

EL
REENCANTAMIENTO
DEL
MUNDO

MORRIS BERMAN

CUATRO VIENTOS  EDITORIAL

1

El nacimiento de la conciencia científica moderna

"Y que en lugar de la filosofía especulativa ahora enseñada en las escuelas podemos encontrar una filosofía práctica, mediante la cual, conociendo la naturaleza y la conducta del fuego, del agua, del aire, de las estrellas, del cielo y de todos los otros cuerpos que nos rodean, como ahora entendemos las diferentes destrezas de nuestros trabajadores, podemos emplear estas entidades para todos los objetivos para los cuales son adecuados, y así hacernos amos y dueños de la naturaleza".

Rene Descartes, Discurso del Método (1637)

En el pensamiento occidental, hay dos arquetipos que invaden el tópico de cómo se aprehende mejor la realidad, arquetipos que tienen en último término su origen en Platón y Aristóteles. Para Platón, los datos sensoriales eran, en el mejor de los casos, una distracción del conocimiento, el cual era la provincia de la razón pura. Para Aristóteles, el conocimiento consistía en generalizaciones, pero éstas se derivaban en primera instancia de información obtenida del mundo, exterior. Estos dos modelos del pensamiento humano, llamados racionalismo y empirismo respectivamente, formaron la herencia intelectual más importante del Occidente hasta Descartes y Bacon, quienes representaron, en el siglo xvii, los polos opuestos de la epistemología. Sin embargo, así como Descartes y Bacon tienen más cosas en común que diferencias, lo mismo sucede con Platón y Aristóteles. El cosmos, cualitativamente orgánico de Platón, descrito en el *Timaeus*, es también el mundo de Aristóteles; y ambos estaban buscando las "formas" subyacentes de los fenómenos observados, los cuales siempre se expresaban en términos teleológicos. Aristóteles no estaría de acuerdo con Platón en que la "forma" de una cosa existe en algún cielo innato, sino en que la realidad de digamos, un disco usado en los Juegos Olímpicos era su Circularidad, su Peso (tendencia inherente a caer hacia el centro de la Tierra) y así sucesivamente. Esta metafísica se preservó a lo largo de la Edad Media, edad notoria (desde nuestro punto de vista) por su extensivo simbolismo. Las cosas jamás eran "simplemente lo que eran", sino siempre llevaban corporalizadas en sí un principio no material visto como la esencia de su realidad.

A pesar de los puntos de vista diametralmente opuestos representados por el *New Organon* de Bacon y el *Discurso del Método* de Descartes, ambos poseen algo en común que, a su vez, se distingue claramente tanto del mundo de los griegos como del de la Edad Media.

El descubrimiento fundamental de la Revolución Científica —descubrimiento simbolizado por los trabajos de Newton y Galileo, fue que en realidad no había ningún gran choque entre el racionalismo y el empirismo. El primero dice que las leyes del pensamiento se conforman con las leyes de las cosas; el último dice que siempre coteja sus pensamientos con los datos de modo que se pueda saber qué pensamientos pensar. Esta dinámica relación entre racionalismo y empirismo yace en el corazón mismo de la Revolución Científica, y se hizo posible por su conversión en una herramienta concreta. Descartes demostró que las matemáticas eran el epítome de la razón pura, el conocimiento más confiable de que podíamos disponer. Bacon señaló que uno tenía que preguntarle directamente a la naturaleza, colocándola en una situación en la que se viera forzada a suministrarnos sus respuestas. *Natura vexata*, la denominaba, "la naturaleza acosada": disponga una situación de modo que tenga que responder sí o no. El trabajo de Galileo ilustra la unión de estas dos herramientas. Por ejemplo, haga rodar una bola por un plano inclinado y mida la distancia recorrida versus el

tiempo. Entonces usted sabrá, exactamente, cómo se comportan los cuerpos en caída.

Nótese que digo cómo se comportan, y no por qué. El matrimonio entre la razón y el empirismo, entre las matemáticas y el experimento, expresó este cambio significativo en perspectiva. Mientras los hombres se contentaban con preguntarse por qué caían los objetos, por qué ocurrían los fenómenos, la pregunta de cómo caían o cómo ocurría esto era irrelevante. Estas dos preguntas no son mutuamente excluyentes, al menos en teoría; pero en términos históricos han demostrado que de hecho lo son. Mientras el "cómo" se hizo cada vez más importante, "el por qué" se hizo cada vez más irrelevante. En el siglo veinte, como veremos, el "cómo" se ha convertido en nuestro "por qué".

Visto desde este punto de vista, tanto la lectura del *New Organon* como la del *Discurso* resultan fascinantes, porque reconocemos que cada autor está lidiando con una epistemología que ahora se ha convertido en parte del aire que respiramos. Bacon y Descartes se entrelazan también de otros modos. Bacon está convencido de que el conocimiento es poder y la verdad utilidad; Descartes considera la certeza como equivalente a la medición y quiere que la ciencia se convierta en una "matemática universal". El objetivo de Bacon fue, desde luego, conseguido con los medios de Descartes: las mediciones precisas no sólo validan o invalidan las hipótesis, sino que también sirven para la construcción de caminos y puentes. Por lo tanto, en el siglo xvii se produjo otro alejamiento crucial con respecto a los griegos: la convicción de que el mundo está ante nosotros para que actuemos sobre él, no únicamente para ser contemplado. El pensamiento griego es estático, la ciencia moderna es dinámica. El hombre moderno es un hombre, faustiano, apelación que viene de muy atrás incluso antes que Goethe, desde Christopher Marlowe. El Doctor Fausto, sentado en su estudio alrededor de 1590, está aburrido con los trabajos de Aristóteles que están extendidos ante él. "¿Será disputar bien el principal objetivo de la lógica?", se pregunta a sí mismo en voz alta. "¿Este arte no podrá soportar tal vez un milagro mayor? / Entonces no leas más..."¹. En el siglo xvi Europa descubrió, o más bien, decidió que el asunto es hacer, y no ser.

Una de las cosas conspicuas acerca de la literatura de la Revolución Científica es que sus ideólogos estaban muy conscientes de su rol. Tanto Bacon como Descartes se percataban de los cambios metodológicos que estaban ocurriendo, y del curso inevitable que tomarían los acontecimientos. Se vieron a sí mismos indicando el camino, incluso posiblemente inclinando la balanza. Ambos fueron claros al decir que el aristotelismo ya había tenido su día-. El mismo título del trabajo de Bacon, *New Organon*, el nuevo instrumento, era un ataque a Aristóteles, cuya lógica había sido recogida durante la Edad Media bajo el título *Organon*. La lógica aristotélica, específicamente el silogismo, había sido el instrumento básico para aprehender la realidad, y fue esta situación la que instigó

el reclamo de Bacon y el Doctor Fausto: Bacon escribió que esta lógica "no se equipara con la sutileza de la naturaleza"; "adquiere consentimiento de la proposición, pero no capta la cosa". Por lo tanto, "es ocioso" dice, "esperar algún gran avance de la ciencia a partir de la superinducción o del injertar cosas nuevas sobre las antiguas. Tenemos que comenzar otra vez desde los fundamentos mismos, a menos que queramos estar para siempre dando círculos con un escaso e insignificante progreso². El escapar de esta circularidad involucraba, por lo menos desde el punto de vista de Bacon, un violento cambio de perspectiva, lo que conduciría desde el uso de palabras no corroboradas y de la razón hasta los datos concretos acumulados mediante la experimentación de la naturaleza. Sin embargo, Bacon mismo jamás realizó un solo experimento, y el método que proponía para asegurarse de la verdad —la compilación de tablas de datos y las generalizaciones a partir de ellas— ciertamente estaba mal definido. Como resultado, los historiadores, erróneamente, han llegado a la conclusión que la ciencia creció "en torno" a Bacon, no gracias a él³. A pesar de la concepción popular del método científico, la mayoría de los científicos saben que la investigación verdaderamente creativa a menudo comienza con especulaciones y vuelos de la fantasía muy alejados de la realidad, y que luego son sometidas a la doble prueba de la medición y el experimento. El Baconianismo puro —esperar que los resultados se desprendan de los datos por su propio peso— en la práctica jamás resulta. Sin embargo, esta imagen pesadamente empírica de Bacon, es de hecho un resultado del ataque violento que se hizo en el siglo xix a la especulación y del énfasis exagerado en la recolección de datos. En los siglos xvii y xviii, el Baconianismo era sinónimo de la identificación de la verdad con la utilidad, en particular con la utilidad industrial. Para Bacon, romper el círculo Aristotélico-Escolástico significó dar un paso en el mundo de las artes mecánicas, un paso que era literalmente incomprensible antes de la primera mitad del siglo xvi.

Bacon no deja dudas de que él considera que la tecnología es la fuente de una nueva epistemología⁴. El dice que la escolaridad, es decir el Escolasticismo, ha estado detenido durante siglos, mientras que la tecnología ha progresado y, por lo tanto, esta última ciertamente tiene algo que enseñarnos.

Las ciencias (escribe) están donde estaban y permanecen casi en la misma condición; sin recibir un incremento notable... Mientras que en las artes mecánicas, que están fundadas en la naturaleza y a la luz de la experiencia, vemos que ocurre lo contrario, porque ellas... están continuamente prosperando y creciendo, como si tuvieran en ellas un hálito de vida⁵.

La historia natural, como se entiende en el presente, dice Bacon, es meramente la compilación de copiosos datos: descripción de plantas, fósiles, y cosas por el estilo. ¿Por qué debiéramos darle valor a tal colección?

Una historia natural que está compuesta para sí misma y para su propio bien, no es como una que está coleccionada para darle al entendimiento la información para la construcción de una filosofía. Ellas difieren en muchos aspectos, pero especialmente en esto: el primero contiene únicamente la variedad de las especies naturales, y no contiene experimentos de las artes mecánicas. Porque incluso, como en los asuntos de la vida, la disposición de un hombre y los funcionamientos secretos de su mente y de sus afectos son mejor puestos al descubierto cuando él está en problema; asimismo los secretos de la naturaleza se revelan más rápidamente bajo los vejámenes del arte (por ejemplo, la artesanía, la tecnología) que cuando siguen su propio curso. Por lo tanto, se pueden tener grandes esperanzas en la filosofía natural, cuando la historia natural, que es su base fundamento, haya sido diseñada sobre un mejor plan; pero no hasta entonces⁶.

Este es realmente un pasaje notable, ya que sugiere por primera vez que el conocimiento de la naturaleza surge bajo condiciones artificiales. Vejar a la naturaleza, perturbarla, alterarla, cualquier cosa, pero no dejarla tranquila. Entonces, y sólo entonces, la conocerás. La elevación de la tecnología al nivel de la filosofía tiene su corporalización concreta en el concepto del experimento, una situación artificial en qué los secretos de la naturaleza, son extraídos bajo apremio.

No es que la tecnología hubiera sido algo nuevo en el siglo xvii el control del medio ambiente por medios mecánicos, en forma de molinos de viento y de arados, es casi tan antiguo como el homo sapiens mismo. Pero la elevación de este control a un nivel filosófico fue un paso sin precedentes en la historia del pensamiento humano. A pesar de la sofisticación extrema, por ejemplo, de la tecnología china de antes del siglo xv D.C., jamás se les había ocurrido a los chinos (o a los occidentales, en lo que respecta a esta materia) hacer equivalente la extracción de minerales o la fabricación de pólvora con el conocimiento puro, y menos aún con la clave para adquirir tal conocimiento⁷. Por lo tanto, la ciencia no creció "en torno" a Bacon, y su falta de experimentación es irrelevante. Los detalles de lo que constituye un experimento fueron descritos más tarde, en el transcurso del siglo xvii. El marco general de la experimentación científica, la noción tecnológica de cuestionar a la naturaleza bajo apremio, es el mayor legado de Bacon.

A pesar de qué tal vez le estemos atribuyendo demasiado a Bacon, existe siempre la oscura sugerencia de que la mente del experimentador, al adoptar esta nueva perspectiva, también estará bajo apremio. Del mismo modo como a la naturaleza no se le debe permitir seguir su propio curso, dice Bacon en el Prefacio de su obra, también es necesario que "desde el comienzo mismo, a la mente no se le permita seguir su propio curso, sino que sea guiada en cada paso de modo que el asunto sea concluido como si fuera hecho por una maquinaria". Para

conocer la naturaleza, trátala mecánicamente; pero para ello tu mente también tiene que portarse en forma igualmente mecánica.

Rene Descartes también tomó una posición en contra del Escolasticismo, y la verbosidad filosófica, y sentía que para una verdadera filosofía de la naturaleza sólo serviría la certeza. Su *Discourse*, escrito diecisiete años después del *New Organon*, es en parte una autobiografía intelectual. Su autor pone énfasis en el poco valor que tuvieron para él las enseñanzas de la antigüedad, y al nacerlo también implica que lo mismo debe haber ocurrido en el resto de Europa. Dice al respecto: "Tuve la mejor educación que Francia podía ofrecer (estudió en el Seminario Jesuita, la *Ecole de La Fleche*); sin embargo, no aprendí nada que pudiera llamar cierto. Por lo menos en lo que se refería a las opiniones que había estado recibiendo desde mi nacimiento, no podía hacer nada mejor que rechazarlas completamente, al menos una vez en mi vida..."⁸. Al igual que con Bacon, el objetivo de Descartes no es "injetar" o "superinducir", sino que comenzar de nuevo. ¡Pero cuan bastamente diferente es el punto de partida de Descartes! No sirve de nada recolectar datos o examinar la naturaleza directamente, dice Descartes; ya habrá tiempo para eso una vez que aprendamos a pensar correctamente. Sin tener un método de pensamiento claro que podamos aplicar, mecánica y rigurosamente, a cada fenómeno que deseemos estudiar, el examen que hagamos de la naturaleza necesariamente estará lleno de defectos y faltas. Entonces, dejemos enteramente fuera al mundo externo y quedémonos con la naturaleza misma del pensamiento correcto.

"Para comenzar", dice Descartes, "fue necesario descreer todo lo que pensé que conocía hasta este momento". Este acto no fue emprendido por su propio valor, o para servir a algún principio abstracto de rebelión, sino para proceder a partir de la percepción de que todas las ciencias estaban en ese momento en terreno muy movedizo. "Todos los principios básicos de la ciencia fueron tomados de la filosofía", escribe, "la que en sí misma no tenía ninguno verdadero. Dado que mi objetivo era la certeza, resolví considerar casi como falsa cualquier opinión que fuera meramente plausible". Así entonces, el punto de partida del método científico, en lo que a Descartes se refiere, fue un sano escepticismo. Ciertamente, la mente debería ser capaz de conocer el mundo, pero primero debe deshacerse de la credulidad y la carroña medieval con las que se había visto atiborrada. "Todo mi objetivo", señala él, "fue lograr una mayor certeza y rechazar la tierra y la arena suelta en favor de la roca y la arcilla".

El principio de la duda metódica sin embargo, llevó a Descartes a una conclusión muy deprimente: no había nada en absoluto de lo cual uno pudiera estar seguro. A mi entender, en sus *Meditaciones sobre la Primera Filosofía* (1641), reconoce que podría haber una disparidad total entre la razón y la realidad. Aun si yo asevero que Dios es bueno y no me está engañando cuando trato de igualar la razón con la realidad, ¿cómo sé que no hay un demonio

maligno correteando por ahí que me confunde? ¿Cómo sé yo que $2 + 2$ no son 5, y que este demonio no me engaña, cada vez que efectúo esta suma, llevándome a creer que los número suman 4? Pero incluso si este fuera el caso, concluye Descartes, hay una cosa que sí sé: sé que existo. Ya que incluso si estoy engañado, hay obviamente un "yo" que está siendo engañado. Y así, la certeza fundamental que subyace a todo: pienso, luego existo. Para Descartes, pensar era idéntico a existir.

Por supuesto que este postulado es sólo un comienzo. Quiero estar seguro no únicamente de mi propia existencia. Sin embargo, confrontado con el resto del conocimiento, Descartes encuentra necesario demostrar (lo que hace de manera muy poco convincente) la existencia de una Deidad benevolente. La existencia de tal Dios garantiza inmediatamente las proposiciones de las matemáticas, la única ciencia que se basa en la actividad mental pura. No puede haber engaño cuando sumó los ángulos de un triángulo; la bondad de Dios garantiza que mis operaciones puramente mentales serán correctas, o como dice Descartes, claras y distintas. Y extrapolando de esto, vemos que el conocimiento del mundo externo también tendrá certeza si las ideas son Claras y distintas, es decir, si se toma a la geometría como modelo (Descartes jamás llegó a definir, para satisfacción de algunos, los términos "claro" y "distinto"). La ciencia, dice Descartes, debe convertirse en una "matemática universal"; los números son la única prueba de la certidumbre.

La disparidad entre Descartes y Bacon parecería estar completa. Mientras que el último ve los fundamentos del conocimiento en los datos sensoriales, la experimentación y las artes mecánicas, Descartes ve sólo confusión en estos tópicos y encuentra claridad en las operaciones de la mente pura⁹. Así, el método que él propone para adquirir conocimiento se basa, nos dice, en la geometría. El primer paso es el enunciado del problema que, en su complejidad, será oscuro y confuso. El segundo paso es dividir el problema en sus unidades más simples, sus partes componentes. Dado que uno puede percibir directa e inmediatamente lo que es claro y distinto en estas unidades más simples, uno puede finalmente rearmar la estructura total de una manera lógica. Ahora el problema, aun cuando pueda ser complejo, ya no nos es desconocido (oscuro y confuso), porque primero nosotros mismos lo hemos dividido y luego vuelto a armar otra vez. Descartes se impresionó tanto con este descubrimiento que lo consideró la clave, incluso la única clave, para el conocimiento del mundo. "Aquellas largas cadenas de raciocinio", escribe, "tan simples y fáciles, que permitieron a los geómetras llegar a las demostraciones más difíciles, me han hecho preguntarme si acaso todas las cosas conocibles para el hombre podrían caer en una secuencia lógica similar"¹⁰.

Aunque la identificación que hace Bacon del conocimiento con la utilidad industrial y su apego al concepto del experimento basado en la tecnología subyace, con toda certeza, a gran parte de nuestro pensamiento científico actual,

las implicaciones que se desprenden del corpus cartesiano tuvieron un impacto abrumador en la historia subsiguiente de la conciencia occidental y (a pesar de las diferencias con Bacon) sirvieron para confirmar el paradigma tecnológico — incluso ayudaron a lanzarlo por su senda. La actividad del hombre como un ser pensante— y esa es su esencia, de acuerdo con Descartes —es puramente mecánica. La mente está en posesión de cierto método.

Confronta el mundo como un objeto separado. Aplica este método al objeto, una y otra vez, y eventualmente conocerá todo lo que hay por conocer. Más aún, el método también es mecánico. El problema se divide en sus componentes, y el simple acto de la cognición (la percepción directa) tiene la misma relación con el conocimiento de todo el problema que, digamos, una pulgada tiene para un pie: uno mide (percibe) un número de veces, y luego suma los resultados. Subdivide, mide, combina; subdivide, mide y combina.

Este método podría llamarse adecuadamente "atomístico", en el sentido que el conocer consiste en subdividir una cosa en sus componentes más pequeños. La esencia del atomismo, sea éste material o filosófico, es que una cosa consiste de la suma de sus partes, ni más ni menos. Y ciertamente, el mayor legado de Descartes fue la filosofía mecánica, que se desprende directamente de este método. En sus Principios de filosofía (1644) mostró que la conexión lógica de las ideas claras y distintas conducían a la noción de que el universo era una enorme máquina, a la que Dios le había dado cuerda para moverse indefinidamente, y que consistía en dos entidades básicas: materia y movimiento. El espíritu, en la forma de Dios, permanece en la periferia de este universo de bolas de billar, pero no juega directamente en él. Eventualmente, todos los fenómenos no materiales tienen una base material. La acción de los imanes que se atraen a la distancia, puede parecer no material, dice Descartes, pero la aplicación del método puede, y eventualmente lo hará, conducir al descubrimiento de una base particulada en su comportamiento.

Lo que realmente hace Descartes es proveer al paradigma tecnológico de Bacon de una fuerte dentadura filosófica. La filosofía mecánica, el uso de las matemáticas y la aplicación formal de su método de cuatro pasos permiten que la manipulación del ambiente ocurra con algún tipo de regularidad lógica.

La identificación de la existencia humana con el raciocinio puro, la idea de que el hombre puede saber todo lo que le es dado saber por vía de su razón, incluyó para Descartes la suposición de que la mente y el cuerpo, sujeto y objeto, eran entidades radicalmente dispares. Al parecer, el pensar me separa del mundo que yo enfrento. Yo percibo mi cuerpo y sus funciones, pero "yo" no soy mi cuerpo. Puedo aprender acerca de la conducta (mecánica) de mi cuerpo aplicando el método cartesiano —y Descartes hace precisamente esto en su tratado Sobre el Hombre (1662) — pero siempre permanece como el objeto de mi percepción. Así entonces, Descartes visualizó la operación del cuerpo humano mediante una

analogía con una fuente de agua, con una acción mecánica refleja que es el modelo de gran parte, si no de toda, la conducta humana. La mente, *res cogitans* ("sustancia pensante"), está en una categoría completamente diferente del cuerpo, *res extensa* ("sustancia extendida"), pero sí que tienen una interacción mecánica que podemos diagramar como en la Figura 3, abajo. Si la mano toca una llama, las partículas del fuego atacan al dedo, tirando de un hilo en el nervio tubular que libera los "espíritus animales" (concebidos como corpúsculos mecánicos) en el cerebro. Estos a su vez corren por el tubo y tiran de los músculos de la mano¹¹.

Existe, a mi parecer, una tenebrosa semejanza entre este diagrama y el "sistema del falso sí mismo" de Laing que aparece en la Introducción (ver Figura 2). Los esquizofrénicos típicamente consideran a sus cuerpos como "otro", como un "no yo". También, en el diagrama de Descartes, el cerebro (su interior mismo) es el observador separado de las partes del cuerpo; la interacción es mecánica, como si uno se viera a sí mismo comportándose como un robot, una percepción que es fácilmente aplicable al resto del mundo. Para Descartes, esta escisión mente-cuerpo era verdadera en toda percepción y conducta: en el acto de pensar uno se percibe a sí mismo como una entidad separada "aquí adentro" confrontando cosas "allá afuera". Esta dualidad esquizoide yace en el corazón del paradigma cartesiano.

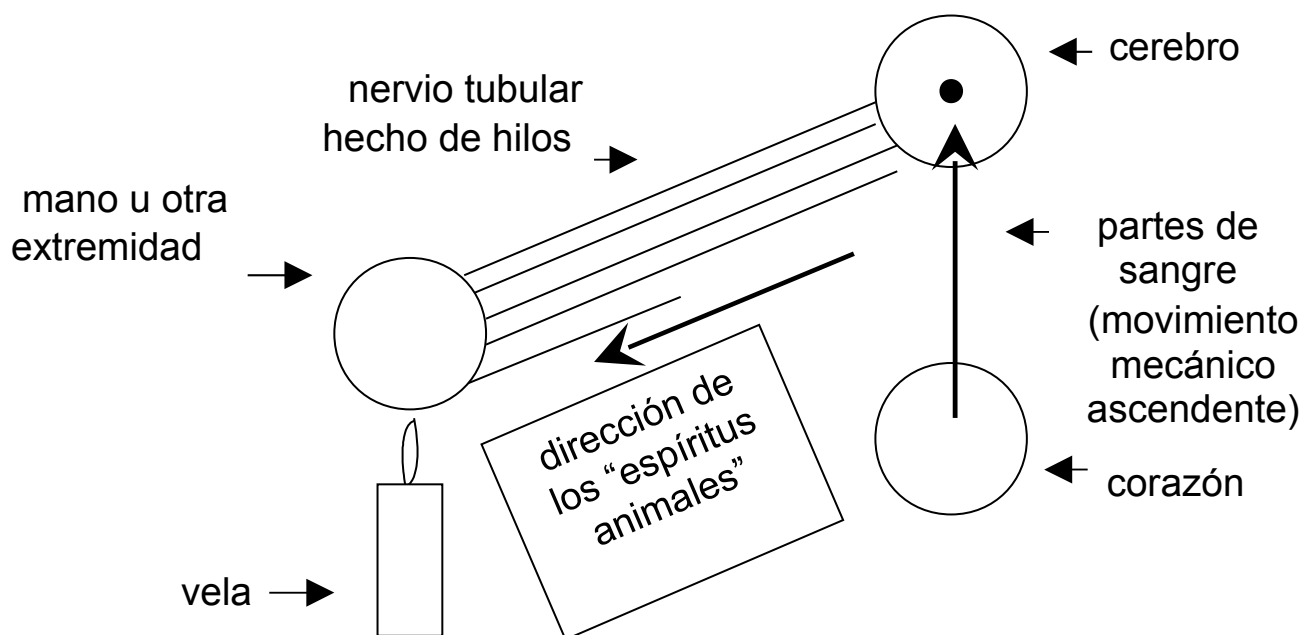


Figura 3. La concepción de Descartes de la interacción mente-cuerpo.

El énfasis que hace Descartes sobre las ideas claras y distintas, y el basar su conocimiento en la geometría, también sirvió para reafirmar, si no realmente para canonizar, el principio aristotélico de no-contradicción. De acuerdo con este principio, una cosa no puede ser y no ser al mismo tiempo. Cuando golpeo la tecla "A" en mi máquina de escribir, obtengo una "A" en el papel (suponiendo que la máquina está funcionando bien), no una "B". La taza de café que está a mi derecha podría ponerse en una balanza y veríamos que pesa, digamos, 143 gramos, y este hecho significa que el objeto no pesa cinco kilos ni dos gramos. Dado que el paradigma cartesiano no reconoce autocontradicciones en la lógica, y ya que la lógica (o geometría), de acuerdo con Descartes, es la forma en que se comporta la naturaleza y se nos da a conocer, el paradigma no permite auto-contradicciones en la naturaleza.

Los problemas que presenta el punto de vista de Descartes son tal vez obvios, pero por ahora bastará con hacer notar que la vida real opera dialécticamente, no críticamente¹². Amamos y odiamos la misma cosa simultáneamente, tememos lo que más necesitamos reconocemos la ambivalencia como la norma más que como una aberración. La devoción que Descartes profesaba a la razón crítica lo llevó a identificar los sueños, que son afirmaciones profundamente dialécticas, como el modelo del conocimiento no confiable. Los sueños, nos dice en las Meditaciones sobre la Primera filosofía, no son claros ni distintos, sino invariablemente oscuros y confusos. Están llenos de frecuentes auto-contradicciones, y no poseen (desde el punto de vista de la razón crítica) una coherencia externa ni interna. Por ejemplo, puedo soñar que cierta persona que conozco es mi padre, o incluso que yo soy mi padre, y que estoy discutiendo con él. Pero este sueño es (desde el punto de vista cartesiano) internamente incoherente, porque simplemente no soy mi padre, ni él puede ser él mismo y a la vez alguien más; y es externamente incoherente, porque al despertar, no importa lo real que todo parezca por un momento, pronto me doy cuenta que mi padre está a tres mil millas de distancia y que la supuesta confrontación jamás sé llevó a cabo. Para Descartes, los sueños no son de naturaleza material, no pueden medirse, y no son datos ni distintos. Por lo tanto, dados los criterios de Descartes, ellos no contienen ninguna información confiable.

Resumiendo entonces, el racionalismo y el empirismo, los dos polos del conocimiento tan fuertemente representados por Descartes y Bacon respectivamente, pueden considerarse complementarios en lugar de irrevocablemente conflictivos. Descartes, por ejemplo, Apenas si se oponía al experimento cuando éste servía para discernir entre hipótesis rivales —un rol que

mantiene hasta hoy en día. Y como he argumentado, su enfoque atomístico y su énfasis en la realidad material y su medición, fácilmente se prestaron al tipo de conocimiento y poder económico que Bacon visualizaba como factible para Inglaterra y Europa Occidental. De todas formas, esta síntesis de la razón y del empirismo carecía de una expresión concreta, una demostración clara de cómo podría funcionar en la práctica esta nueva metodología; el trabajo científico de Galileo y Newton suministró precisamente ésta demostración. Estos hombres estaban ocupados no solamente del problema de la exposición metodológica (aunque ciertamente cada uno de ellos hizo sus propias contribuciones a ese tópico), sino que anhelaban ilustrar exactamente cómo podría la nueva metodología analizar los eventos más simples: la piedra que cae sobre la tierra, el rayo de luz que atraviesa un prisma. Fue mediante tales ejemplos específicos que los sueños de Bacon y Descartes se tradujeron a una realidad operante.

Galileo, en sus esmerados estudios sobre el movimiento llevados a cabo veinte años antes de la publicación del *New Organon*, ya había explicitado aquello que Bacon únicamente sugería como una construcción artificial en sus generalizaciones acerca del método experimental¹³. Los planos sin roce, las rondanas sin masa, la caída libre sin resistencia del aire, todos estos "tipos ideales", que forman los conjuntos básicos de problemas de física de los primeros años de universidad, son el legado de ese genio italiano, Galileo Galilei. Se le recuerda popularmente por un experimento que jamás realizó —lanzar pesas desde la Torre Inclinada de Pisa— pero de hecho realizó un experimento mucho más ingenioso en cuerpos sometidos a caída libre, un experimento que ejemplifica muchos de los temas mayores de la búsqueda científica moderna. La creencia de que los objetos grandes o densos debieran llegar a la tierra antes que los más livianos es una consecuencia directa de la física teleológica de Aristóteles, que era ampliamente aceptada durante la Edad Media. Si las cosas caen a la tierra porque buscan su "lugar natural", el centro de la tierra, podemos ver por qué acelerarían a medida que se acercan a ella. Están excitados, vienen de vuelta a casa, y como todos nosotros, se apuran al llegar al último tramo del viaje. Los objetos pesados caen a una determinada distancia en un tiempo más corto que los livianos porque hay más materia para excitarse, y así adquieren una velocidad mayor y llegan a la tierra antes. El argumento de Galileo, el que un objeto muy grande y uno muy pequeño deberían caer en el mismo intervalo de tiempo, se basaba en una suposición que no podía ser probada ni invalidada: el que los cuerpos que caen son inanimados y por lo tanto no tienen metas ni objetivos. Según el esquema de pensamiento de Galileo, no hay ningún "lugar natural" en el universo. Hay sólo materia y movimiento-, y es lo único que podemos observar y medir. Entonces, el tópico adecuado para la investigación de la naturaleza no es el por qué cae un objeto —no hay un por qué— sino un cómo; en este caso, qué distancia en cuánto tiempo.

Aunque las suposiciones de Galileo nos puedan parecer bastantes obvias, debemos recordar cuan radicalmente violaban no sólo las suposiciones del sentido común del siglo xvi, sino también las observaciones basadas en el sentido común en general. Si miro a mí alrededor y veo que estoy plantado en el suelo y que los objetos liberados en el aire caen hacia él ¿no es acaso perfectamente razonable considerar "abajo" como su movimiento natural, es decir, inherente? El psicólogo suizo Jean Piaget descubrió, en sus estudios acerca de la cognición infantil, que hasta la edad de siete años, los niños son naturalmente aristotélicos¹⁴. Cuando se les preguntaba por qué caen los objetos al suelo, los sujetos de Piaget contestaban "porque es ahí donde pertenecen" (o alguna variante de esta idea). Tal vez, la mayoría de los adultos también son emocionalmente aristotélicos. La proposición de Aristóteles de que no hay movimiento sin un movedor, por ejemplo, parece instintivamente correcta; y la mayoría de los adultos, cuando se les pide que reaccionen inmediatamente a esta noción, responderán afirmativamente. Galileo refutó esa suposición haciendo rodar una bola por dos planos inclinados, yuxtapuestos, como se ve en la Figura 4.

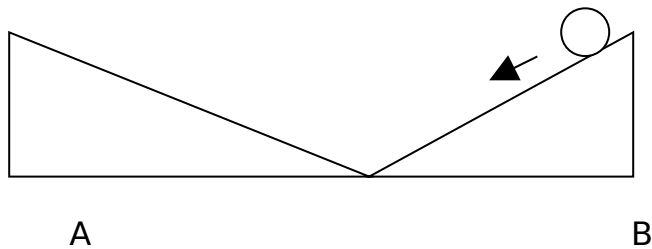


Figura 4. Experimento de Galileo para demostrar que un movimiento no requiere de un movedor.

La bola baja por el plano B y luego sube por el plano A, pero no alcanza la misma altura desde la que comenzó. Luego, rueda hacia abajo por A y hacia arriba por B, perdiendo nuevamente altura, atrás y adelante, atrás y adelante, hasta que finalmente la bola se sitúa en el "valle" y deja de moverse. Si pulimos los planos, haciéndolos cada vez más suaves, la bola se mantendría en movimiento por un tiempo mayor. En el caso límite, en que la fricción = 0, el movimiento seguiría para siempre: por ende, existiría movimiento sin un movedor. Pero hay un problema con el argumento de Galileo: no existe el caso límite. No hay planos sin fricción. La ley de la inercia puede estipular que un cuerpo continúa en movimiento o en estado de inmovilidad a menos que una fuerza actúe sobre él, pero de hecho, en el caso del movimiento, siempre hay una fuerza externa, aun cuando no sea más que la fricción entre el objeto y la superficie sobre la que se mueve¹⁵.

El experimento que Galileo diseñó para medir la distancia en función del tiempo fue una obra maestra de la abstracción científica. El dejar caer pesas desde la Torre Inclinada, pensó Galileo, era completamente inútil. Simón Stevin,

físico holandés, ya había ensayado los experimentos de caída libre en 1586 para aprender sólo que la velocidad adquirida por los cuerpos era demasiado grande como para ser medida. Por lo tanto, dijo Galileo, "diluiré" la gravedad dejando rodar una bola por un plano inclinado, haciéndolo lo más suave posible para medir la fricción. Si tuviéramos que hacer que la inclinación fuera mayor aumentando el ángulo α , como en la Figura 5, llegaría un momento en que alcanzaríamos la

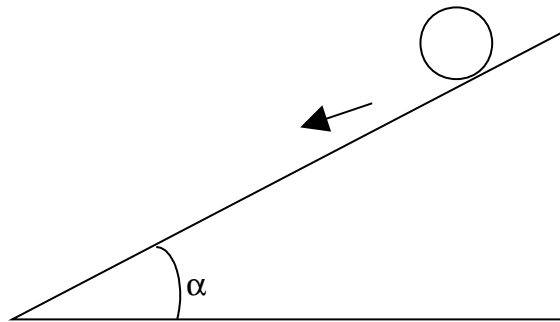


Figura 5. EL experimento de Galileo para deducir la ley de caída libre.

situación de caída libre que buscamos explorar en el caso límite, en el que $\alpha = 90$ grados. Entonces, tomemos un ángulo menor, digamos $\alpha = 10$ grados, y dejemos que sirva como una aproximación. Inicialmente Galileo utilizó su propio pulso como medida de tiempo, y más tarde un balde con agua al que se había hecho un orificio que permitía que el agua cayera a intervalos regulares. Al hacer una serie de ensayos, finalmente pudo conseguir una relación numérica: vio que la distancia es proporcional al cuadrado del tiempo. En otras palabras, si un objeto —cualquier objeto, pesado o liviano— cae una unidad de distancia en un segundo, caerá a una distancia cuatro veces mayor en dos segundos, y nueve veces mayor en tres segundos, y así sucesivamente. Utilizando la terminología moderna se diría que, $s = kt^2$, siendo s la distancia, t el tiempo y k una constante.

Los dos experimentos de Galileo en que utiliza planos inclinados ilustran la ingeniosísima combinación de racionalismo y empirismo que fueron su característica. Consulte los datos, pero no permita que lo confundan. Sepárese de la naturaleza de modo que, como más tarde Descartes insistiría, pueda dividirla en sus partes más sencillas y extraer su esencia, materia, movimiento, medición. En términos generales, la contribución de Galileo no fue enteramente nueva en la historia humana, como veremos en el Capítulo 3; pero sí representó el estado final en el desarrollo de la conciencia no participativa, ese estado mental en que uno conoce los fenómenos precisamente en el acto de distanciarse de ellos. La noción de que la naturaleza está viva es claramente un obstáculo en esta modalidad de entendimiento. Porque cuando consideramos los objetos materiales como extensiones de nosotros mismos (vivos, provistos de un objetivo) y

permitimos que los detalles sensoriales de la naturaleza nos distraigan, nos tornamos impotentes para controlarla y por lo tanto, desde el punto de vista de Galileo, jamás podremos llegar a conocerla. La nueva ciencia nos invita a dar un paso fuera de la naturaleza para materializarla, reducirla a unidades cartesianas medibles. Únicamente entonces podremos llegar a tener un conocimiento definitivo de ella. Como resultado —y Galileo no estaba para nada interesado en la balística ni en la ciencia de los materiales— podremos supuestamente manipularla en nuestro beneficio.

Era claro que la identificación de la verdad con la utilidad estaba estrechamente unida al programa galileico de la conciencia no participativa y al cambio del "por qué" al "cómo". A diferencia de Bacon, Galileo no explícito esta identificación, pero una vez que los procesos naturales son despojados de sus objetivos inmanentes, realmente no les queda nada a los objetos excepto su valor para algo, a alguien. Max Weber denominaba esta actitud mental *zweckrational*, es decir, intencionalmente racional o instrumentalmente racional. Incluido dentro del programa científico está el concepto de la manipulación como piedra de tope de la verdad. El conocer algo es controlarlo, un modo de cognición que llevó a Oskar Kokoschka a observar que ya en el siglo xx, la razón había sido reducida a una mera función¹⁶. En efecto, esta identificación hace que todas las cosas se presenten como sin significado, excepto en la medida que sean beneficiosas o sirvan para un objetivo y yace en el centro de la "distinción dato-valor", analizada brevemente en la Introducción. La síntesis medieval tomista (Cristiano-Aristotélica), que veía al bien y a la verdad como idénticas, fue irrevocablemente desmantelada en las primeras décadas del siglo xvii.

Desde luego, Galileo no consideró su método como meramente útil, o heurísticamente valioso, sino que peculiarmente verdadero, y fue esta posición epistemológica la que creó el pandemio dentro de la iglesia. Para Galileo, la ciencia no era una herramienta, sino que el único camino hacia la verdad. Intentó mantener sus afirmaciones alejadas de aquellas de la religión, pero fracasó: el compromiso histórico de la iglesia con el aristotelismo demostró ser demasiado grande. Galileo, como buen católico, estaba comprensiblemente preocupado de que la iglesia, al insistir en su infalibilidad, inevitablemente se daría a sí misma un severo golpe. De hecho, la vida de Galileo es la historia de esta prolongada lucha y del fracaso de llevar a la iglesia a la causa de la ciencia; y en su drama Galileo, Bertold Brecht hace del tema de la irresistibilidad del método científico el centro de la historia. Hace que Galileo deambule a lo largo del drama llevando consigo una piedrecilla, que ocasionalmente deja caer para ilustrar la fuerza de la evidencia sensorial. "Si alguien dejara caer una piedra", le pregunta a su amigo Sagredo, "y dijera (a la gente) que no cayó, ¿crees tú que se quedarían callados? La evidencia de tus propios ojos resulta algo muy seductor. Tarde o temprano todo el mundo sucumbirá a ella". ¿Y cuál es la respuesta de Sagredo? "Galileo, cuando tú hablas quedo completamente indefenso"¹⁷. La lógica de la ciencia también tenía una lógica histórica. A su debido tiempo todas las metodologías

alternativas —el animismo, el aristotelismo, o el argumento del mandato papal— sucumbieron ante la seducción de la búsqueda racional libre.

Las vidas de Newton y Galileo se extienden a lo largo de todo el siglo xvii, ya que el primero nació el mismo año que murió el último, 1642, y ambos abrazan una revolución en la conciencia humana. Ya en la época de la muerte de Newton en 1727, el europeo culto tenía una concepción del cosmos y de la naturaleza del "buen pensar" completamente distinta de su contrapartida de un siglo antes. Ahora consideraba que la tierra giraba alrededor del sol, y no lo opuesto¹⁸; creía que todos los fenómenos estaban constituidos por átomos o corpúsculos en movimiento y susceptibles a una descripción matemática; y veía el sistema solar como una gran máquina, sujeta por las fuerzas de la gravedad. Tenía una noción precisa del experimento (o al menos así lo decía), y una nueva noción de lo que constituía una evidencia aceptable y una explicación adecuada. Vivía en un mundo predecible, comprensible y sin embargo (en su propia mente) muy excitante, ya que en términos de control material, el mundo estaba comenzando a exhibir un horizonte infinito de interminables oportunidades.

Más que ningún otro individuo, Sir Isaac Newton está asociado con la visión científica del mundo de la Europa moderna. Al igual que Galileo, Newton combinó el racionalismo y el empirismo en un nuevo método; pero a diferencia de Galileo fue aclamado como un héroe por toda Europa, en lugar de tener que retractarse de sus puntos de vista y pasar su madurez bajo arresto domiciliario. Más importante aún, la combinación metodológica de razón y empirismo se convirtieron, en las manos de Newton, en una filosofía completa de la naturaleza, la cual (a diferencia de Galileo) tuvo gran éxito al conseguir dejarla en la conciencia occidental en toda su amplitud. Lo que ocurrió en el siglo xviii, el siglo Newtoniano, fue la solución al problema del movimiento de los planetas, un problema que según la creencia común, ni siquiera los griegos habían podido resolver (nótese, eso sí, que los griegos tenían una opinión más positiva de sus propios logros). Bacon se había mofado de la sabiduría antigua, pero no hablaba en nombre de la mayoría de los europeos. El intenso resurgimiento de la sabiduría clásica en el siglo xvi, por ejemplo, reflejaba la creencia de que a pesar de los enormes problemas que tenía el modelo cosmológico griego, su época fue y seguiría siendo la verdadera Edad de Oro de la humanidad. La descripción matemática precisa de Newton de un sistema solar heliocéntrico cambiaba todo aquello, ya que no sólo sumaba a todo el universo en cuatro simples fórmulas algebraicas, sino que también daba cuenta de fenómenos hasta ahora inexplicados, hacía algunas predicciones precisas, clarificaba la relación entre teoría y experimento, e incluso aclaraba el rol que tendría Dios en el sistema total. El sistema de Newton era esencialmente atomístico: estando la tierra y el sol compuestos de átomos, éstos se comportaban del mismo modo que cualquier otro par de átomos, y viceversa. Por lo tanto, los objetos más pequeños y los más grandes del universo eran vistos como obedeciendo las mismas leyes. La relación

de la luna con la tierra era la misma que aquélla de una manzana en caída libre. El misterio de casi dos mil años había terminado: uno podía estar seguro que los cielos que vemos en una noche estrellada no contienen más secretos que el de unos pocos granitos de arena escurriéndose a través de nuestros dedos.

La obra más popular de Newton, conocida también como el Principia, y que a la vez es su obra máxima, fue deliberadamente titulada por éste como Los Principios Matemáticos de la Filosofía Natural (1686)¹⁹, donde los dos adjetivos sirven para enfatizar su rechazo a Descartes, cuyo Principios de Filosofía él consideraba como una colección de hipótesis no probadas. Paso a paso, él analizó las proposiciones de Descartes acerca del mundo natural y demostró su falsedad. Por ejemplo, Descartes consideraba que la materia del universo circulaba en torbellinos o vórtices. Newton fue capaz de mostrar que esta teoría contradecía el trabajo de Kepler, el cual parecía ser bastante confiable; y que si uno experimentaba con modelos de vórtices haciendo girar recipientes con fluidos (agua, aceite o brea), los contenidos eventualmente se detendrían dejando de girar, indicando con esto que, según la hipótesis de Descartes, el universo habría llegado a detenerse desde hacía mucho tiempo. A pesar de sus ataques en contra de los puntos de vista de Descartes, está claro, según investigaciones recientes, que Newton fue un cartesiano hasta la publicación del Principia; y cuando uno lee esa obra, llama la atención un hecho atemorizante: Newton consiguió que la visión cartesiana del mundo fuera sostenible falseando todos sus detalles. En otras palabras, a pesar de que los datos de Descartes eran equívocos y que sus teorías eran insostenibles, el punto de vista central cartesiano —que el mundo es una vasta máquina de materia y movimiento que obedece a leyes matemáticas— fue plenamente validado por el trabajo de Newton. A pesar de todo el brillo de Newton, el verdadero héroe (algunos dirían ánima) de la Revolución Científica, fue Rene Descartes.

Pero Newton no consiguió su triunfo tan fácilmente. Su visión completa del cosmos dependía de la ley sobre la gravitación universal, o de la gravedad, e incluso, cuando ya existía una formulación matemática exacta, nadie sabía realmente en qué consiste esta atracción. Los pensadores cartesianos indicaban que su mentor se había restringido sabiamente al movimiento por impacto directo, y había descartado lo que los científicos más tarde llamarían acción a distancia. Newton, argüían, no había explicado la gravedad, sino que meramente había establecido sus efectos, y por lo tanto quedaba, en su propio sistema como una cualidad oculta. ¿Dónde está esta "gravedad" por la cual él hace tanta algarabía? No puede ni ser vista, escuchada, sentida u olida. Es, en breve, una ficción como lo son los torbellinos de Descartes.

Newton agonizaba privadamente sobre estos juicios. Sentía que sus críticos estaban en lo correcto. Ya en 1692 ó 1693 le escribió a su amigo el Reverendo Richard Bentley la siguiente admisión:

El que la gravedad debiera ser innata, inherente y esencial a la materia, de modo que un cuerpo pueda actuar sobre otro a la distancia a través de un vacío, sin la mediación de ninguna otra cosa; que por y a través de él, la acción y fuerza de estos cuerpos pueda ser transmitida de uno a otro, es para mí un absurdo tan grande que no creo que ningún hombre que tenga cierta facultad de competencia en materias filosóficas del pensamiento pueda jamás caer en ello. La gravedad debe ser ocasionada por un agente que está actuando constantemente de acuerdo a ciertas leyes, pero el que este agente sea material o inmaterial lo he dejado a consideración de mis lectores²⁰.

Públicamente, sin embargo, Newton adoptó una postura que establecía, de una vez por todas, la relación filosófica entre la apariencia y la realidad, la hipótesis y el experimento. En una sección del Principia titulada "Dios y la Filosofía Natural", escribió:

Hasta aquí hemos explicado los fenómenos de los cielos y de nuestro mar por el poder de la gravedad, pero aún no le hemos asignado la causa a este poder. Esto es cierto, que debe proceder de una causa que penetra hasta los mismos centros del sol y los planetas... Pero hasta aquí no he sido capaz de descubrir la causa de estas propiedades de la gravedad a partir de los fenómenos y no estoy planteando ninguna hipótesis; porque aquello que no se deduce de los fenómenos debe llamarse una hipótesis, y las hipótesis, sean éstas metafísicas o físicas, de cualidades ocultas o mecánicas, no tienen cabida en la filosofía experimental²¹.

Newton estaba haciendo eco del tema central de la Revolución Científica: nuestro objetivo es el cómo, no el por qué. El que no pueda explicar la gravedad es irrelevante. La puedo medir, observar, hacer predicciones que se basen en ella, y esto es todo lo que un científico tiene que hacer. Si un fenómeno no se puede medir, puede "no tener cabida en la filosofía experimental". Esta postura filosófica, que en sus distintas formas es llamada "positivismo", ha sido la fachada pública de la ciencia moderna hasta nuestros días²².

El segundo aspecto más importante del trabajo de Newton fue muy bien delineado en su Opticks (1704), donde fue capaz de unir el atomismo filosófico a la definición del experimento, que había llegado a ser claro y definitivo en las mentes de los científicos durante el transcurso del siglo anterior. Como resultado, las investigaciones de Newton sobre la luz y el color se convirtieron en el modelo del análisis correcto de los fenómenos naturales. La pregunta, era, ¿la luz es simple o compleja? Descartes, por su parte, la había considerado como-simple, y veía los colores como el resultado de algún tipo de modificación de la luz. Newton creía que la luz blanca estaba de hecho compuesta de colores que de alguna manera se neutralizaban al combinarse para producir el efecto del blanco. ¿Cómo decidir entre ambas posiciones?

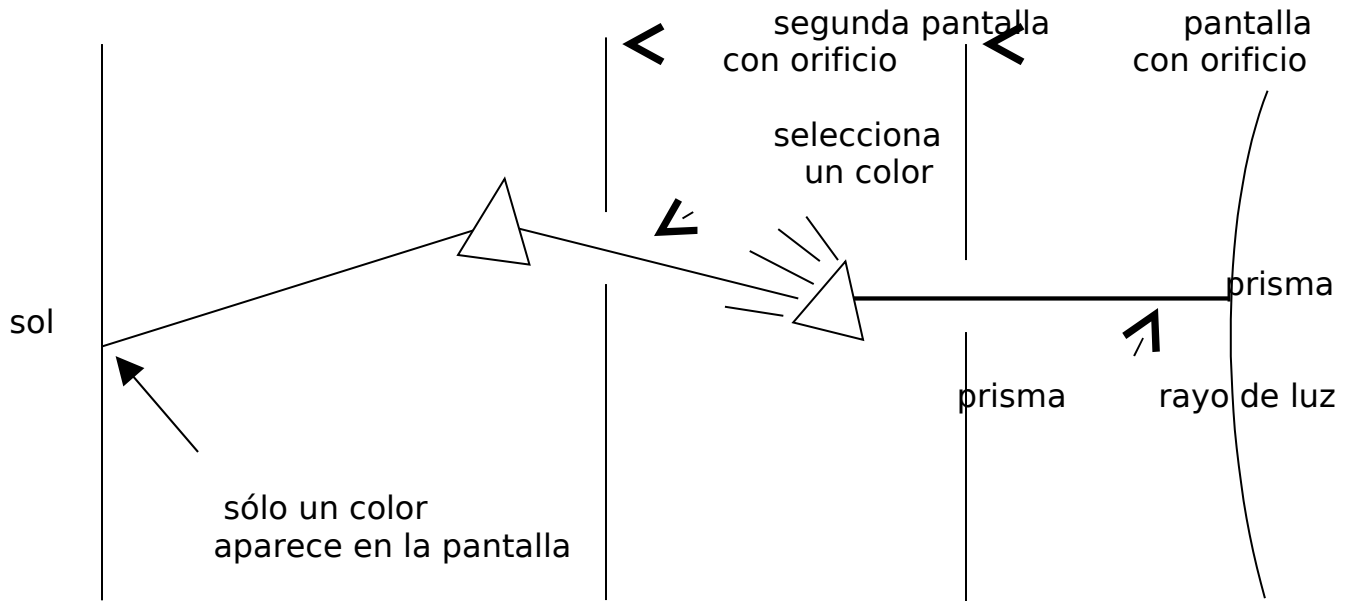
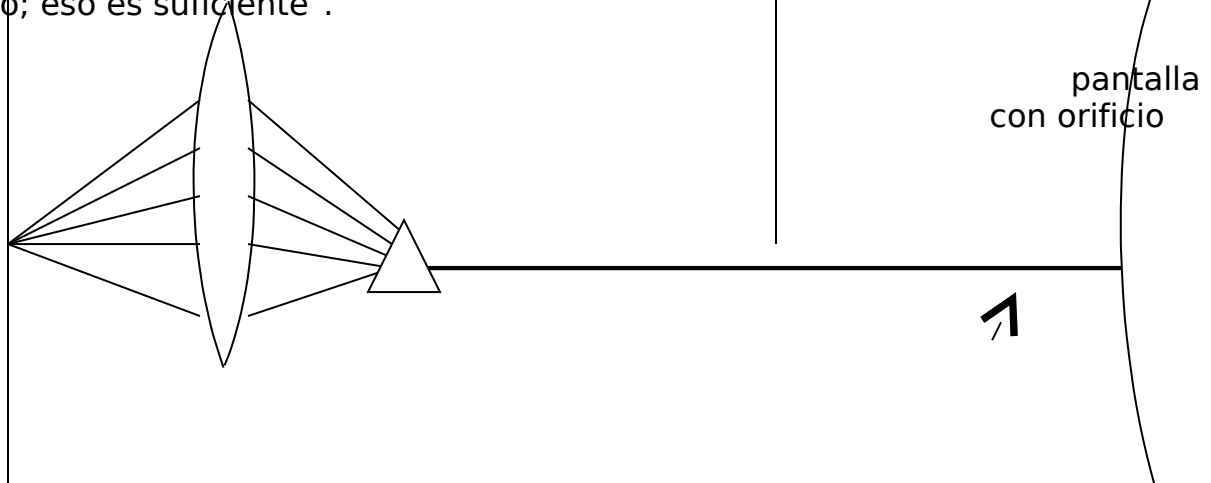


Figura 6. La subdivisión de Newton de la luz blanca en rayos monocromáticos.

En el experimento ilustrado en la Figura 6, Newton tomó un haz de luz blanca, lo descompuso en sus partes con un prisma, seleccionó una de las partes, y mostró que no podía descomponerse más. Hizo esto con cada color, demostrando que la luz monocromática no podía ser subdividida. Luego, Newton hizo el experimento en la dirección opuesta: dividió el rayo de luz blanca en sus partes para después recombinarlas haciéndolas pasar por un lente convexo (ver Figura 7). El resultado fue luz blanca. Este enfoque atomístico, que sigue exactamente el método de cuatro etapas de Descartes, establece su tesis más allá de duda. Pero, al igual que en el caso de la gravedad, los cartesianos se pusieron a debatir con Newton. ¿Dónde, preguntaron, está su teoría de la luz y del color, dónde está su explicación de esta conducta? Y como en el caso anterior, Newton se retrajo tras la cortina de humo del positivismo. El respondió: "Estoy buscando leyes, o hechos ópticos, no hipótesis. Si ustedes me preguntan qué es el "rojo", yo sólo les puedo decir que es un número, un cierto grado de refractibilidad, y lo mismo es cierto para cada uno de los demás colores. Lo he medido; eso es suficiente".



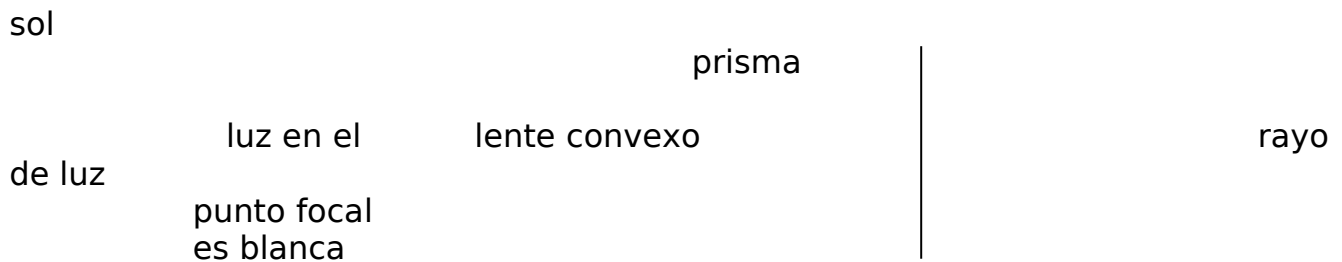


Figura 7. La recombinación de Newton de los rayos de luz monocromáticos en luz blanca.

Desde luego que en este caso también Newton lidió con las posibles explicaciones para la conducta de la luz, pero la combinación del atomismo (filosófico), del positivismo y del método experimental —en síntesis, la definición de la realidad— aún está hoy en día en gran medida con nosotros. El conocer algo es subdividirlo, cuantificarlo, y recombinarlo; es preguntarse "cómo" y jamás enredarse en la complicada maraña del "por qué". Conocer algo es, sobre todo, distanciarse de ello, como lo indicara Galileo; convertirlo en una abstracción. El poeta puede tornarse desmedidamente efusivo acerca de un haz rojo que cruza el cielo a medida que el sol se va poniendo, pero el científico no es engañado tan fácilmente: él sabe que sus emociones no le pueden enseñar nada substancial. El haz rojo es un número, y ésa es la esencia del asunto.

Para resumir nuestra discusión sobre la Revolución Científica, es necesario hacer notar que en el curso del siglo xvii la Europa Occidental (produjo con esfuerzo una nueva forma de percibir la realidad. El cambio más importante fue la modificación de la calidad por la cantidad, el paso del "por qué" al "cómo". El universo, antes visto como algo vivo, poseyendo sus propias metas y objetivos, ahora es visto como una colección de materia inerte que se mueve rápidamente sin fin ni significado, como así lo dijera Alfred North Whitehead²³. Lo que constituye una explicación aceptable ha sido, por lo tanto, radicalmente alterado. La prueba concluyente del valor de la existencia es la cuantificabilidad y no hay más realidades básicas en un objeto que las partes en las cuales éste pueda ser descompuesto. Finalmente, el atomismo, la cuantificabilidad y el acto deliberado de visualizar la naturaleza como una abstracción desde la cual uno se puede distanciar —todo abre la posibilidad que Bacon proclamara como la verdadera meta de la ciencia: el control. El paradigma cartesiano o tecnológico es, como se estableció, anteriormente, la igualdad de la verdad con la utilidad, con la manipulación del ambiente hecha con un objetivo. La visión holística del hombre como una parte de la naturaleza, sintiéndose en su hogar al estar en el cosmos, no es más que una trampa romántica. No al holismo, sí a la dominación de la naturaleza; no al ritmo eterno de la ecología, sí al manejo consciente del mundo; no (para llevar el proceso a su punto final lógico) "a la magia de la personalidad,

sí al fetichismo de las comodidades"24. En el pensamiento de los siglos xviii y xix, el hombre (o la mujer) medieval había sido un espectador pasivo del mundo físico. Las nuevas herramientas mentales del siglo xvii hicieron posible que todo esto cambiara. Ahora estaba dentro de nuestras posibilidades el tener el cielo en la tierra; y el hecho de que fuera un cielo material apenas lo hizo menos valioso.

Sin embargo, fue la Revolución Industrial la que hizo que la Revolución Científica fuera reconocida en su verdadera magnitud. El sueño de Bacon de una sociedad tecnológica no se llevó a cabo en el siglo xvii ni en el xviii, a pesar de que las cosas estaban empezando a cambiar ya por el año 1760. Las ideas, como ya hemos dicho, no existen en el vacío. La gente podía considerar el punto de vista mecánico del mundo como la Verdadera filosofía sin sentirse obligado a transformar el mundo de acuerdo a sus dictámenes. La relación entre la ciencia y la tecnología es muy complicada y es de hecho en el siglo xx que el impacto pleno del paradigma cartesiano se ha dejado sentir con mayor intensidad. Para captar el significado de la Revolución Científica en la historia de Occidente debemos considerar el medio social y económico que sirviera para sustentar este nuevo modo de pensar. El sociólogo Peter Berger estaba en la razón cuando dijo que las ideas "no tienen éxito en la historia en virtud de su verdad, sino que en virtud de sus relaciones con procesos sociales específicos"25. Las ideas científicas no son la excepción.

La conciencia y la sociedad a comienzos de la Europa moderna

De donde pueden surgir muchas excelentes ventajas, hacia el aumento del Operative, y del Conocimiento Mechanick, hacia el cual esta Época parece estar tan inclinada, porque quizás podamos estar incapacitados para discernir todos los ocultos trabajos de la Naturaleza, casi de la misma manera como lo hacemos con lo que son producciones del Arte, y que son manejados por Ruedas, y Máquinas y Resortes, que fueron desarrollados por el ingenio humano.

Robert Hook, Micrographia (1665)

El colapso de una economía feudal, la emergencia del capitalismo a gran escala y la profunda alteración en las relaciones sociales que acompañaron a estos cambios, suministraron el contexto de la Revolución Científica en Europa Occidental. El igualar la verdad con la utilidad, o la cognición con la tecnología, fue una parte importante de este proceso general. El experimento, la cuantificación, la predicción y el control constituían los parámetros de una visión del mundo que no tenía ningún sentido dentro del marco del orden social y económico medieval. Las características discutidas en el Capítulo 1 no habrían podido existir en una época más temprana; o, tal vez, más específicamente, habrían sido ignoradas, como lo fueron las ideas de Roger Bacon y Robert Grosseteste, pioneros del método experimental en el siglo xiii. Resumiendo, la ciencia moderna es el esquema mental de un mundo definido por la acumulación de capital, y finalmente, citando a Ernest Gellner, se convirtió en el "modo de cognición" de la sociedad industrial¹.

No es mi intención argumentar que el capitalismo "dio origen" a la ciencia moderna. La relación entre conciencia y sociedad siempre ha sido problemática, ya que todas las actividades sociales son permeables a las ideas y actitudes y no hay ninguna forma de analizar la sociedad de un modo estrictamente funcional². Por lo tanto, estamos confrontados con una totalidad estructural, o una gestalt histórica y mi énfasis en este capítulo estará en que la ciencia y el capitalismo forman precisamente tal unidad. La ciencia adquirió su poder explicativo y actual, sólo dentro de un contexto que era "congruente" con esas explicaciones y hechos. Por esta razón, será necesario considerar a la ciencia como un sistema de pensamiento adecuado a una cierta época histórica; tendremos que intentar separarnos de la impresión corriente de que es una verdad absoluta, transcultural³.

Comencemos el examen de este tema comparando las visiones del mundo aristotélicas y del siglo xvii, y luego consideremos los cambios acaecidos debido a la Revolución Comercial de los siglos xv y xvi en el mundo social y económico del feudalismo (ver Cuadro 1).

El aspecto más llamativo de la visión del mundo medieval es su sentido de enclaustramiento, su totalidad. El hombre está al centro del universo que, a su vez, está cercado en su esfera más externa por Dios, el Movedor Inamovible. Dios es la entidad única que, en la terminología de Aristóteles, es pura realidad. Todas las demás entidades están provistas de un objetivo, siendo parcialmente reales y parcialmente potenciales. Por lo tanto, la meta del fuego es moverse hacia arriba, la de la tierra (materia) moverse hacia abajo y la de las especies, reproducirse. Todo se mueve y existe de acuerdo con un objetivo divino. Toda la naturaleza, las rocas así como también los árboles, es orgánica y se repite a sí misma en ciclos eternos de generación y deterioro. Como resultado, este mundo, a final de cuentas, es incambiable, pero al ser un enigma con un propósito, lo es, excepcionalmente significativo. Hecho y valor, epistemología y ética, son idénticos. "¿Qué es lo que sé?" y "¿Cómo debo vivir?" son la misma pregunta.

Cuadro 1
COMPARACIÓN DE LAS VISIONES DEL MUNDO

Visión del mundo de la E. Media	Visión del mundo del s. xvii
Universo: geocéntrico, la tierra al centro de una serie de esferas concéntricas y cristalinas. Universo cerrado, con Dios, el Movedor Inamovible, como la esfera más externa.	Universo: heliocéntrico; la tierra no tiene una posición especial, los planetas se mantienen en órbita por la gravedad del sol. El universo es infinito.
Explicación: en términos de causas formales y finales, ideológica. Todo menos Dios está en proceso de llegar a Ser; lugar natural, movimiento natural.	Explicación: estrictamente en términos de la materia y el movimiento, los cuales no tienen mayores propósitos. Atomística en el sentido material y filosófico.
Movimiento: forzado o natural, requiere de un movedor.	Movimiento: debe ser descrito, no explicado; ley de la inercia.
Materia: continua, no varía.	Materia: atómica, lo que implica la presencia de vacío.
Tiempo: cíclico, estático.	Tiempo: lineal, progresivo.
Naturaleza: entendida por medio de lo concreto y lo cualitativo. La naturaleza es viva, orgánica; la observamos y hacemos deducciones de principios generales.	Naturaleza: entendida por medio de lo abstracto y lo cuantitativo. La naturaleza está muerta, es mecánica, y es conocida por medio de la manipulación (experimento) y de la abstracción matemática.

Si nos abocamos a la visión del mundo del siglo xvii, posiblemente vamos a notar en primer lugar la ausencia de todo significado inmanente. Como lo describe E.A. Burtt, el siglo xvii, que comenzó con la búsqueda de Dios en el universo, terminó excluyéndolo por completo⁴. Las cosas no poseen objetivo, lo

cual es una visión antropocéntrica, sino que solamente conducta, las que pueden (y deben) ser descritas en forma atomística, mecánica y cuantitativa. Como resultado, nuestra relación con la naturaleza está alterada fundamentalmente. A diferencia del hombre medieval, cuya relación con la naturaleza era vista como algo recíproco, el hombre moderno (el hombre existencial) se ve a sí mismo como un ser que tiene la habilidad para controlar y dominar la Naturaleza, para utilizarla de acuerdo con sus propios objetivos. Al hombre medieval le fue asignada una posición con un fin determinado en el universo, que no requería de un acto de su voluntad. Por otra parte, el hombre moderno tiene el mandato de encontrar sus propios objetivos. Pero (por primera vez en la historia), qué es lo que son o debieran ser esos objetivos no puede ser deducido lógicamente. Dicho de otro modo, la ciencia moderna está basada en una distinción marcada entre hecho y valor; puede decirnos únicamente cómo hacer algo, no qué hacer o si debiéramos hacerlo o no.

La apertura que vemos como una característica de la conciencia del siglo xvii también es antitética de la visión del cosmos medieval. El universo ha llegado a ser infinito, el movimiento (cambio) es algo dado y el tiempo es lineal. La noción de progreso y el sentido de que la actividad es acumulativa caracterizan la visión del mundo a principios de la época de la Europa moderna.

Finalmente, aquello que "realmente" es real para el siglo xvii es lo abstracto. Los átomos son reales, pero invisibles; la gravedad es real, pero, como el momentum y la masa de inercia, sólo pueden ser medidos. En general, la cuantificación abstracta sirve como explicación. Fue esta pérdida de lo tangible y lo significativo lo que llevó a las mentes más sensibles de la época —Blaise Pascal y John Donne, por ejemplo— al borde de la desesperación. "La nueva Filosofía duda de todo", escribió este último en 1611; "Reducido todo a pedazos, toda coherencia se pierde". O en la frase de Pascal, "los silencios de los espacios infinitos me aterrorizan"⁵.

La cultura que fue impregnada por la visión aristotélica del mundo se caracterizó, como ya sabemos, por una economía feudal y una forma de vida religiosa. En términos generales, los alimentos y las artesanías no fueron producidos para el mercado y la -obtención de utilidades, sino que para el consumo y uso inmediato. A excepción de los artículos de lujo, el comercio sólo existía dentro de áreas locales, y se parecía más bien a la estructura de tributo del antiguo Imperio Romano (a partir de cuya desintegración surgió el feudalismo) que a nuestra noción moderna del intercambio comercial. Hasta fines del siglo xv casi todos los viajes por vía marítima eran costeros: las embarcaciones se mantenían cerca de tierra firme debido al temor de perderse. Las cofradías que producían para beneficio personal, ponían énfasis más bien en la calidad que en la cantidad y guardaban celosamente los secretos de su oficio. No existía la noción del trabajo en masa y había muy poca división del trabajo. La economía

era, esencialmente, un sistema completo de retribuciones. No podría ser descrito en términos de "ir" en cierta dirección, y, en general, nuestras nociones de crecimiento y expansión tendrían poco sentido en este mundo estático y autosuficiente. En la Edad Media el significado estaba asegurado política y religiosamente. La iglesia era la última referencia cuando uno buscaba la explicación a un fenómeno, ocurriera éste en la naturaleza o en la vida humana. Más aún, el orden social cobraba sentido en una forma directa y personal. La justicia y el poder político eran administrados en términos de lealtad y apego — vasallo a un señor, siervo a la tierra, aprendiz a su maestro— y el sistema, como resultado, poseía pocas abstracciones. Si desde nuestro punto de vista, la Edad Media nos parece estar herméticamente sellada, ella tuvo la ventaja (a pesar de la inestabilidad extrema producida por las plagas y los desastres naturales) de ser psicológicamente tranquilizadora para sus habitantes⁶.

Sin embargo, fue en la esfera económica que el sistema feudal se tornó cada vez menos viable. En términos de rendimiento económico, los límites del feudalismo se habían alcanzado ya en el siglo xiii. Debido a que no se producía una inversión significativa de capital en la agricultura, existía un límite tope en la productividad. Este límite a su vez ocasionó una tensión que comenzó a transformar las rebeliones de campesinos/que habían empezado a producirse en el siglo xiii, en una lucha de clases. En respuesta a esta amenaza surgió una enorme presión para expandir la base geográfica de las operaciones económicas. Nuevas áreas para el cultivo del azúcar y el trigo, acceso directo a las especias que disimularían el sabor de las carnes malas, nuevos recursos madereros y zonas más extensas para la pesca fueron vistos como necesarios para la supervivencia de la civilización europea. Además, la caída de Constantinopla en 1453 les otorgó a los Turcos Otomanos la hegemonía sobre el intercambio comercial con el Oriente, creando la necesidad de un pasaje no mediterráneo hacia el Este. Todos estos factores contribuyeron a la rápida ascensión de un programa imperial de expansión, y con este interés llegaron una serie de inventos que hicieron posible tal programa. Surgió el barco con aparejo completo con mayor capacidad para aprovechar los vientos. En el siglo xvi los ingleses colocaron cañones en las troneras de sus barcos para una mejor maniobrabilidad. La pólvora, que los antiguos chinos habían inventado y usado en demostraciones de fuegos artificiales, se convirtió en la base de la industria de las armas de fuego. No fue una casualidad que Francis Bacon identificara el compás y la pólvora como las dos piezas claves de la hegemonía naval. Los primeros mapas diseñados con el conocimiento del compás —aquellos preciosos portolani que aún se conservan en las bibliotecas de las principales ciudades europeas— comenzaron a aparecer, como también lo hicieron nuevos modelos de la tierra. La imagen de los barcos abrazando la costa, casi una metáfora perfecta para el estrecho horizonte mental de la Edad Media, se derrumbaba. Había llegado la época de Magallanes, Colón y Vasco de Gama. La expansión de la conciencia y del

territorio, hicieron que el cerrado cosmos medieval pareciera algo cada vez más pintoresco.

En forma concomitante y subsiguiente, se produjo la Revolución Comercial, consistente en una serie de acontecimientos que aplastaron al sistema feudal y establecieron el modo de producción capitalista en Europa Occidental. EL comercio naturalmente comenzó a tener influencia sobre la industria. La Revolución Comercial, con el volumen de comercio a larga distancia abruptamente incrementado, destruyó la relación personal entre el maestro de un gremio y el cliente. Si el primero iba a vender a mercados alejados, necesitaba de la ayuda del comerciante y del crédito. Primero, el mercader obtuvo la entrega exclusiva de la producción del fabricante, y más tarde comenzó a adelantarle dinero al artesano para la materia prima. Eventualmente, el artesano se endeudó de tal manera que tuvo que entregarle su negocio al comerciante, que a su vez se convirtió en un comerciante-fabricante, o un empresario. El mismo proceso que destruyó al maestro de gremio y al jornalero, convirtió al campesino en un asalariado. En la Inglaterra del siglo xv, el surgimiento del sistema rural de "putting out" (industria doméstica, (sistema de venta donde la mercadería se exhibe afuera del domicilio del artesano. N. del T.)), especialmente en la industria textil, marcó el comienzo de un traslado en la inversión de capitales fuera de las ciudades. Los campesinos empezaron a concentrar su energía en varios aspectos de la producción de telas, y como resultado, los gremios textiles comenzaron a derrumbarse.

La Revolución Comercial también generó utilidades a partir del comercio, las cuales pudieron ser invertidas en la agricultura y en la manufactura. Algunas industrias como la minería, la impresión de libros, la construcción de barcos (que actualmente emplea a miles de personas) y la fabricación de cañones, necesitaban de una gran disponibilidad de capital desde el comienzo, y por lo tanto no podían existir dentro del estrecho mundo de la producción artesanal. En algunos casos, especialmente cuando el producto tenía uso militar, el Estado se convertía en el cliente principal. Los arsenales del Estado, tal como el gran arsenal de Venecia, escenario de gran parte de las investigaciones de Galileo, se convirtieron en grandes centros manufactureros. La industria militar tenía también estrecha relación con la minería y la metalurgia, las cuales se expandieron rápidamente a principios del período moderno. La utilización de la energía hidráulica en la minería, y la creación de nuevos tipos de forja, hicieron posible la fundición de armas. Una serie de innovaciones técnicas para bombear, ventilar y conducir mecanismos fueron desarrolladas —e ilustradas con profusión de detalles en libros como la *Pirotechnia*, de Biringuccio (1540) y la *De Re Metallica*, de Agrícola (1556). Inglaterra, en particular, experimentó tanto un crecimiento industrial como una expansión comercial después de 1550. Comenzó a fundir cañones en hierro (desde que careció de bronce), a introducir industrias como la del papel, la pólvora, el alumbre, el latón y el salitre; sustituyendo el

carbón por la madera; introduciendo nuevas técnicas en la minería y la metalurgia; y excluyendo a los comerciantes hanseáticos del mercado textil.

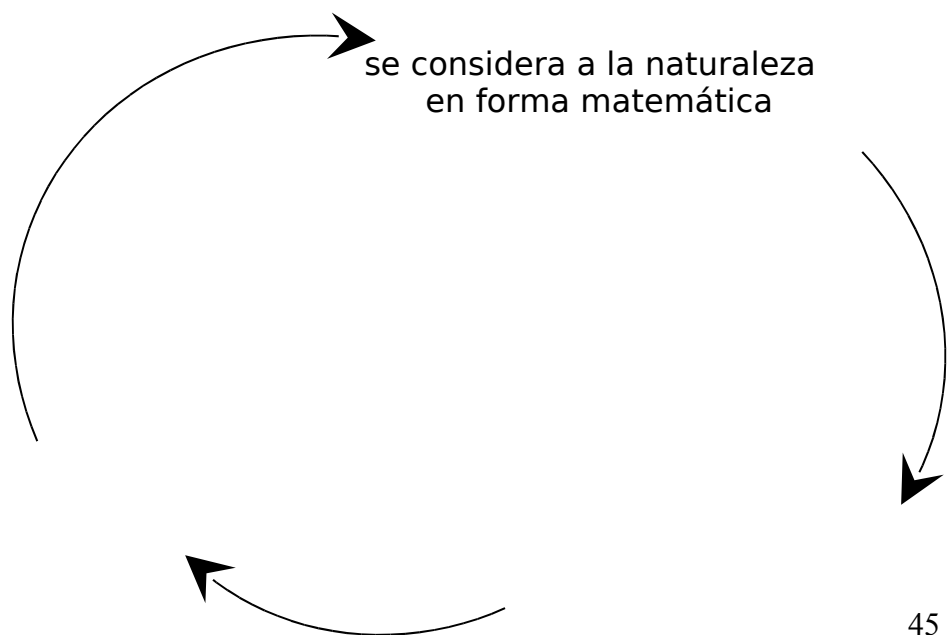
En realidad no había forma de que la síntesis cristiano-aristotélica pudiera haber resistido tales cambios revolucionarios, y si consideramos las características de la visión del mundo del siglo xvii nombradas anteriormente en este capítulo, encontraremos la contrapartida de las transformaciones económicas recién descritas. No sólo la heliocentricidad refleja la noción de que el universo es infinito, sino que también el descubrimiento europeo de otros mundos y la consecuente pérdida del sentido de la peculiaridad europea. En su libro *Sobre la Revolución de los Cuerpos Celestes* (1543), Copérnico cita el ensanchamiento de los horizontes geográficos como una de las mayores influencias en su pensamiento. Si nos abocamos a la categoría de las explicaciones, veremos que las explicaciones de los eventos se fundamentan en términos del movimiento de la materia inerte, mecánica y matemáticamente descriptible. La naturaleza (incluyendo los seres humanos) es considerada como sustancia que ha de ser captada y moldeada. Nada puede tener un objetivo en sí mismo, y los valores—como diría Maquiavelo, quien fue uno de los primeros en argumentarlo—son únicamente sentimientos. La razón ahora es completamente (al menos en teoría) instrumental, zweckrational. Uno ya no puede preguntar, "¿Esto es bueno?", sino que solamente, "¿Esto funciona?", pregunta que refleja la mentalidad de la Revolución Comercial y el énfasis creciente en la producción, la predicción, y el control.

Debido a que nosotros mismos vivimos en una sociedad tan dominada por la economía del dinero, ya que el valor monetario de las cosas se ha convertido en su único valor, nos es difícil imaginarnos una época que no fuera gobernada por el dinero y resulta casi imposible entender la influencia formativa que tuvo la introducción de la economía monetaria sobre la conciencia de principios de la época de la Europa moderna. El súbito énfasis en el dinero y en el crédito fue el hecho más obvio de la vida económica durante el Renacimiento. La acumulación de vastas sumas de dinero en manos de individuos como los Médici, le otorgó al capital una cualidad mágica; más aún, la creciente venta popular de indulgencias conseguía una entrada al cielo mediante la influencia del dinero. La salvación había sido literalmente la meta de la vida cristiana; ahora, dado que podía ser comprada, era el dinero. Esta penetración de las finanzas en el núcleo mismo de la cristiandad no pudo evitar la ruptura de la síntesis tomista. El sociólogo alemán Georg Simmel sostenía que la economía del dinero "creaba el ideal cálculo numérico exacto", y que "la interpretación matemática exacta del cosmos" era "la contrapartida teórica de la economía del dinero". En una sociedad que estaba llegando a considerar al mundo como un gran problema matemático, la noción de que existía una relación sagrada entre el individuo y el cosmos aparecía cada vez más dudosa⁷.

La capacidad aparentemente ilimitada del dinero de reproducirse a sí mismo, sustentó aún más la noción de un universo infinito, que era tan central para la nueva visión del mundo. Las utilidades, el enigma del sistema capitalista, son algo no resuelto. Una "economía capitalista y una ciencia moderna metódica", escribió el historiador Alfred Von Martin,

son la expresión de una urgencia de ir hacia lo que en principio es ilimitado y sin restricciones; son la expresión de un deseo dinámico de progresar ad infinitum. Tales eran las consecuencias inevitables de la ruptura de una comunidad cerrada tanto económica como intelectualmente. En lugar de una economía cerrada administrada en forma tradicional y por un grupo privilegiado mediante el monopolio, ahora encontramos un ciclo abierto y el correspondiente cambio de conciencia⁸.

El énfasis sobre la voluntad individual que identificamos con el pensamiento renacentista, específicamente con la clase comercio empresarial, también tenía una afinidad obvia con el nuevo Weltanschauung (cosmovisión) aritmético. La misma clase que llegó al poder mediante la nueva economía, que glorificaba el esfuerzo individual y que empezó a ver en el cálculo financiero un modo de comprender el cosmos en su totalidad, llegó a considerar la cuantificación como la clave del éxito personal porque la cuantificación sola, de por sí, era vista como capaz de permitir un dominio sobre la naturaleza mediante la comprensión racional de sus leyes. Tanto el dinero como el intelecto científico (especialmente en su identificación cartesiana con las matemáticas) tienen un aspecto puramente formal, y por lo tanto "neutro". No tienen un contenido tangible, sino que pueden ser desviados hacia cualquier objetivo. Finalmente, se convirtieron en el objetivo. Históricamente, el círculo estaba así completo, como lo ilustra la Figura 8.



creación de riqueza,
crédito,
éxito individual

dominio sobre la naturaleza y
sus recursos
a través del cálculo racional

Figura 8. EL nuevo ciclo de vida económica/científica a principios de la Europa moderna.

Por último, incluso la noción del tiempo—y pocas cosas son tan básicas para la conciencia humana como el modo en que se percibe el transcurso de los eventos— sufrió una transformación fundamental. Como lo indicara Mircea Eliade en El Mito del Eterno Retorno, la concepción premoderna del tiempo es cíclica. Para la gente de la Edad Media, las estaciones y los eventos de la vida se seguían unos a otros con una cómoda regularidad. La noción del tiempo como lineal era experimentalmente ajeno a este mundo, y la necesidad de medirlo correspondientemente nula. Pero en el siglo xiii esta situación estaba ya comenzando a cambiar. El tiempo, escribió Alfred von Martin,

se sentía como algo que se escapa continuamente... Después del siglo xiii los relojes de las ciudades italianas daban las veinticuatro horas del día. Se tomó por primera vez conciencia de que el tiempo siempre era escaso y, por lo tanto, valioso, y que era necesario cuidarlo y usarlo económicamente si se deseaba llegar a ser el "maestro de todas las cosas". Tal actitud era desconocida durante la Edad Media; en esa época el tiempo sobraba y no había necesidad de considerarlo como algo precioso⁹.

La nueva preocupación de que el tiempo se acababa se puso en evidencia en el siglo xvi. La frase "el tiempo es oro" data de este período, como también la invención del reloj de bolsillo, en el cual el tiempo, al igual que el dinero, podía ser puesto en la mano o en el bolsillo. La mentalidad que busca captar y controlar el tiempo era la misma que produjo la cosmovisión de la ciencia moderna. Las naciones industriales occidentales han llevado este cambio de actitud a una situación casi absurda. Nuestras ciudades están plagadas de bancos que indican la hora con grandes luces electrónicas que minuto a minuto, y algunas veces, segundo a segundo, parpadean (hay uno en Picadilly Circus que incluso dice la hora en décimas de segundo). Desde el siglo xvii en adelante, el reloj se convirtió en una metáfora del universo mismo¹⁰.

Claramente, entonces, uno puede hablar de una "congruencia" general entre la ciencia y el capitalismo a principios del período de la Europa moderna. El surgimiento del tiempo lineal y del pensamiento mecánico, el igualar el tiempo con el dinero y el reloj con el orden del mundo, eran parte de la misma transformación y cada parte ayudaba a reforzar a las demás. Pero ¿podemos

poner más énfasis en nuestro caso? ¿Podemos ilustrar la interacción en términos de problemas escogidos, métodos usados, soluciones encontradas, en las carreras individuales de los científicos? En lo que sigue, voy a intentar demostrar cómo estas tendencias se cristalizaron dentro de la mente de Galileo, una figura tan importante de la Revolución Científica. Pero nuestra comprensión de Galileo depende en parte de nuestra toma de conciencia de aún otro aspecto de los cambios que hemos descrito anteriormente: la erosión de la barrera entre el estudioso y el artesano que ocurrió en el siglo xvi. Para muchos científicos, incluyendo Galileo, fue la disponibilidad de un nuevo tipo de entrada intelectual lo que permitió que sus pensamientos tomaran rumbos tan novedosos.

Se ha hecho mucha cuestión acerca del rechazo del Colegio de Cardenales a mirar a través del telescopio de Galileo, para ver las lunas de Júpiter y los cráteres en la superficie de la luna. De hecho, esta negación no puede adscribirse a una simple obstinación o a un miedo a la verdad. En el contexto de la época, el uso de un dispositivo desarrollado por artesanos para resolver una controversia científica (sin mencionar lo teológico), era considerado, especialmente en Italia, una incomprensible mezcla de categorías. Estas dos actividades, la búsqueda de la verdad y la fabricación de bienes, eran completamente distintas, particularmente en términos de la base social relacionada con cada una de ellas. El argumento de Bacon para una relación entre oficio y cognición aún había ganado poco terreno incluso en Inglaterra, país que, comparado con Italia, había sufrido una enorme aceleración en la producción industrial. Galileo, quien estudió el movimiento de proyectiles en el arsenal de Venecia, realizaba estudios científicos en lo que de hecho era un taller, y sostenía que entendía mejor la astronomía por medio de un dispositivo manufacturado, lo que era una especie de anomalía a principios del siglo xvii en Italia. ¿De dónde provino tal persona?

No fue hasta finales del siglo xv que el poderoso prejuicio intelectual en contra de la actividad artesanal, con sus asociaciones en las clases bajas, empezó a derrumbarse. La crisis del sistema económico feudal fue acompañada de un aumento históricamente sin precedentes en la movilidad social de la clase artesanal (incluyendo marineros e ingenieros) 11. Al mismo tiempo, los ataques de los eruditos a Aristóteles (y no eran representativos) obtuvieron municiones de la historia del progreso tecnológico, y al hacerlo alabaron copiosamente al ahora enaltecido artesano, "quien buscaba la verdad en la naturaleza, no en los libros" 12. El resultado —y lo que comenzó por un goteo cerca de 1530 se convirtió en un torrente por el año 1600— fue una serie de trabajos técnicos dados a conocer por artesanos (una aberración en términos de la estructura de clases) y un aumento cada vez mayor de. Críticas metodológicas a la ciencia aristotélica-escolástica, con respecto a su completa pasividad en la relación frontal con la naturaleza. Esta nueva "literatura mecánica", que estaba escrita en lenguas vernaculares, se hizo popular entre los mercaderes y empresarios y se reimprimía con frecuencia. El historiador Paolo Rossi hace notar que la irrupción de artesanos, hombres de

oficio, ingenieros y marineros en las filas de los editores y escolásticos "posibilitó la colaboración entre científicos y técnicos, y esa compenetración de la tecnología y la ciencia estuvo en la raíz de la gran revolución científica del siglo xvii"¹³.

En términos generales, las clases artesanales simplemente estaban pidiendo que su trabajo fuera escuchado, no estaban buscando una teoría del conocimiento basada en la tecnología; y aquellos autores que de hecho sostenían que la actividad técnica constituía un modo de, cognición (incluyendo a Bacon) estaban bastante perdidos en lo que se refiere a la tal mentada unión entre teoría y práctica. Sin embargo, el período entre 1550 y 1650, según Rossi, presencié "una discusión continua, con una insistencia que rayaba en la monotonía, acerca de una lógica de la invención...". Ciertamente¹⁴, apenas podría decirse que la tecnología fuera nueva en el siglo xvi; sin embargo, el nivel de difusión y la insistencia en el planteamiento de que ésta es un modo de cognición sí eran novedosos. Así, estos eventos comenzaron, inevitablemente, a tener un impacto en los científicos y en los pensadores. Al no estar restringida a mecanismos como catapultas y molinos de agua, la tecnología se convirtió en un aspecto esencial del modo de producción y, como tal, comenzó a jugar un correspondiente rol en la conciencia humana. Una vez que la tecnología y la economía se relacionaron en la mente humana, ésta empezó a pensar en términos mecánicos, a ver el mecanismo en la naturaleza —como lo reconoció Robert Hook. Los procesos del pensamiento en sí mismo se estaban convirtiendo en algo mecánico-matemático-experimental, es decir, "científico". La coalición entre el escolástico y el artesano, la geometría y la tecnología, ahora estaba ocurriendo dentro de la mente humana individual.

El cambio de actitud hacia lo artesanal por parte de algunos estudiosos también llevó al redescubrimiento y a las reediciones, en el siglo xvi, de un gran número de obras técnicas clásicas, incluyendo aquellas de Euclides, Arquímedes, Herodes, Vitruvio, Apolonio, Diofante, Pappus y Aristarco. Mientras que gran parte de las matemáticas anteriores había sido concebida en términos de la numerología, del misticismo numérico pitagórico, o incluso de la aritmética común, ahora era cada vez más posible aproximarse a ella desde el punto de vista de un ingeniero. Este desarrollo iba a tener una enorme influencia en el trabajo de Galileo, entre otros.

Hemos visto que el método galileico incorporaba una negación de las explicaciones teleológicas (con un énfasis más bien en el cómo que en el por qué); la formulación de procesos físicos en términos de "tipos ideales", en que la realidad puede ser corroborada por un experimento; la convicción de que las descripciones matemáticas del movimiento y otros procesos físicos son los garantes de la precisión, y por lo tanto de verdad. También vimos que Galileo tuvo un enfoque muy práctico hacia tales investigaciones (realmente se trata de un enfoque ingenieiril), y que su método involucraba explícitamente un

distanciamiento de sí mismo con respecto a la naturaleza para poder captarla más cuidadosamente —un enfoque que yo he denominado la conciencia no-participativa. No es de sorprender, entonces, que el punto de vista particular de Galileo se haya originado a partir de influencias que provenían del exterior del marco académico tradicional. A pesar de sus distintas cátedras, él estaba directamente involucrado precisamente con aquellas facetas de la tradición tecnológica que chocaban directamente sobre ciertos académicos como resultado del colapso de la dicotomía entre el académico y el artesano. Rossi llama correctamente a Galileo el representante primero de las tradiciones académicas y tecnológicas, pero debiera enfatizarse esta última¹⁵. Con cátedras en Pisa y Padua, y contacto con los Papas, duques y la élite educada, Galileo estaba destinado desde un comienzo a una carrera académica; pero en términos de orientación él no calzaba cómodamente en tal contexto. Galileo tenía contacto directo con marineros, artilleros y artesanos. Dos de sus mentores (o héroes), Niccoló Tartaglia y Giovanni Benedetti, no tenían ninguna educación universitaria; otro de ellos, Guido Ubaldo, estudió matemáticas por su propia cuenta; y un cuarto, Ostilio Ricci, era profesor en la Accademia del Disegno (Escuela de Diseño) en Florencia, un lugar que estaba produciendo una nueva cepa de artista-ingeniero. Estos cuatro hombres estaban en la avanzada de la revitalización del Renacimiento de Arquímedes, quien había sido tanto un ingeniero como un matemático. Tartaglia y Benedetti también estaban muy comprometidos con el trabajo técnico en terreno. El primero fue el fundador de la ciencia de la balística, su libro *La Nueva Ciencia* (1537) surgió de problemas que él había encontrado con la artillería en Verona en 1531; y Benedetti, un copernicano temprano que había criticado vigorosamente a Aristóteles y sostenido que los cuerpos de densidad desigual caían con la misma velocidad, sirvió como ingeniero de la corte en Parma y Turín. En resumen, Galileo fue una personalidad única a principios del siglo xvii. Era heredero de la nueva mecánica que se había desarrollado por completo fuera de la universidad; pero significativamente, él mismo se había situado en un encuadre académico.

A pesar de que no es posible, en esta breve discusión, elaborar en mayor detalle los antecedentes intelectuales de Galileo, sería adecuado hacer algunos comentarios acerca de Tartaglia, ya que sus trabajos y estilo proporcionan una clave mayor a la metodología de Galileo. El libro *La Nueva Ciencia* fue el primer intento de aplicar las matemáticas a los proyectiles y trataba en extenso la trayectoria de las balas de cañón.

Tartaglia fue el primero en romper con la noción aristotélica de las trayectorias discontinuas, afirmar que la trayectoria de un proyectil es curvilínea y demostrar que un proyectil alcanza la distancia máxima cuando la elevación del arma es de 45 grados. Al contradecir a Aristóteles, él sustentaba que el aire se resiste al movimiento, en lugar de ayudarlo. Entonces, entre las cubiertas de un libro sobre balística, Tartaglia adelantó un análisis teórico sobre el movimiento.

Esta misma combinación aparecía en un libro que escribió en 1551 sobre el reflotamiento de barcos hundidos, tema de obvio interés para una república como Venecia. A este estudio agregó su traducción italiana del ensayo de Arquímedes Sobre los Cuerpos en el Agua. Nuevamente, el texto no sólo surgió como un tratado técnico, sino como el primer desafío abierto a la ley de Aristóteles sobre los cuerpos en caída libre, ya que utilizaba la teoría de Arquímedes sobre la flotabilidad y el medio circundante para argumentar en contra de la rígida distinción de Aristóteles entre arriba y abajo. Galileo siguió los pasos de Tartaglia, sustentando que no había un movimiento natural hacia arriba, utilizando a Arquímedes para destronar a Aristóteles; refinando la matemática del movimiento de los proyectiles; y conectando íntimamente, como lo había hecho Tartaglia en toda su obra, el trabajo técnico en terreno con las conclusiones teóricas.

El compromiso de Galileo en los problemas técnicos fue más intenso durante el tan nombrado período de Padua (1592-1610), cuando estaba involucrado en sus estudios del movimiento. Su propio laboratorio era como un taller, donde él mismo construía aparatos matemáticos. Galileo hacía tutorías privadas sobre mecánica e ingeniería; hizo investigaciones sobre bombas, la regulación de los ríos y construcción de fortalezas; y publicó su primer trabajo impreso, sobre el compás militar, o "sector", como se le llamaba. También inventó el "termo baroscopio" y se interesó en gran medida en el campo de la ingeniería (ahora denominada ciencia de los materiales) que trata con la resistencia de los materiales. A pesar de que Galileo hizo una distinción en su propia mente entre oficio y teoría, rompió con el punto de vista imperante que los veía completamente desconectados. No sólo fue un científico que circunstancialmente se interesó por la tecnología, sino que más bien usaba la tecnología —en espíritu y en método— como la fuente de la teoría. Su último trabajo, Las Dos Nuevas Ciencias, comienza con la siguiente conversación entre dos interlocutores imaginarios:

Salviati: La constante actividad que ustedes los venecianos despliegan en su famoso arsenal sugiere a la mente estudiosa un gran campo de investigación, especialmente aquella parte del trabajo que tiene que ver con la mecánica; ya que en este departamento todos los tipos de instrumentos y máquinas están constantemente siendo construidas por muchos artesanos, entre los cuales debe haber algunos que, debido en parte a experiencia heredada y en parte por sus propias observaciones, han llegado a ser extremadamente expertos e inteligentes en explicaciones. Sagredo: Tienes razón. De hecho, yo mismo, siendo curioso por naturaleza, frecuentemente visito este lugar por el mero placer de observar el trabajo de aquéllos que, debido a su superioridad sobre otros artesanos, nosotros denominamos "hombres de primera fila". Conferenciar con ellos me ha ayudado, a menudo, en la investigación de ciertos efectos, incluyendo no sólo los más llamativos e interesantes, sino que también los más recónditos y casi increíbles¹⁶.

El libro no contiene únicamente una discusión del movimiento de proyectiles, sino que también incluye una tabla de rangos de disparo, Galileo hace mucha cuestión sobre el valor de su teoría para los artilleros, pero en realidad, ellos hicieron mucho más por su ciencia que lo que él hizo por la de ellos.

¿Exactamente cómo surgió la tradición tecnológica en los estudios sobre el movimiento efectuados por Galileo? El no sólo estaba de acuerdo con la literatura de esta tradición, que plantea que la construcción es un modo de cognición y que la manipulación de la naturaleza es una llave para conocerla, sino que también mostró con precisión cómo debiera llevarse a cabo este tipo de investigación.

El análisis del movimiento de proyectiles, desde luego, derivó de un problema militar práctico, y constituyó, al mismo tiempo, un golpe crucial a la física aristotélica. Dado que Aristóteles dividía el movimiento en dos tipos, forzado y natural, él concluyó que el movimiento del proyectil (ver Figura 9) tenía que ser discontinuo, es decir, tenía que consistir de un movimiento forzado (lanzando el objeto al aire) y un movimiento natural (el descenso a la tierra):

Cuando la gente escucha por primera vez sobre esta teoría, se pregunta con frecuencia cómo es que hombres y mujeres inteligentes pudieron haber creído en ella, ya que basta con mirar un proyectil para comprender que la "curva" que aparece en la Figura 9, no corresponde a la realidad. De hecho, la aceptación de la teoría de Aristóteles es un buen ejemplo del principio gestáltico de encontrar lo que uno busca.

Probablemente, la mayoría de los lectores no han observado un proyectil muy de cerca, y con certeza, pocos habrán marcado sobre un gráfico el punto exacto donde alcanza su máxima altura y qué sucede después: Más aún, desde el punto de vista del que lanza el proyectil, una piedra sí parece elevarse y luego caer verticalmente. Finalmente, sólo a fines del siglo xvi se comenzó a disparar los cañones a gran distancia, por lo que tal tipo de movimiento no era típicamente una parte del medio ambiente. Incluso en algunos textos publicados en 1561 (ver Grabado 1), se muestra el movimiento de la bala como discontinuo, mediante la superposición de gráficos sobre un cañón.

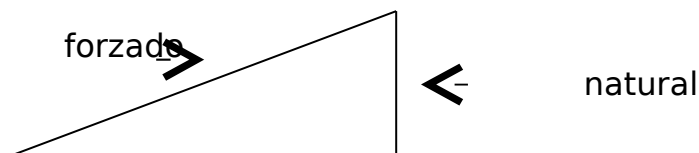


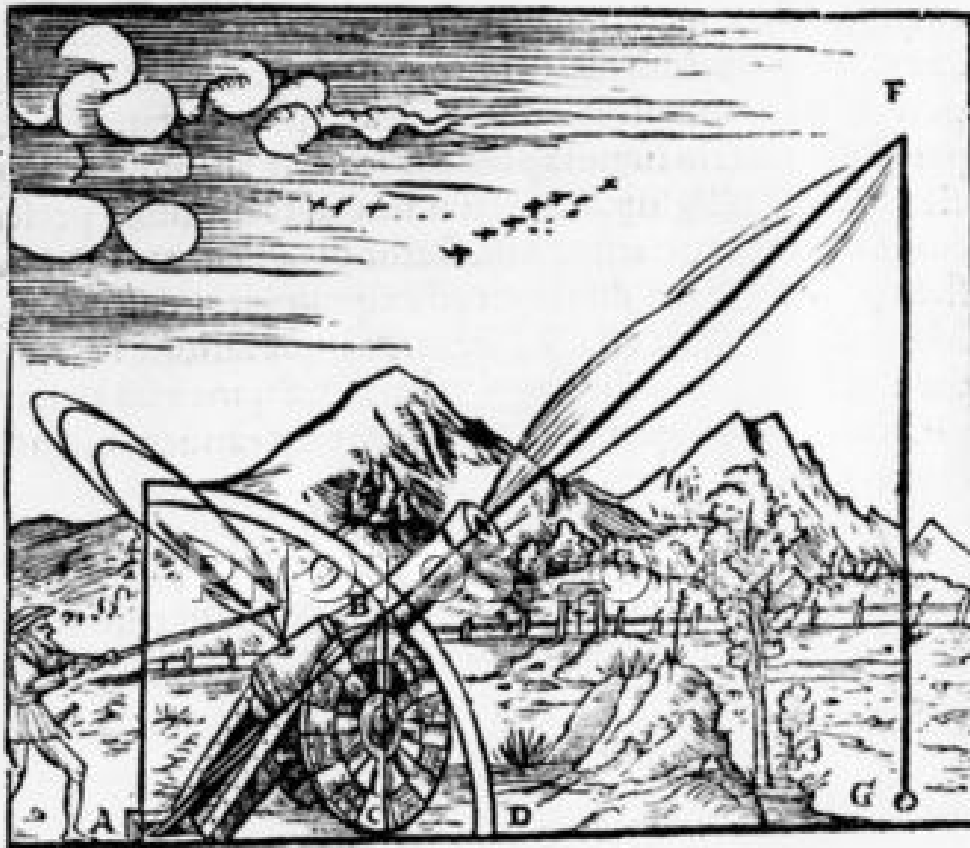
Figura 9. Concepción aristotélica del movimiento de un proyectil.

En un mundo en que la ciencia es cualitativa, la imagen aristotélica es aproximadamente "verdadera" en cuanto a que se trata de un aspecto aparente del movimiento de un proyectil. Únicamente con el surgimiento de los ejércitos profesionales y la concentración militar en la balística, nació algún interés en la

descripción matemática precisa de la trayectoria de una bala de cañón, la cual en ningún caso es realmente parabólica (ver más abajo) debido a los efectos de la resistencia del aire.

Así vemos cuan confuso, o complejo, puede ser un simple "hecho": parece estar formado por la pregunta que se está formulando.

De cualquier forma, la observación cada vez más detenida de los proyectiles hizo aún más difícil sostener la distinción aristotélica entre movimiento forzado y natural. Dado que es virtualmente imposible hacer un mapa que grafique todos los puntos del recorrido de un objeto lanzado al aire, Galileo nuevamente abstrajo los elementos esenciales de la situación y los adaptó a condiciones de laboratorio. El movimiento de un proyectil, él razonaba, es una situación de caída libre con un componente horizontal. A partir del punto máximo de la curva, el objeto comienza su descenso vertical debido a la fuerza de gravedad,



Grabado 1. La teoría aristotélica del movimiento de un proyectil, tomado de Problematum Astronomicorum de Daniele Santbech (1561). Cortesía de la Biblioteca de Cuadros Ann Roñan.

pero aún retiene algo del impulso que originalmente le fue dado. La trayectoria sería, por lo tanto, suave, no discontinua, como había sostenido Aristóteles; y en lugar de caer abruptamente a la tierra en forma absolutamente vertical, el objeto describiría una curva, una combinación ("resultante") de los componentes verticales y horizontales del movimiento. Los experimentos de Galileo para determinar matemáticamente esta curva involucraban el hacer rodar una esfera por un plano inclinado que tenía un deflector horizontal en su extremo inferior, y que estaba apoyado en el borde de una mesa. La esfera era lanzada desde distintos puntos a lo largo del plano y así, en cada lanzamiento, ésta golpeaba el piso en un punto correspondientemente distinto. Esto generó una cantidad de datos —en realidad un conjunto de curvas— que le permitió a Galileo, utilizando su ley de caída libre, derivar una descripción matemática de estas curvas como parabólicas. En un medio sin resistencia, concluyó, la trayectoria de un proyectil sería una parábola perfecta.

La significancia de esto no fue meramente la descripción matemática de una curva, sino que el desafío a la física aristotélica. Galileo no sólo consiguió debilitar la distinción entre movimiento forzado y natural sino que también puso en cuestionamiento la aseveración de Aristóteles de que el vacío no podía existir (dado que el movimiento de un proyectil era supuestamente mantenido mediante el rápido desplazamiento del aire para evitar que se formara un vacío), así como también todo el concepto del objetivo inmanente contenido en las doctrinas aristotélicas del movimiento natural y del lugar natural. El descubrimiento de Galileo sobre la independencia de los componentes horizontales y verticales del movimiento, que es otro aspecto de la investigación descrita arriba, lo llevó a la formulación de la composición y resolución de las fuerzas —lo que ahora llamamos mecánica de vectores. Aquí una vez más, la medición, más que cualquier otro tipo de objetivo, es vista yaciendo en el corazón de la explicación científica (si es que así puede llamarse). Vemos, entonces, que un problema militar', que había sido investigado por un ingeniero como Tartaglia, fue convertido en un experimento controlado de laboratorio para producir una expresión matemática y luego utilizado para rebatir varios postulados fundamentales de la cosmovisión aristotélica. Los estudios sobre balística hechos por Galileo no sólo sirvieron para refutar conceptos aristotélicos, sino que también comenzaron a delinear un nuevo método para explorar la realidad.

Todas las investigaciones de Galileo sirvieron como demostraciones vividas de la relación entre la teoría y el experimento, que lentamente se estaba formando en las mentes de unos pocos pensadores europeos. Ellas también vindicaron la suposición no demostrada hecha por la literatura tecnológica del siglo xvi: puede haber una conexión fundamental entre la cognición y la manipulación, entre la explicación científica y el dominio del ambiente. La historia económica bosquejada en las primeras páginas de este capítulo es, por lo tanto, mucho más que un interesante telón de fondo para estos desarrollos en el

aparentemente abstracto ámbito del pensamiento científico. La cognición, la realidad, y todo el método científico occidental están integralmente relacionados con el surgimiento del capitalismo a principios de la época de la Europa moderna.

Hemos hablado en términos de un principio gestáltico, de hechos que son plásticos, "creados" por constructos teóricos que a su vez están conectados al contexto socioeconómico; y de la Revolución Científica y su metodología como parte de un proceso histórico mayor. Así, nos vemos enfrentados con una pregunta inquietante: ¿Será que la realidad no es más que un artefacto cultural? ¿No son los descubrimientos de Galileo los datos sólidos de la ciencia, sino más bien productos de una visión del mundo que es un fenómeno más o menos localizado? Si, como lo sugiere el análisis anterior, la respuesta es afirmativa, entonces estamos a la deriva en un mar de relativismo radical. Luego, no hay Verdad, sino que meramente tú verdad, mi verdad, la verdad de este tiempo o ese lugar. Esta es la implicación de lo que corrientemente se denomina la sociología del conocimiento. La distinción entre conocimiento y opinión, entre ciencia e ideología, se viene abajo, y lo que es correcto llega a ser un asunto de la regla de las mayorías, o "psicología de masas"¹⁷. La ciencia moderna, la astrología, la brujería, el aristotelismo, el marxismo, o lo que fuera —todos llegan a ser igualmente verdaderos en ausencia de un conocimiento objetivo y del Concepto de una realidad fija subyacente. ¿Será que no hay forma de protegernos de tal conclusión?

Mi respuesta es que el relativismo radical surge de la peculiar actitud que ha adoptado la ciencia moderna hacia la conciencia participativa, la cual analicé brevemente en la Introducción. Por lo tanto, será necesario, en primer lugar, analizar con cierto detalle la naturaleza de la conciencia participativa. Para hacerlo, debemos ahondar en la sociología del conocimiento para adentrarnos en un capítulo omitido en la historia de la Revolución Científica: el mundo de lo oculto.