta aún más claro. Aunque el estagirita aprendió mucho mediante sus preguntas a los hombres que se ocupan de los trabajos manuales, no dudó en colocarlos entre la necesaria clase de los esclavos. La distinción entre esclavos y libres es así coextensiva con la división entre técnica y ciencia, es decir, entre aquellas ocupaciones que tienen como fin un determinado objetivo práctico, y aquellas que son un fin en sí mismas, como es la contemplación de la verdad.

Durante el Medievo tuvo vigencia la consideración de que las artes propias de los hombres libres, las *artes liberales*, eran: gramática, retórica y dialéctica (trivio) y aritmética, astronomía, música y geometría (cuadrivio). El resto de los hombres, los no libres, se dedican a las artes *mecánicas* o *manuales*. Se genera así una visión de la ciencia, del saber, que no tiene nada que ver con lo básico para el mantenimiento y el sustento de la vida. Éstas son cosas serviles, mientras que lo verdaderamente excelso y elevado es la contemplación de la verdad, reservada solamente a unos pocos. Como ha escrito Rossi:

El conocimiento no subordinado a fines que sean externos a sí mismo constituye, para Aristóteles y para la tradición aristotélica, el único saber en el que se realiza la esencia del hombre. El ejercicio de la *sophía* exige bienestar, exige que las cosas necesarias para la vida estén ya solucionadas. Las artes mecánicas son necesarias para la vida, son sus presupuestos, pero son formas inferiores de conocimiento, inmersas entre las cosas materiales y sensibles, ligadas a la práctica y al trabajo manual. El ideal del sabio y del pensador tiende a coincidir (como sucederá también en la filosofía de los estoicos y de los epicúreos y más tarde en el pensamiento de Tomás de Aquino) con la imagen del que dedica su vida a la contemplación, en espera de alcanzar (en el caso de los pensadores cristianos) la felicidad de la contemplación de Dios<sup>5</sup>.

Los pensadores renacentistas comienzan a enfrentarse, en algunos aspectos, a esta consideración del saber, que va unida a la consideración social de quienes practican las artes mecánicas. Se inicia así una defensa de las artes manuales y del mecánico. Es importante también en el Renacimiento el hecho de que, junto a esa defensa de las artes, comienza a forjarse una concepción del saber que ya no se opone a las máquinas, sino que colabora con ellas.

Algunos nombres importantes de esta actitud que busca unir el saber teórico con el práctico o técnico son: Filippo Brunelleschi, constructor de la cúpula de Santa María de Fiore, con quien se considera que la arquitectura pasa de una fase de tecnicismo empírico a una de especulación matemática; Lorenzo Ghiberti, cuya colaboración en la construcción de las segundas puertas del baptisterio de la catedral de Florencia le llevó a procurarse un taller de los más importantes de la época; el humanista Leon Battista Alberti, que con-

<sup>5</sup> Paolo Rossi, *El nacimiento de la ciencia moderna en Europa*, p. 26.

sideró imprescindibles los conocimientos de geometría para una buena práctica artística (es lo que se ha llamado una «concepción científica del arte»); Leonardo da Vinci, con sus conocidas afirmaciones sobre la necesaria unión de saber teórico y experiencia: sin experiencia nada se da con la suficiente certeza, y los que se enamoran de la práctica sin la ciencia son como pilotos que navegan sin timón ni brújula, por lo que nunca saben con certeza hacia donde marchan<sup>6</sup>.

§2. *Mecánicos e ingenieros*. Podemos rastrear la pista de esta unión entre la teoría y la práctica, entre lo especulativo y lo técnico, en los ingenieros y constructores de máquinas del siglo XVI, algunos de ellos educados en los talleres de los artistas. Estos hombres estaban dedicados a la resolución de problemas prácticos, tales como aumentar la velocidad de las naves; construir canales de riego; perfeccionar la industria bélica, en especial la balística y la fortificación; en la fabricación de aparatos hidráulicos; la mejora de las explotaciones mineras: iluminación dentro de las minas, ventilación, acarreo de los escombros y del agua, separación de los materiales, etc. Debido a que durante décadas los ingenieros y constructores de máquinas se dedicaban con ahínco a la resolución de problemas prácticos de ese tipo, cosechando, como es natural, grandes éxitos, su valoración social y su práctica comenzó a crecer.

Algunos nombres representativos son: Vannoccio Biringuccio, metalúrgico; Jorge Bauer o, latinizado, Giorgio Agrícola; Guidobaldo del Monte, matemático y astrónomo; el ingeniero del rey de Francia y de Polonia, Agostino Ramelli; Bonaiuto Lorini, técnico de guerra de Cosme de Médicis y de la República de Venecia; Bernard Palissy, un artesano alfarero, etc.<sup>7</sup>

§3. *Los matemáticos prácticos*. Dando un paso más hacia la filosofía experimental mecánica del XVII nos encontramos con los matemáticos prácticos. J. A. Bennett ha estudiado su importancia –sobre todo en Gran Bretaña– como antecedente de la formulación de una filosofía mecánica experimental<sup>8</sup>. Los matemáticos prácticos, al igual que los artistas y mecánicos del Renacimiento, eran hombres que trabajaban al margen de los centros universitarios, a pesar de lo cual (o gracias a lo cual) poseían amplios conocimientos sobre una gran diversidad de disciplinas, que iban desde la geometría hasta la balística, pasando por la astronomía, la navegación (muchos de ellos eran o habían sido marineros), la cartografía, la horología, la fortificación, etc. El incentivo de su trabajo era la solución técnica de algún problema, mediante la construcción quizá de algún aparato, con cuya venta poder ganarse la vida. Para ello utilizaban todo lo que tuviesen a mano: recursos manuales y téc-

<sup>6</sup> Cfr. Leonardo DA VINCI, *Aforismos*, traducción, selección y prólogo de E. García de Zúñiga, Barcelona, Círculo de Lectores, 2005, p. 53.

<sup>7</sup> Cfr. Paolo Rossi, *Los filósofos y las máquinas: 1400-1700*, traducción de José Manuel García de la Mora, Barcelona, Labor, 1966.

<sup>8</sup> J.A. BENNETT, «The Mechanics' Philosophy and the Mechanical Philosophy», *History of Science*, XXIV (1986) 1-28.

nicos, conocimientos matemáticos, experiencia adquirida durante sus viajes como marineros, etc.

La navegación, el geomagnetismo, el problema de la longitud, son ejemplos de problemas prácticos, piensa Bennett, en los que se ve la transferencia de los métodos y actividades desde el terreno de la matemática práctica y los instrumentos de ésta, hasta la filosofía natural tradicional. Mediante esta transferencia, resulta que la filosofía natural, tradicionalmente especulativa y basada en la simple observación, comienza a incorporar instrumentos, artefactos, como parte importante suya. Bennett estudia el caso de Robert Norman, que llegó al planteamiento de un problema de filosofía natural (cómo se comporta el magnetismo terrestre) a través del intento de solucionar un problema práctico (la construcción de brújulas más precisas), para cuya resolución, además, diseñó un nuevo aparato: una especie de sextante modificado para albergar una aguja imantada que gira en el plano vertical. Más que la explicación de los pormenores del nuevo aparato de Norman, lo que nos interesa destacar aquí es que las raíces prácticas del problema produjeron una epistemología empírica, y la familiaridad de Norman con las técnicas instrumentales le llevan a aplicar éstas al estudio de la filosofía natural.

Casos como el de Norman constituyen por ello un antecedente importante de la filosofía mecánica experimental, cuyo método se caracteriza por su intervencionismo: los filósofos experimentales están abocados a intervenir en la naturaleza, lo cual se lleva a cabo fundamentalmente mediante los artefactos, a través de instrumentos.

§4. *Filósofos y médicos.* No solamente artesanos, sino a veces filósofos, hicieron hincapié en la técnica y la práctica desde un punto de vista gnoseológico. Un buen ejemplo de ello es el humanista y filósofo Juan Luis Vives, que llamaba la atención sobre la importancia de los problemas técnicos y la construcción de máquinas. El hombre culto no debe avergonzarse de entrar en los talleres, preguntar a los artesanos, darse cuenta de los detalles de sus quehaceres, aprender de ellos. El conocimiento de la naturaleza no está exclusivamente en manos de los filósofos o dialécticos, sino que a veces mejor que éstos conocen la naturaleza los labriegos y los artesanos. Éstos, *operan en y sobre* la naturaleza, mientras que los dialécticos a menudo se pierden en sus disquisiciones y en las entidades imaginarias que hay tras ellas. En *De disciplina*, aludiendo a los aciertos de algunos «filósofos» por lo que respecta al conocimiento de la naturaleza, escribe el humanista:

Yo pienso que fue más por casualidad que por consejo, pues tienen una virginal inexperiencia de estas cosas y de esta *naturaleza* mejor conocida de los labriegos y de los artesanos que no de ellos, filósofos tan grandes. Enojados con esa *Naturaleza* que ignoraban, fantaseáronse otra a base de bagatelas de sutilezas de aquellas zarandajas que nunca Dios creara, que se denominan *nempe, formalitates, eccitantes, relationes, Platonis, ideas* y otras monstruosas invenciones que no entienden los mismos que las engendran, quienes, dado caso que no pueden otra cosa, al menos la autorizan con un

nombre de sonido y dignidad llamándola *metafísica*. Y si ocurre que alguno tiene un ingenio, desconocedor de *esa naturaleza* o propenso a fantasías o a los sueños delirantes, ése dicen que tiene *ingenio metafísico*, como lo dijeron de Escoto<sup>9</sup>.

La prevención contra el saber libresco y contra una cultura demasiado aristocrática es también puesta de manifiesto por Andrés Vesalio, autor de la importantísima *De Humani Corporis Fabrica* (Basilea, 1543). Aplicado al caso concreto de la medicina, Vesalio explica con claridad suficiente que la degeneración de su disciplina se debe a la inadecuada divergencia entre técnica y ciencia, entre lo que las manos hacen y lo que las mentes piensan. Que las ciencias hayan dejado de ser prácticas constituye, para Vesalio, su ruina. Una vez que los procesos manuales se confían a los barberos, los doctores comienzan a perder el recto conocimiento de las vísceras, perdiendo también, por tanto, cualquier habilidad quirúrgica. El saber del médico se convierte en un saber libresco, y puesto que es él quien enseña, lo que debería ser la transmisión de un conocimiento práctico se convierte en una inútil pérdida de tiempo.

Aunque podríamos multiplicar los ejemplos, con los aducidos nos conformamos para mostrar la reivindicación de las artes manuales y mecánicas durante el siglo XVI.

En conclusión, a principios del siglo XVII existe una corriente de pensamiento cuyas principales características (al menos las que aquí más nos interesan) son:

1) Nueva consideración y revalorización del trabajo, es decir, de lo que se hace, y en especial de lo que se hace con las manos.

2) Una reconsideración y revalorización del saber técnico y mecánico, que comienza a ser visto como una interesante fuente de resolución de problemas prácticos.

3) Una nueva consideración de los procesos naturales de *alteración* y *transformación* de la naturaleza. Esta alteración, sobre la que en épocas pretéritas caía una incesante sospecha, comienza a verse desde el Renacimiento, no ya como algo *posible*, sino *deseable*, casi como una obligación (según el mandato bíblico del libro del Génesis de dominar las criaturas).

4) La nueva consideración de las artes incluye, además –y esto es de vital importancia para nosotros–, no solamente una revalorización de su carácter práctico, es decir, de su potencial para resolver problemas prácticos, sino también una revalorización de su carácter epistemológico. Si mediante la técnica obtenemos la resolución de problemas *reales*, ¿no será porque la propia técnica nos enseña algo acerca de la *realidad*? Naturalmente, la técnica es algo

---

<sup>9</sup> Juan Luis VIVES, *Obras Completas*, vol. II, *De las disciplinas*, lib. V, cap. 2. Ed. de Lorenzo Riber, Madrid, M. Aguilar Editor, 1948, p. 484.

de factura humana, pero ello no impide que sea un buen medio para conocer la realidad, pues, como sabrán ver los experimentadores del XVII, sólo conocemos realmente aquello que nosotros hacemos.

5) Todo ello va acompañado, como es lógico, de una resistencia a seguir haciendo coincidir la cultura y el conocimiento con los contenidos de las artes liberales: las artes mecánicas también nos aportan conocimiento sobre la realidad natural.

6) Vemos, por tanto, un progresivo abandono de la concepción tradicional de la ciencia como una desinteresada contemplación de la verdad, como búsqueda que comienza solamente después de haberse procurado las cosas esenciales para la vida. La ciencia cada vez más se identifica precisamente con la búsqueda y la consecución de esas cosas esenciales.

7) Del mismo modo, cada vez más desde el siglo XV vemos actitudes decididamente «aperturistas» que, en consonancia con lo dicho anteriormente, exigen que el conocimiento no sea algo exclusivo de unos pocos universitarios. Con la reivindicación social como telón de fondo, hay una apuesta por lo público, lo claro, lo sencillo, lo manifiesto y lo útil, por oposición al saber privado, oscuro, inútilmente complejo y secreto, propio de la concepción antigua de la sabiduría.

8) Surge así la conciencia de la necesaria colaboración pública para el avance del saber.

## 2.2. Algunos ingredientes básicos de la filosofía experimental del siglo XVII

En el siglo XVII se hereda la idea, que acompañaba a la revalorización de las artes mecánicas, de que el trabajo de los talleres, de los artistas, de los artesanos, de los arquitectos, de los ingenieros, de los constructores de máquinas, etc., era también, en algún modo, digno de ser llamado conocimiento. Como hemos visto, desde el siglo XV se extendió esa forma de pensar según la cual los hombres que no se dedicaban a las artes liberales, sino a las manuales o mecánicas, también poseían un conocimiento sobre la naturaleza que era digno de ser tenido en cuenta. En el siglo XVII se da un paso más. No se afirma que los mecánicos, a través de la utilización de sus máquinas y aparatos, obtengan también *un* conocimiento sobre la naturaleza, sino que lo que pretenden los padres de la filosofía experimental mecánica es afirmar que a través de la utilización de máquinas y artefactos, lo que se obtiene es *el auténtico* conocimiento sobre la naturaleza. No estamos hablando, pues, de la ampliación de nuestro conocimiento mediante los aparatos. De lo que hablamos más bien es de la formulación de un nuevo tipo de conocimiento. El proceso conocido como revolución científica consiste, desde el punto de vista filosófico o epistemológico, en las discusiones que los distintos protagonistas de la época mantuvieron para establecer los límites, condiciones, objetivos, normas y conceptos básicos de esa nueva manera de conocer. Existen

discusiones sobre qué es realmente conocimiento, cómo se adquiere, cuáles son las normas que debe guardar la investigación, cómo se deben transmitir los conocimientos, cuál es el lenguaje que debe ser usado en dicha transmisión, cuál es la dimensión metafísica y teológica de los nuevos conocimientos, cómo se relacionan con la moral, etc. Se discute, en definitiva, sobre la constitución y construcción de la ciencia, discusión y construcción que hoy aún no ha terminado, entre otras razones porque una de las condiciones de esa actividad nueva que aparecía allá por el siglo XVII era esa constante y permanente discusión: la ciencia es una práctica, un discurso abierto, llamado a renovarse a sí mismo.

1. Quizá podemos marcar el comienzo de la conciencia claramente expresada sobre el nuevo tipo de conocimiento, mediado por los aparatos, en Francis Bacon. La obra de Lord Verulamio puede ser interpretada como la expresión filosófica de la conciencia de un cambio en los antiguos modos de conocer. Sus pensamientos se dedican, fundamentalmente, a decretar el agotamiento de los métodos antiguos y a intentar dilucidar los nuevos. La vieja cultura de tipo tradicional basada en el viejo concepto del saber es sustituida por una cultura de tipo científico-técnico, en la que se manejan nuevos conceptos de qué es conocimiento, cómo se consigue, etc. El estudio de la historia muestra que mediante el avance de las técnicas, de las artes mecánicas, el hombre ha sido capaz de mejorar su vida y hacer grandes avances: la brújula, la pólvora, la imprenta, la minería, la metalurgia, la navegación que permite descubrir nuevas tierras, las nuevas técnicas de tejido y tinción de telas, y un largo etcétera de ejemplos, muestran que el avance real de los seres humanos no se ha conseguido mediante las especulaciones y las deducciones de la imaginación sin freno. El antiguo concepto del saber no sirve, pues aunque es cambiante no avanza, ni alivia la sed, ni calma el frío, ni proporciona nuevos métodos de labranza, ni da a los hombres nuevos materiales con los que construir sus casas. Dice Bacon:

Entre los signos, ninguno hay más seguro y conocido que el que se deduce de los frutos, pues los frutos y los inventos son como fiadores y garantes de la verdad de la teoría. [...] Por lo cual, del mismo modo que en religión se nos previene y se nos recomienda que nuestra fe se eche de ver en nuestras obras, así puede aplicarse esto muy oportunamente a la filosofía juzgándola por sus frutos y dando por vacua aquella que sea estéril: muy especialmente en el caso de que, en lugar de frutos de vid y de oliva, produzca cardos y espinas de disputas y contiendas (I, 73, pp. 117 y 118)<sup>10</sup>.

Si el saber ha de juzgarse, como la fe, por las obras, ganan las artes mecánicas:

<sup>10</sup> El número romano hace referencia a la parte del libro de Bacon de que se trate, el arábigo, al párrafo, y el número de página corresponde a la siguiente edición: Francis BACON, *Novum Organum*, traducción del latín de Clemente Fernando Almori e introducción de Risieri Frondizi, Buenos Aires, Losada, 2003.

También deben sacarse signos de los progresos y desarrollo de las filosofías y de las ciencias, pues las que se fundan en la naturaleza crecen y aumentan, mientras que las que se fundan en la suposición varían, pero no progresan. Así pues si estas doctrinas no hubiesen sido como plantas separadas de sus raíces antes hubiesen quedado adheridas al seno de la naturaleza y hubiesen seguido siendo nutridas por ella, no hubiera sucedido jamás lo que vemos que está ocurriendo ya desde hace dos mil años, a saber, que las ciencias siguen fijas sobre sus primeras huellas y permanecen casi en el mismo estado sin haber experimentado progreso alguno digno de mención; y lo que es más, que su mayor florecimiento tuvo lugar con su primer autor, decayendo después. En cambio, en las artes mecánicas que se han fundado en la naturaleza y en la luz de la experiencia, vemos suceder lo contrario: pues éstas, tanto tiempo como satisfacen y gozan de popularidad siguen creciendo y prosperando como llenas de espíritu y de vida; rudas al principio, luego adaptadas, más tarde refinadas y siempre progresando (I, 74, pp. 118-119).

Las razones de este avance de las artes mecánicas son múltiples, y se pueden rastrear a lo largo de la obra de Bacon. Algunas han sido apuntadas en el texto: las artes mecánicas se fundan en la experiencia y en la naturaleza. Además, en las artes mecánicas se da la colaboración de muchos, y a los avances de una generación de hombres se suman los de la siguiente, pues funciona la transmisión de lo que se sabe (como ocurría en los talleres). El tiempo, así, favorece a las artes, mientras que a las doctrinas especulativas les hace perder su esplendor, cuando no su sentido.

Pero lo que Bacon propone no es abandonar la especulación tradicional para dedicarse a las artes mecánicas ya existentes. Él reconoce que las técnicas son imperfectas, que podían haber avanzado más, y que no son un modelo inmaculado. Lo que Bacon propone es adoptar de las artes mecánicas su parte más interesante –la transmisión de los conocimientos, su fundamento en la naturaleza y la experiencia, su crecimiento acumulativo, su ideal de colaboración colectiva, etc.– y combinar todo eso con la especulación, con las teorías. En su modelo han de unirse, por un lado, las artes (técnicas), y por otro, las especulaciones. La propuesta de Bacon consiste en una síntesis entre teoría y práctica, entre técnica y ciencia. Las facultades *empírica* y *racional* se unen para llegar al conocimiento de la verdad. A este respecto ha hecho fortuna la comparación baconiana entre hormigas, arañas y abejas:

Los que han manejado las ciencias han sido hombres o empíricos o dogmáticos. Los empíricos a modo de hormigas no hacen más que amontonar y usar; los razonadores a modo de arañas, hacen telas sacadas de sí mismos. La abeja, en cambio, tiene un procedimiento intermedio sacando su material de las flores del jardín y del campo, transformándolo y digiriéndolo sin embargo con su propio poder. No muy desemejante a este es el verdadero trabajo de la filosofía; el cual no se apoya sólo ni principalmente en el poder de la mente, ni el material recogido en la historia natural ni en los experimentos mecánicos lo guarda íntegro en la memoria, sino transformado y digerido en el intelecto. Así pues, mucho ha de esperarse de una alianza más estrecha y firme

(no realizada todavía), de estas dos facultades que llamamos experimental y racional (I, 94, p. 143).

La síntesis entre las artes mecánicas y las teorías no significa que debamos buscar aplicaciones técnicas para nuestras teorías. Significa, más bien, que todo el proceso de conocimiento queda tecnificado. En Bacon hay una clara conciencia de que en el proceso de conocimiento, comenzando desde la percepción misma, debe existir un auxilio técnico. La observación científica no es, por lo tanto, observación desnuda, sino mediada por aparatos. Si nos fiamos solamente de los sentidos lo que haremos será juzgar la naturaleza *por analogía con el hombre*, y no *por analogía con el universo*, y este es «el gran engaño de los sentidos» (II, 40, pp. 291-292). Así, *las demostraciones que permiten las nuevas máquinas* hacen posible un conocimiento a la medida del universo, pero que es *poder* para el hombre. Ello se debe a que la instrumentalización o la tecnificación va a dotar al conocimiento de un eminente carácter operativo: es verdad lo que se hace. Se trata, entonces, de un saber que es siempre un *saber hacer*, por lo que verdad y utilidad se convierten en conceptos inseparables. Por eso, dice Bacon, el hombre puede cuanto sabe. El camino de la verdad es el mismo que el de la potencia. Podemos diferenciar, si queremos, ese doble plano en la actividad científica: el operativo (técnico) y el teórico (especulativo). Así, lo que en el plano teórico vale como causa, en el operativo vale como regla. Pero hemos de tener en cuenta que son dos planos que operan juntos. La propuesta de Bacon consiste en la unión de esos dos planos. *Contemplación verdadera y operación libre* son en Bacon una y la misma realidad. Como ha escrito Rossi:

Esto implica que a una *causa* que no pueda valer simultáneamente como *regla* no se le puede aplicar legítimamente la calificación de *causa*, y viceversa. Se trata de recabar de los experimentos las causas, y, de éstas, nuevos experimentos. No se trata, sin embargo, de dos procesos, sino de un solo proceso, ya que investigación teórica y aplicación práctica no son más que la misma experiencia que se configura de dos modos diversos. Ante un determinado *efecto* o una determinada *naturaleza*, la «contemplación» tiende a la busca de la causa; partiendo precisamente de la causa y usándola como *medio*, la «operación» trata de conseguir determinados efectos o de hacer que algún cuerpo asuma aquella determinada *naturaleza*. Todo experimento es, vuelto del revés, una operación práctica. A un *verdadero precepto* le corresponde así (en lenguaje baconiano) un *perfecto obrar*: la investigación teórica y la aplicación práctica son una misma cosa, y lo que es más útil en la práctica, eso mismo es lo más verdadero en la teoría<sup>11</sup>.

Ciencia y poder se identifican, como también se identifican teoría y práctica, verdad y utilidad, lógica y operaciones reales. Pero esto solamente ocurre en la filosofía que Bacon preconiza, en la que la imagen es la abeja y en la que se han puesto los medios necesarios, tanto al entendimiento como a los

---

<sup>11</sup> Paolo Rossi, *Los filósofos y las máquinas: 1400-1700*, p. 132.

sentidos. Las máquinas, los aparatos, los artefactos, son parte de esos medios imprescindibles.

En el fondo de todo esto hay una idea importantísima para la filosofía experimental mecánica: la identidad ontológica entre las obras del arte y las de la naturaleza. En la noción aristotélica de la naturaleza (que es la que está cuestionando Bacon) existe una diferencia ontológica, sustancial, entre los productos del hombre y los de la naturaleza. El arte humano es una especie de imitación de lo natural, que, sin embargo, no lo alcanza. En *De Augmentis Scientiarum* escribe Bacon:

Pero un prejuicio todavía más sutil se ha deslizado en las mentes: el arte es considerado sólo como una especie de aditamento de la naturaleza, cuyo único cometido fuera dar acabamiento a lo que la naturaleza solamente inició, o enmendarla cuando tiende a lo peor, o liberarla cuando está impedida, pero no le competía en cambio removerla profundamente, trastornarla, sacudirla hasta el fondo (*penitus vertere, transmutare, aut in imis concutere possit*). Esto ha provocado una precipitada desesperación en las cosas humanas. Por el contrario, este otro principio hubiese debido penetrar hondo en las mentes: las cosas artificiales no difieren de las naturales por la forma o la esencia, sino sólo por la causa eficiente (*artificialia a naturalibus non Forma aut Essentia, sed Efficiente solummodo, differre*)... cuando las cosas están dispuestas para la consecución de un determinado efecto, poco importa que éste sea conseguido por el hombre o sin el hombre<sup>12</sup>.

El hecho de que la naturaleza y los artefactos sean considerados como ontológicamente equivalentes, salvo por la causa eficiente, es el requisito imprescindible para que los artefactos, las máquinas, puedan ser un modo de conocer la naturaleza. De ahí que el conocimiento auténtico se siga de un proceso en el que se utilizan máquinas: se conoce lo que se hace; lo que se hace es la máquina, pero la máquina es ontológicamente homogénea con la naturaleza. Las claves operacionales, lo que hace que una máquina funcione, es equivalente a lo que hace que en la naturaleza las cosas funcionen como lo hacen. Esa es la explicación, también, de que el conocimiento del que habla Bacon sea a la vez un poder, pero no para suplementar la naturaleza, sino para «removerla profundamente, transformarla, sacudirla hasta el fondo».

2. *Marin Mersenne* cree que lo característico de la nueva concepción de la ciencia es, por un lado, el conocimiento descriptivo de los fenómenos, y, por otro lado, la práctica de las artes mecánicas. En su obra encontramos, pues, una defensa de la dignidad de las artes. Miembro de la Orden de los Mínimos desde 1611 y ordenado sacerdote en 1613, Mersenne cree que es voluntad de Dios que las artes y las ciencias sean puestas en práctica. El interés de Mersenne era formular una metafísica de la materia inerte que diese cabida a un universo estrictamente mecanicista. Ello garantizaba la necesidad de

<sup>12</sup> Francis BACON, *The Works of Francis Bacon*, recopiladas y editadas por James Spedding, Robert Leslie Ellis y Douglas Denon Heath, London, Longmans and Co, 1857-1874, vol. I, p. 496.

un Creador, y eliminaba el fantasma del panteísmo de corte naturalista. En efecto, las ideas renacentistas de una materia que estaría animada por una especie de *alma del mundo* podían conducir a la identificación de Dios con la naturaleza. Además de conducir a la herejía panteísta, estas ideas daban pie a las prácticas mágicas y a las creencias supersticiosas. La influencia de Mersenne en el desarrollo del mecanicismo y de la concepción mecanicista de la materia es, por ello, considerable<sup>13</sup>.

Además del impulso a favor del desarrollo de una filosofía mecanicista, indispensable para la experimentación, hay en Mersenne otra idea que será fundamental para la filosofía mecánica experimental. Nos referimos a la idea según la cual el conocer es un hacer, o, dicho de otro modo, solamente se conoce aquello que se construye. Es una afirmación que se extiende también a Dios: Él conoce todas las cosas porque las ha hecho. Del mismo modo, el hombre conoce solamente aquello que hace, aquello que es reconstruible de manera artificial. El padre Mersenne, en su *Harmonie universelle* (París, 1636) escribió:

Es difícil encontrar principios o verdades en la física. Perteneciendo el objeto de la física a las cosas creadas por Dios, no es de admirar que no nos sea posible hallar sus verdaderas razones y el modo como estas cosas actúan y padecen. Conocemos en realidad tan sólo las verdaderas razones de aquellas cosas que nosotros podemos construir con las manos o con el entendimiento, mientras que no podemos construir ninguna de las cosas que ha hecho Dios<sup>14</sup>.

Estas ideas de Mersenne dan pie a una estimación epistemológica de las máquinas, de los artefactos. Al ser construidos por nosotros, los artefactos nos son conocidos. Si a esto sumamos la tesis de la continuidad ontológica entre las obras de la naturaleza y las obras del arte, el resultado es que a través de las máquinas podemos conocer algo de la naturaleza.

3. La tesis de la continuidad ontológica entre naturaleza y máquina la encontramos también en René Descartes. En los *Principes de la philosophie*, explica el filósofo francés que las reglas que siguen las cosas del mundo son las de la Geometría y la Mecánica:

He considerado en general todas las nociones claras y distintas que pueden darse en nuestro entendimiento en relación con las cosas materiales y que, no habiendo hallado otras sino las que tenemos de las figuras, dimensiones y movimientos, así como de las reglas siguiendo las cuales estas tres cosas pueden ser diversificadas la una por la otra (reglas que son los principios de la Geometría y de las Mecánicas), he juzgado que era preciso necesariamente que todo el conocimiento que los hombres pudiesen tener de la naturaleza

---

<sup>13</sup> Cfr. Steven SHAPIN, *La Revolución Científica. Una interpretación alternativa*, traducción de José Romo Feito, Barcelona, Paidós, 2000, pp. 66-67.

<sup>14</sup> Citado en Paolo ROSSI, *Los filósofos y las máquinas: 1400-1700*, p. 137.

fuese obtenido solamente a partir de esto; todas las otras nociones que tenemos de las cosas sensibles, siendo confusas y oscuras, no pueden servir para darnos el conocimiento de cosa alguna fuera de nosotros, sino que más bien pueden impedir su conocimiento. (IV, §203, p. 409)<sup>15</sup>.

Si lo que importa de los cuerpos son las figuras, las dimensiones y los movimientos, así como las reglas que gobiernan estas tres cosas, que son los principios de la Geometría y las Mecánicas, ¿qué diferencia existe, a ojos del conocimiento humano, entre un artefacto y una de las obras de la naturaleza? Ninguna, salvo el tamaño:

No reconozco diferencia alguna entre *las máquinas que construyen los artesanos* y los cuerpos que *la naturaleza por sí misma ha formado*; la única diferencia reside en que los efectos de las máquinas sólo dependen de *la disposición de ciertos tubos, resortes u otros instrumentos, que, debiendo mantener una cierta proporción con las dimensiones de las manos de las personas que los construyen*, son siempre tan grandes que *sus figuras y movimientos se pueden ver*, mientras que *los tubos o resortes* que causan los efectos de los cuerpos naturales son por lo general muy pequeños para llegar a ser percibidos por nuestros sentidos. Por otra parte, es cierto que las reglas de la mecánica pertenecen a la Física, *de suerte que todos los seres contruidos mediante arteificio son, de acuerdo con tales reglas, naturales* (IV, §203, p. 410).

La continuidad ontológica entre naturaleza y máquina se debe a la reducción o abstracción que de ambas se realiza. Lo relevante desde el punto de vista de las cosas que se pueden conocer científicamente son las propiedades mecánicas y sus leyes. Todas las demás propiedades se excluyen del ámbito científico, pues de ellas no sólo no obtenemos conocimiento, sino que obstaculizan nuestra capacidad para conseguirlo. (Como puede verse, es una distinción similar a aquella de Galileo entre cualidades primarias y secundarias).

La repercusión epistemológica de esto está clara: lo que puedo aprender de las máquinas, que ocurre a un nivel perceptible para mí, puedo aplicarlo a la naturaleza, de la cual quizá no tengo percepción. De hecho, Descartes está utilizando estos argumentos para justificar, como indica el título del párrafo 203, «Cómo se puede acceder al conocimiento de las figuras, dimensiones y movimientos de los cuerpos que no podemos conocer mediante los sentidos». Aquí reside la fuerza epistemológica del modelo mecanicista: la naturaleza es una máquina cuyos tubos y resortes quizá sean demasiado pequeños para ser percibidos, pero puedo construir unos tubos y resortes con unas dimensiones más apropiadas, de modo que pueda *ver* sus figuras y sus movimientos; luego hago la extrapolación de lo que he visto en la máquina a lo que ocurre en la naturaleza. Sigue Descartes:

<sup>15</sup> La paginación hace referencia a la siguiente edición: René DESCARTES, *Los Principios de la Filosofía*, traducción, introducción y notas de Guillermo Quintás, Madrid, Alianza, 1995.

Pues, *por ejemplo*, cuando un reloj marca las horas por medio de las ruedas de las que está formado, no es tal efecto menos natural de lo que es que un árbol produzca frutos. Ésta es la razón por la que, de igual forma *que un relojero*, viendo un reloj *que no ha sido construido por él*, puede por lo general juzgar a partir del conocimiento de alguna de las partes que lo forman, cuáles son todas las otras piezas que lo integran y que él no ve, de igual forma, al considerar los efectos sensibles y las partes de los cuerpos naturales que percibimos por los sentidos, he debido conocer aquellas de sus partes que no son perceptibles por los sentidos (IV, §203, p. 410).

Estas consideraciones no excluyen el fuerte carácter deductivo-teórico del conocimiento tal y como lo entiende Descartes. Aunque no excluía el conocimiento factual, el conocimiento de los hechos, de su sistema filosófico, no le concedía tanta importancia como al conocimiento teórico, al que se obtiene mediante deducciones. Ello se debe, fundamentalmente, a las diferencias epistemológicas que existen entre uno y otro tipo de saber: mientras que la verdad de una deducción parece garantizada con una necesidad abrumadora, la verdad del conocimiento factual no puede ser afirmada con tanta claridad, es solamente *probable*. La explicación de ello se da, como no podía ser de otra forma, en el marco del mecanicismo. Hemos dicho que el mundo es el reloj de Dios. El conocimiento de los efectos, de los hechos, puede describirse, en esa analogía, como el conocimiento de la hora que marcan las agujas de ese reloj. La maquinaria del reloj nos es desconocida, y por muy seguros que estemos de que es una maquinaria, es decir, por claro que tengamos que las causas que operan son de naturaleza mecánica, ello no nos dice cuál es la disposición exacta de los mecanismos. De hecho, podemos tener una variedad inmensa de maneras de explicar una determinada hora y un determinado comportamiento de las agujas, pero no sabemos con certeza cuál es la real. El conocimiento que nos proporcionan los hechos es, pues, probable: nunca sabremos exactamente cuáles son las causas. Dice Descartes en los *Principios de la filosofía*:

Al igual que un relojero *habilitoso* puede construir dos relojes que marquen las horas de igual forma y que, sin embargo, nada tengan en común por lo que se refiere a la organización de sus mecanismos, de igual forma es cierto que Dios posee una infinidad de diversos medios en virtud de los cuales *puede hacer que todas las cosas de este mundo parezcan tal y como ahora aparecen, sin que sea posible al espíritu humano discernir cuál de todos estos medios ha querido emplear para producirlos* (IV, §204, pp. 410-411).

El conocimiento de los hechos, de los efectos, es, por tanto probable, pero ello no es óbice, siempre que se trate de un conocimiento útil.

4. Los escritos de Robert Boyle están repletos de referencias a cuáles deben ser las condiciones materiales, sociales y teóricas en las que se produzca la ciencia. Su apuesta es claramente tecnificadora. Ello se ve claramente en un hecho obvio que, precisamente por ser tal, se suele minusvalorar: Boyle

utiliza las máquinas, y en especial su bomba de vacío, como un medio para lograr conocimiento. Como han escrito Steven Shapin y Simon Schaffer:

Los hechos en la nueva neumática de Boyle eran producidos con una máquina. Su filosofía mecánica *utilizaba una máquina* no sólo como una metáfora ontológica sino también, crucialmente, *como medio para la producción intelectual*. Los hechos que constituían los fundamentos de la nueva ciencia se manifestaban por medio de una máquina científica construida a propósito<sup>16</sup>.

Los experimentadores como Boyle recurren a las máquinas como medios para producir conocimiento. Ello se debe a muchas razones. Primero, la máquina, el artefacto, es una manera de *corregir* los sentidos, de disciplinar la capacidad perceptiva sensorial, que es de suyo falible. Por eso dice Boyle que la información de los sentidos asistida y destacada por los instrumentos es preferible a la producida por los sentidos solos. Pero nótese que corregir no quiere decir ampliar: de lo que se trata es de que los instrumentos nos ofrecen datos fiables, mientras que sin tales datos estamos condenados a la especulación. No sólo en Boyle encontramos esta idea. Joseph Glanvill (1636-1680) reflexionaba, en su *Scepsis científica* (1665), sobre la insuficiencia de los sentidos para la formulación de la ciencia:

Hay poco que esperar del progreso de la Teoría natural, si no es por medio de aquellos instrumentos que se emplean para ampliar nuestra perspectiva de los acontecimientos y nuestra percepción de las evidencias sensibles, cuya insuficiencia nos impide progresar en la vía de la Ciencia y nos obliga a imperfectas hipótesis y tímidas conjeturas<sup>17</sup>.

Del mismo modo, Henry Power, que realizó algunas observaciones microscópicas, recomendaba, en el prefacio de su libro de 1663 titulado *Experimental Philosophy*, que los naturalistas dejaran de discutir sobre algunas cuestiones hasta que se pudiese disponer de mejores instrumentos ópticos. Así, las contiendas entre cartesianos y atomistas a propósito de los componentes últimos de la materia se verían resueltas con sólo echar un vistazo a través de un microscopio. No sólo eso, sino que además los aparatos ópticos permitirán, pensaba Power, la observación de los «efluvios magnéticos», las «partículas de luz solar», los «glóbulos del éter», o las partículas del aire y su estructura de resorte. “Hasta entonces –dice Power al final del prefacio de su obra–, sin tal asistencia mecánica, nuestros mejores filósofos demostrarán ser conjeturadores vanos”<sup>18</sup>.

<sup>16</sup> Steven SHAPIN y Simon SCHAFFER, *El Leviathan y la bomba de vacío: Hobbes, Boyle y la vida experimental*, traducción de Alfonso Buch, Universidad Nacional de Quilmes, 2005, p. 58. Cursiva Mía.

<sup>17</sup> Citado en *Ibid.*, p. 71.

<sup>18</sup> Citado en nota de Carlos Solís a su edición de Robert HOOKE, *Micrografía o algunas descripciones fisiológicas de los cuerpos diminutos realizadas mediante cristales de aumento con observaciones y adquisiciones sobre ellas*, Madrid, Alfaguara, 1989, p. 621.

Esta asistencia y corrección necesaria para los sentidos aparece también en Robert Hooke, que trabajó estrechamente con Boyle y que conoció la obra de Power. En diciembre de 1677, ante la Real Sociedad, Hooke manifestó –como ya había hecho en su *Micrografía*– la necesidad de los aparatos:

Su destino [el de los instrumentos] era mejorar e incrementar las distinguidas facultades de los sentidos, no sólo con el fin de reducir a números, pesos y medidas estas cosas que ya son sensibles a nuestros órganos sin asistencia, sino también *para ser capaces de hacer las mismas cosas en regiones de la materia de otro modo inaccesibles, impenetrables e imperceptibles para los sentidos carentes de asistencia*. De tal modo, como extienden el imperio de los sentidos, asedian y reducen los lugares recónditos de la naturaleza: y el uso de ellos, en el momento oportuno, incluso entre las manos de un simple soldado, forzará en corto tiempo a la naturaleza a ceder incluso sus más inaccesibles fortalezas<sup>19</sup>.

Parece que está claro: la ampliación y la corrección de los sentidos mediante las máquinas o los aparatos no implica solamente que accedamos mejor a aquello a lo que ya teníamos acceso; significa también, y sobre todo, que podemos acceder a realidades, fenómenos o hechos a los que no tendríamos acceso sin esa asistencia.

Segundo, lo que las máquinas ofrecen es poder *observar* la naturaleza en movimiento, lo cual es enormemente instructivo. Dice Boyle:

Un prejuicio no menos peligroso que general está dañando a la historia natural y perjudicando a los intereses del género humano: el hecho de que las personas cultas e ingeniosas sean consideradas como ajenas a los laboratorios y a las prácticas de los artesanos... La mayoría de los fenómenos que en las artes surgen son una parte de la historia natural y requieren, por tanto, la atención de los hombres de ciencia. Estos fenómenos nos muestran a la naturaleza en movimiento (*they show us nature in motion*), cuando ella se aparta de su curso por obra del poder del hombre, y es éste el estado más instructivo en el que se nos permite mirarla<sup>20</sup>.

Es un texto similar al que ya hemos citado de Descartes: las máquinas nos muestran, decía el filósofo francés, los movimientos de las cosas a una escala perceptible. Como ya hemos dicho, tras esta idea se encuentra la continuidad ontológica entre los artefactos y las obras de la naturaleza (que son el artefacto de Dios). Para Boyle el universo es una gran máquina semoviente y, como exige tal visión mecanicista, los fenómenos deben ser estudiados en virtud de «los dos grandes y universales principios de los cuerpos», materia y movimiento. A menudo Boyle se refería a la naturaleza con la expresión *mechanismus universalis*.

<sup>19</sup> Steven SHAPIN y Simon SCHAFFER, o.c., pp. 69-70. Cursiva mía.

<sup>20</sup> Citado en Paolo ROSSI, *Los filósofos y las máquinas: 1400-1700*, p. 120.

Tercero, es en la máquina donde se manifiesta el poder de la ciencia, pues ésta es vista como un conjunto de conceptos que responden a unas acciones; es decir, lo valioso del conocimiento experimental mediado por las máquinas es que hace referencia a cosas con las que se puede operar, cosas en las que se puede intervenir. De ahí el éxito de las posteriores aplicaciones de la ciencia: no tienen éxito porque se consiga dilucidar la causa verdadera (podríamos estar equivocados en la causa), tienen éxito porque nacen de la práctica, de la manipulación. El tipo de conocimiento que ofrece la filosofía experimental es, como vimos en Bacon, un poder: el hombre sabe tanto cuanto puede.

En cuarto lugar, lo operacional. Las cosas que se pueden hacer con una máquina definen el terreno en el que deben moverse las discusiones que pretendan ser científicas. No es que Boyle y sus compañeros negasen la existencia de agentes espirituales en el orden de la naturaleza, sino que el conocimiento científico de lo que se ocupa no es de esos agentes, sino de los que cabe dilucidar mecánicamente. El peso del aire es una propiedad mecánica: puedo manipular ese peso mediante una máquina, puedo operar con él mediante artefactos. Quizá si alguien consiguiese algún día manipular mediante artefactos los agentes espirituales, éstos pasasen al terreno de lo experimental, de lo científico. Mientras, existe un terreno más o menos objetivo, o al menos intersubjetivo: el de los hechos, que es en el que deben moverse las discusiones. Nótese que estos hechos no son lo dado, sino que al contrario, son justamente lo que hay que producir. Es en esta producción de los hechos en la que la máquina desempeña un papel central.

En Boyle existe también la idea que hemos visto en Descartes según la cual el conocimiento de los efectos, de los hechos, es *probable*. Pero aquí el mismo argumento va a ser utilizado de otra manera. Si para Descartes la especulación sobre las causas estaba justificada *con tal de que funcionase*, es decir, con tal de que ello nos permitiese producir los efectos que buscamos, para Boyle, el que no podamos tener un conocimiento seguro de las causas implica que es mejor no discutir sobre ellas. De hecho, una de las ventajas que Boyle le veía a la filosofía experimental era que se podía prescindir de esas hipótesis sobre las causas. Para Boyle y los filósofos experimentales de la *Royal Society* más reacios a la teorización, el sistema cartesiano de hipótesis diseñadas para explicar el mundo era un modelo de conocimiento del que había que distanciarse. Estaban de acuerdo en el marco general: el mecanicismo; pero los baconianos afines a Boyle consideraban una imprudencia conceptual aventurarse en la explicación de los detalles micromecánicos: las ruedas dentadas, las válvulas, las palancas o los resortes de los que se componían las cosas. Subestimando el poder heurístico de las hipótesis, Boyle optó por una filosofía experimental basada únicamente en la descripción minuciosa de los hechos, utilizando para ello las propiedades mecánicas de los cuerpos que se puedan poner de manifiesto experimentalmente (como por ejemplo el peso del aire).

### 2.3. La tecnificación del saber en Hooke

Desde el punto de vista metodológico, las influencias más notables sobre la obra de Hooke son la de Descartes y la de Bacon. Podemos decir que la del autor de la *Micrografía* es una postura que media entre ambos pensadores, que se queda con algo de ellos y rechaza otra parte. En oposición a Bacon –y en oposición por tanto a la corriente mayoritaria de la *Royal Society*– Hooke intentará revalorar el papel que puede desempeñar la geometría en el estudio de la mecánica de la naturaleza –idea ésta de corte más bien cartesiano–. En contra de Descartes pondrá de manifiesto la importancia heurística de la inducción experimental –idea esta baconiana–.

El programa mecanicista de Descartes aporta también a Hooke los principios fundamentales a la hora de ofrecer su explicación de la naturaleza: extensión y movimiento. Esto es lo que permite concebir la filosofía natural desde una perspectiva matemática, pues al hablar de la extensión no hacemos sino referirnos a una propiedad geométrica. Por otro lado, al ser concebida la naturaleza como una máquina, según el modelo propugnado por Descartes, queda abierta la posibilidad del estudio de los componentes o partes de esa máquina y sus funciones, pero también, y esto es importante, se abre la puerta a su manipulación. Como en una maquinaria de relojería (seguramente uno de los artefactos más sofisticados de la época), en la naturaleza podemos «jugar» a colocar aquí otra rueda dentada o a elevar las revoluciones del mecanismo, para ver cuál es el resultado, para ver qué pasa<sup>21</sup>.

Para Hooke, siguiendo en ello las ideas generales de su época, la gran ventaja de los seres humanos sobre el resto de las criaturas es, fundamentalmente, que los hombres «no sólo podemos *contemplar* las obras de la naturaleza o *mantener* simplemente nuestras vidas mediante ellas, sino que además poseemos la capacidad de *considerarlas, compararlas, alterarlas, complementarlas y mejorarlas* para diferentes utilidades» (p. 121)<sup>22</sup>. Aunque estas capacidades son propias del hombre en virtud de su naturaleza, pueden ser acrecentadas por medio del «arte y la experiencia», de manera que, gracias a ellos, unos hombres pueden aventajar a otros en sus observaciones y deducciones casi

<sup>21</sup> Existen dos textos de Hooke con un marcado carácter metodológico. El primero de ellos es el «Prefacio» de la *Micrografía* (1665), y el segundo un tratado inacabado que llevaba por título *A General Scheme or Idea of the Present State of Natural Philosophy ant How its defects may be Remedied by a Methodological Proceeding in the making Experiments and in collecting Observations, Whereby to Compile a Natural History, as the Solid Basis for the Superstructure of True Pilosophy (1668)*, que como su corto título indica, es un esquema o idea general del actual estado de la filosofía natural y de cómo se pueden remediar sus defectos mediante un procedimiento metódico en la realización de experimentos y en la recolección de observaciones, merced al cual compilar una historia natural como base sólida para la superestructura de la verdadera filosofía. Naturalmente, existen otras reflexiones metodológicas de Hooke a lo largo y ancho del resto de sus obras (en especial, en las primeras Conferencias Culterianas, 1665-1666). Aquí nos ceñiremos fundamentalmente a las que aparecen en el «Prefacio» de *Micrografía*.

<sup>22</sup> La edición de *Micrografía* que he utilizado es: Robert HOOKE, *Micrografía*, edición de Carlos Solís, Madrid, Alfaguara, 1989. Las páginas que van entre paréntesis, salvo indicación en contra, pertenecen a esta edición.

tanto como éstos superan a las bestias. Hooke propone, pues, perfeccionar o mejorar mediante el arte, es decir, mediante instrumentos y métodos artificiales, lo que la naturaleza nos ha dado:

Merced a la ayuda de tales *instrumentos y métodos artificiales*, en cierta medida se pueden reparar los prejuicios e imperfecciones que la humanidad ha cargado sobre sí por negligencia e intemperancia, así como por el abandono consciente y supersticioso de las prescripciones y reglas de la naturaleza, motivos por los cuales todos los hombres son proclives a caer en todo tipo de errores tanto por una corrupción propia e innata como por la educación y trato con las demás personas (p. 122).

Desde un planteamiento típicamente baconiano, como se aprecia, aunque no exclusivo de Bacon, se plantea, pues, la subsanación de los errores mediante el artificio. Ello esconde, o mejor, manifiesta, una postura epistemológica claramente optimista. El planteamiento, como ocurría en Bacon, es, en principio: si eliminamos los estorbos –los ídolos, diría lord Verulamio– lo que queda es una capacidad natural para conocer verdaderamente las cosas. Para eliminar los estorbos aparecen, sin embargo, como fundamentales, los *instrumentos y métodos artificiales*. En el sentido baconiano, se trata de una *restauración*, de un método para recuperar las perfecciones primitivas, y además acrecentarlas. Esta restauración es una restauración técnica, pues en ella los instrumentos son los encargados de corregir tanto el prejuicio debido a la educación como a la corrupción propia e innata. El método, según Hooke, consiste en una *rectificación* (de los sentidos, de la memoria, de la razón): no nos podemos fiar del uso habitual de estas facultades, sino que deben ser asistidas, implementadas y corregidas mediante métodos artificiales, de los cuales una parte esencial son artefactos técnicos (también hay «artefactos» intelectuales).

Hablando por ejemplo de la extensión de los sentidos, es decir, de su *cantidad* de percepción, Hooke parece tener claro que no hemos de conformarnos con su poder natural. Han de ser extendidos o potenciados en dos sentidos, uno negativo y otro positivo. El sentido negativo, que más que extensión es una corrección, tiene por objeto subsanar los posibles errores que pudiesen hallarse en la percepción. El sentido positivo tiene por objeto ampliar la potencia que los sentidos tendrían en condiciones normales. Dice Hooke:

La siguiente precaución que hay que tomar por lo que atañe a los sentidos es socorrer sus debilidades con *instrumentos* y, por así decir, complementar con *órganos artificiales* los *naturales* (p. 124).

Es importante resaltar el carácter fuertemente técnico o «tecnificador» de la propuesta de Hooke, en el sentido en que venimos defendiéndolo aquí. No se trata solamente de que el conocimiento deba tener su finalidad en el dominio de la naturaleza y de que esto se realice de una manera preeminente a través de las técnicas. Se trata, además, de que los *medios* destinados a la *consecución* de dicho conocimiento son, en parte, productos de factura

humana, artefactos, objetos técnicos. No estamos, por tanto, en una perspectiva que suponga que existe un conocimiento teórico, alcanzado de manera más bien apriorística, y que luego tiene su aplicación a través de artefactos o tecnologías. De lo que se trata es de conceder un papel central a los aparatos, a los artefactos, no ya como aplicaciones del conocimiento, sino como medios imprescindibles para llegar a él. Podemos decir que Hooke concibe ya la ciencia como una *filosofía técnica*. Hay un intento de explicación de la naturaleza –filosofía– que se realiza mediante artefactos –técnica.

En efecto –dicen Ferreirós y Ordóñez– la ciencia moderna puede verse como un híbrido de filosofía (lógica, teorización, argumentación) y experimento (técnica, manipulación, observación). En realidad, si se quiere ir más al fondo de la cuestión, la ciencia es un híbrido de filosofía y técnica, una *filosofía técnica*<sup>23</sup>.

Escribe Hooke sobre su apuesta por un saber tecnificado:

De este modo, el mundo puede verse asistido por una gran *variedad* de invenciones; pueden *reunirse nuevos* materiales científicos, *mejorándose* los viejos y lijando su *herrumbre*. Dado que toda nuestra habilidad en las obras de la naturaleza proviene de la ayuda de los sentidos, éstos podrían maravillosamente beneficiarse con ello, viéndose guiados hacia una realización más fácil y exacta de sus oficios, no siendo improbable que podamos descubrir dónde fallan nuestros sentidos, encontrando con facilidad los modos de repararlos (p. 128).

Tal es la confianza que se pone en esas invenciones o artefactos, que pueden incluso ayudarnos a descubrir «dónde fallan nuestros sentidos» y a encontrar con facilidad los «modos de repararlos». Permítasenos otro ejemplo apoyado en un cierto dualismo: si una calculadora, que es una máquina, puede a veces asistir o corregir al pensamiento, ¿por qué no pensar que el microscopio, que es también un artefacto, puede asistir o corregir por ejemplo a la vista, y de paso al tacto? Al fin y al cabo, como dice Hooke en frase hermosa, «la *aspereza* y suavidad de un cuerpo se torna mucho más sensible con la ayuda de un *microscopio* que con la más *tierna y delicada mano*» (p. 134). Mediante nuestro microscopio descubrimos seres que nuestra vista no alcanza, por lo que aumentamos la potencia de este sentido. Pero también, mediante este sentido de la vista aumentado podemos corregir a nuestro tacto, que, por muy sutil que sea, ignora la aspereza microscópica. Los aparatos, por tanto, no solamente extienden el poder de los sentidos en tanto que nos permiten conocer otras realidades que sin ellos no conoceríamos, sino que nos sirven para corregir las informaciones que los sentidos nos proporcionan. Por eso podemos hablar de una tecnificación del saber: sin los aparatos no podemos alcanzar el conocimiento.

<sup>23</sup> JOSÉ FERREIRÓS y JAVIER ORDÓÑEZ, «Hacia una Filosofía de la Experimentación», *Crítica, Revista Hispanoamericana de Filosofía*, 34, n° 102 (2002) 47-86.

Hooke recorre cada uno de los sentidos mostrando de qué manera se han conseguido corregir y potenciar, en algunas ocasiones gracias a sus propios inventos. Pero, puesto que «lo que ya se ha hecho no debería dejarnos satisfechos, sino que habría más bien de animarnos a avanzar más allá» (p. 129), propone además varias maneras en que podrían seguirse aumentando sus capacidades. Los sentidos, dice Hooke, «no son tan perfectos que no puedan verse notablemente incrementados merced a la *diligencia*, la *atención* y *muchos dispositivos mecánicos*» (p. 129).

### 3. A MODO DE CONCLUSIÓN

El método planteado por Hooke, y no sólo por él, es evidente y eminentemente tecnificador, en el sentido indicado de que los artefactos, los aparatos técnicos, son un medio imprescindible para la obtención de conocimiento real, operativo y útil. Creo que esa característica de la filosofía experimental mecánica del siglo XVII ha sobrevivido hasta nuestra ciencia del siglo XXI... y se ha acrecentado. La ciencia del siglo XXI es una ciencia esencialmente tecnificada. En este escrito he apuntado algunas ideas que hicieron posible tal tecnificación, y he señalado igualmente algunas de sus consecuencias. En nuestra época, las técnicas que se utilizan para la obtención del conocimiento son cada vez más complejas, costosas y difíciles de manejar. Ello significa que la imagen del científico trabajando en su buhardilla con materiales producidos por él mismo está obsoleta. El laboratorio, sobre todo a partir del desarrollo de la física experimental en el siglo XIX, se ha convertido en un lugar complejo, lleno de aparatos muchas veces muy costosos (por no hablar de los grandes aceleradores de partículas o los experimentos extraterrestres que realizan los astronautas en órbita). Ello está relacionado con el problema de la subvención de la ciencia. El trabajo dentro del propio laboratorio, además, se ha especializado: hay incluso personas dedicadas al manejo de un solo instrumento (como puede ser el caso de los microscopios electrónicos).

Las consecuencias epistemológicas de la tecnificación son, pues, múltiples, empezando por el propio hecho de que casi siempre se necesita un laboratorio: si hay que hacer funcionar máquinas ello debe ocurrir en un ambiente propicio, en el que puedan ser controladas las condiciones, que tenga suministro eléctrico, de agua, etc; por no mencionar aquellos que requieren de medidas especiales, como los laboratorios en los que se trabaja con microorganismos letales para el ser humano o con sustancias nocivas para la salud.

Además, las máquinas, aunque nos muestren la naturaleza en movimiento, como decía Boyle, no hablan, lo que significa que hay que interpretar los datos que nos ofrecen. Que los datos no son lo dado sin más lo pone de manifiesto el hecho de que el proceso de su producción es a veces largo, difícil y controvertido. Los datos, además, no pueden ser lo dado, porque se hallan sujetos a continua revisión: hay procesos de revisión de datos, igual que hay procesos de reajuste de la máquina.

En fin, todas estas y otras consecuencias y condiciones de lo que hemos llamado *tecnificación del saber*, deben seguir siendo exploradas. De momento, nos contentamos con haber puesto de manifiesto su importancia.