

pierde la inteligencia de todo el proceso y por tanto despoja a la enseñanza de su carácter de acontecimiento complejo de saber.

3.2. Enseñanza - Saber - Conocimiento

Ahora bien, es fundamentalmente en la enseñanza en donde el maestro participa como sujeto activo que despliega y pone en juego un conjunto complejo de saberes entrando en unas relaciones que se definen a partir de sus conocimientos, de su formación, de su experiencia y del saber que maneja. Así, si el maestro no está bien formado, si no es portador de un conjunto de saberes, el tipo de trabajo realizado en la enseñanza será pobrísimo: "Se ha de observar que el hombre no es educado más que por hombres que igualmente están educados. De aquí, que la falta de disciplina y de instrucción de algunos maestros les hace también, necesariamente, ser a su vez, malos enseñantes de sus alumnos" ⁽¹⁹⁾. Lo que significa que el maestro debe dominar la ciencia que enseña y la Pedagogía para enseñarla. Esta es la condición de posibilidad para que el aprender se realice no como un simple proceso repetitivo sino como un acontecimiento problematizado.

A través del aprendizaje, a la enseñanza ha empezado a despojarse de todo su carácter complejo de saber y se le destina al maestro la función de adecuador del discurso de los manuales de ciencias para hacerlos comprensivos, dosificados y vulgarizados.

Pero a pesar de esa concepción simplista y transmisionista de la enseñanza es necesario empezar a generar nuevas conceptualizaciones. Empecemos por reconocer que la enseñanza no es una simple metódica ni un procedimiento instruccional, tampoco la administración de un currículo, ni está restringida a un salón de clase. Es eso, pero no es básica ni fundamentalmente eso. **Es sobre todo el espacio que posibilita el pensamiento y uno de los acontecimientos más complejos en torno al cual han surgido varias disciplinas (Pedagogía y Didáctica).**

La humanidad se las ha tenido que ver casi siempre con la enseñanza. Ahora bien, no nece-

sariamente en la escuela, ni con horarios, ni en salones, ni con currículo, ni en la famosa parejita enseñanza-aprendizaje; más allá de todas estas formalidades, la enseñanza tiene que ver con el saber y con las múltiples relaciones en las cuales entra: con el conocimiento, con el niño, con las ciencias, con el aprender, con el lenguaje y con una ética.

Es en la enseñanza donde los conocimientos científicos se transforman en saberes en virtud de la intermediación de la cultura y de la apropiación y adecuación trazada por la política de los saberes ⁽²⁰⁾.

El saber no solo comprende enunciados denotativos, como señalábamos atrás, sino que en él se encuentran las ideas del saber hacer, saber oír, saber vivir. En suma comprende la participación de otras prácticas que no son estrictamente científicas.

Pero a su vez, mediante el proceso de la enseñanza, las ciencias se insertan de nuevo en el saber a través de las formas de legitimación que operan en la enseñanza, de allí que una de las maneras más importantes de articulación de las ciencias con la práctica social se da a través de la enseñanza.

La enseñanza ha sido el objeto central en la formación del saber pedagógico, gracias al cual la Pedagogía puede ser abordada como disciplina que ha mantenido múltiples relaciones con otros saberes y con otras ciencias. La enseñanza es un complejo acontecimiento de saber en el cual entran en juego diferentes saberes: saberes científicos, saberes locales, saberes apropiados. Es a partir de una elaboración epistemológica sobre la enseñanza donde la Pedagogía podrá reconceptualizar las elaboraciones que desde otras ciencias abordan la enseñanza, como acontecimiento de saber y así:

1. Diferenciar, relacionar o articular los procesos de conocimiento y los procesos de exposición del conocimiento, y
2. Considerar el papel de los saberes locales frente a los "contenidos" científicos que se imparten en la escuela.

20. La Política de los saberes se refiere al destino que las instituciones imprimen al saber enseñado por responder a demandas de tipo sociopolítico que solo esperan del saber la eficacia, al precio a veces de obstaculizar el avance del conocimiento científico.

contribución al debate sobre la interpretación de galileo por alexandre koyré

benjamín farbiarz

I.

Quiero a continuación hacer algunas consideraciones sobre el artículo "Los planos inclinados galileanos", escrito por Jorge Alberto Naranjo y Miguel Monsalve, y publicado en la revista "Ciencias Humanas", Nº 6, de la Universidad Nacional, seccional de Medellín, de julio de 1984.

En el artículo, los autores hacen una presentación de los aspectos que consideran más importantes en los trabajos de Galileo relativos al deslizamiento de cuerpos en planos inclinados, y del carácter de Galileo como experimentador; y con respecto a este último punto, discuten y critican con ahínco las concepciones expuestas en diferentes obras por Alexandre Koyré, crítica que ex-

tienden a la caracterización de Galileo como platónico, desarrollada también por este autor.

Las formas en que Naranjo y Monsalve conciben cada una de las tres cuestiones mencionadas (es decir, los desarrollos teóricos de Galileo, su trabajo como experimentador, y su platonismo) no son, como veremos, independientes entre sí; consideremos inicialmente el aspecto de Galileo como experimentador.

No es éste, ni mucho menos, un problema nuevo; es prácticamente contemporáneo del nacimiento de la actividad que conocemos como historia de las ciencias; era ya viejo cuando Koyré escribió sus primeras obras al respecto, hace casi cincuenta años ⁽¹⁾. Tradicionalmente, el debate se ha centrado en torno al pa-

pel desempeñado por la experimentación en la obra de Galileo, porque muchos autores han considerado que este desarrollo se funda por entero en la observación y la experimentación, que son ellas, y sólo ellas, las que sugirieron y permitieron a Galileo desarrollar la teoría: se trataría simplemente de mirar bien, con cuidado.

A este respecto, las tesis de Koyré, como se dice usualmente, levantaron ampolla; porque sostiene que lo definitivo en la obra de Galileo (y en la de cualquier otro creador) está en el trabajo conceptual realizado, porque demuestran que la experiencia nunca es una experiencia en bruto, sino interpretada en función de una cierta teoría. Esto supone entonces que Koyré tenga una determinada concepción sobre lo que fueron los experimentos de

1. Los tres "Estudios Galileanos" datan de los años 1936 a 1940; el resto de su obra dedicada directamente a Galileo, compuesta por artículos de diversa extensión escri-

tos en diferentes épocas, hacen parte del libro *Estudios de Historia del Pensamiento Científico*.

19. Immanuel Kant, *Sobre Pedagogía*, en Kant, Pestalozzi y Goethe, *Sobre Educación*, Madrid, Daniel Jono, 1911, pág. 15. (Recopilación de Lorenzo Buzuriaga).

El autor es profesor en el Departamento de Física, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia, Seccional de Medellín.

Galileo y sobre su papel; ya lo veremos mas adelante. Y es a propósito de esta concepción que Naranjo y Monsalve entablan su discusión.

Para plantear la cuestión, Naranjo y Monsalve comienzan el apartado 2 de su artículo reproduciendo un conocido texto de los "Discursos Sobre dos Nuevas Ciencias" en que Galileo explica la forma como realizó sus experiencias de movimientos de cuerpos en planos inclinados, señalando como las construye, cómo las desarrolla, cómo mide longitudes y tiempos, y asegurando la exactitud en los resultados con respecto a las predicciones teóricas; y a propósito de este texto traen a colación los comentarios de Koyré: "Una bola de bronce que rueda en una ranura 'lisa y pulida', tallada en madera. ¡Un recipiente de agua con un agujero por el cual pasa el agua que se recoge en un vaso, para pesarla luego y medir de este modo los tiempos de descenso (la clepsidra romana, la de Ctesibio, era un instrumento mucho mejor)! : ¡qué acumulación de fuentes de error y de inexactitud! Es evidente que los experimentos de Galileo están completamente desprovistos de valor: la misma perfección de sus resultados es una prueba rigurosa de su inexactitud..." "Los historiadores modernos, acostumbrados a ver cómo se hacen los experimentos de Galileo para los estudiantes en nuestros laboratorios escolares, aceptan esta sorprendente exposición como verdad del Evangelio y felicitan a Galileo por haber establecido, por lo tanto, no sólo la validez empírica de la ley de caída, sino también esta última".

Este es el único párrafo de Koyré que Naranjo y Monsalve citan en su artículo; es a partir de él que sacan sus conclusiones. No consideran para nada el resto del texto de que hace parte ese párrafo (ni siquiera se preocupan de indicar cual es ese texto de que toman la cita), ni las otras obras de Koyré.

Inicialmente lo critican por poner en cuestión, tan a la ligera, la posibilidad de que Galileo pudiera hacer mediciones de precisión aceptable; afirman que "sin duda, Koyré se apresura en su evaluación del

texto. Le parece evidente que, con tan pobre utillaje, Galileo no podía verificar nada en los experimentos. Que se nos perdone, pero Koyré pasó por alto la física del experimento" (2).

Naranjo y Monsalve pasan entonces a analizar las condiciones de realización del experimento y de la medición de tiempos mediante la clepsidra descrita por Galileo. A este respecto, muestran que el hecho de que haya efectivamente rozamiento, lo que obliga a considerar la esfera de bronce como un cuerpo que rueda y no como una partícula que solo se traslada, no afecta las conclusiones de Galileo: la aceleración lineal, aunque menor que la correspondiente al caso de deslizamiento puro, de todas formas es constante, con lo que se mantiene la proporcionalidad entre las distancias y los cuadrados de los tiempos. Y entonces afirman: "Esto no lo vio Koyré. Prefirió pensar que, puesto que Galileo pretendía haber anulado la fricción, y "como todo mundo sabe" esto no es posible, Galileo no hablaba en serio. Nosotros afirmamos haber visto caer esferas por planos inclinados, y no sabemos si Koyré lo pudo hacer alguna vez, empeñado en probar, como estaba, el rasgo platónico de los trabajos galileanos. Desde el punto de vista de la física, los experimentos galileanos funcionarían a pesar de haber embetunado la pista" (3).

Este primer hallazgo de los autores, mirado en detalle, presenta algunos problemas: por una parte, suponen que hay rodamiento puro a lo largo de todo el trayecto, es decir, suponen uniformes las condiciones del movimiento; pero esto no tiene mucho problema, es una buena hipótesis, aceptable; pero hay otra cuestión más delicada, y es la de que la ley de caída de los cuerpos, ya sea sobre la vertical o sobre un plano inclinado, no se limita a enunciar la proporcionalidad entre distancias y cuadrados de tiempos, sino que presupone la determinación del valor numérico del factor de

proporcionalidad correspondiente; si Naranjo y Monsalve no le prestan atención a esta cuestión es porque, como resulta claro más adelante en su análisis de otro experimento galileano, su tesis es que Galileo sí podía medir con precisión, y que en consecuencia, al realizar la experiencia del cuerpo que desciende por el plano inclinado, sin duda debió obtener con la exactitud que asegura la relación entre distancias y tiempos de recorrido, medidos directamente, aunque el factor de proporcionalidad fuera $(5/7)g \sin \theta$ y no $g \sin \theta$; es decir, la tesis de Naranjo y Monsalve, como ellos mismos lo dicen luego, siguiendo a Stilman Drake, es la de que Galileo tenía una teoría incompleta, pues no incluía el efecto inalienable de la fricción, pero que de su capacidad para realizar mediciones precisas no cabe dudar. Sin embargo, al no prestar atención a esta cuestión del valor numérico del factor de proporcionalidad, Naranjo y Monsalve guardan silencio sobre un problema que, sin duda, preocupó a Galileo, y es el de la determinación del valor de la aceleración gravitatoria en la superficie terrestre, g , que solo puede conocerse a partir de mediciones, y que Galileo, luego veremos por qué, nunca pudo determinar. Y ésta no es más que otra forma de referirse a la cuestión de la precisión en las medidas; ¿por qué, entonces, Naranjo y Monsalve guardan silencio en este punto?

En cuanto a la medición de tiempos, los autores aseguran que una clepsidra galileana, "bien manejada funciona bastante bien. Porque lo hemos visto, podemos decir: el que no lo crea, que vaya y lo vea" (4), adjuntando las ecuaciones que describen el funcionamiento del instrumento, y agregando que Galileo tenía a la mano, además, toda una variedad de relojes, entre los cuales lo que ellos denominan cronómetros geométricos, es decir, planos inclinados utilizables como relojes.

II.

Lo que está pues en juego, al menos en un comienzo, es la precisión

4. Pág. 19.

del experimento descrito por Galileo; y los autores lo que quieren mostrar, inicialmente, es que aquél sí estaba en posibilidad técnica de alcanzar una buena precisión en esas experiencias. Sin embargo, sorpresivamente el problema va a cobrar otras dimensiones: ya no se tratará solamente de la precisión en los datos obtenidos por Galileo, sino, más bien, de si Galileo realizó o no los experimentos aludidos. Koyré, en el párrafo citado por Naranjo y Monsalve, no pone en duda la realización sino la precisión (tampoco lo hace en otros textos; ya lo veremos); a pesar de esto, los autores deciden, siguiendo siempre a Stilman Drake, que hace falta demostrar que Galileo sí realizó experimentos de medición (este deslizamiento, este asumir que Koyré llegó a negar que Galileo realizara experiencias se explica quizá porque Naranjo y Monsalve confundan, o combinen, lo que Koyré llama "experimentos pensados" o "ideales" de Galileo con sus dudas sobre la precisión alcanzada en las mediciones temporales realmente efectuadas por éste).

Así pues, de la precisión se pasa a la realización; veamos lo que Naranjo y Monsalve nos dicen al concluir las consideraciones sobre la clepsidra: "Koyré, en conclusión, escamoteó por completo el párrafo de Galileo. Quería leer un experimento ideal donde Galileo estaba informando de los resultados de años en el Taller del Artesano y en los astilleros venecianos. A nuestro juicio Koyré sacó las conclusiones epistemológicas antes de examinar las condiciones de posibilidad físicas: descartó los resultados "por exactos"... ¿No es esto, en verdad muy extraño?" Y continúa: "Pero se podría argumentar diciendo que sólo hemos probado la posibilidad, y no la realización de los experimentos galileanos. Para responder a esto, hemos de remitirnos a Drake y Malachlan..." (5).

Tipo perverso este Koyré; quería ver un experimento ideal donde Galileo estaba informando de los resultados de años; no vio que en el plano inclinado, aún habiendo roda-

5. Págs. 22 y 23.

miento, la aceleración es uniforme, no lo vio sino que prefirió pensar que, siendo imposible anular la fricción, Galileo no hablaba en serio; tipo perverso, sin duda.

Y entonces, con base en los documentos reproducidos por S. Drake, que hacen parte de los manuscritos de Galileo de la Biblioteca Nacional de Florencia, y en los desarrollos del mismo Drake, Naranjo y Monsalve se lanzan a explicar cómo estos documentos comprueban, sin lugar a dudas, que Galileo sí hizo experiencias de medición, y que, además, los resultados numéricos anotados por Galileo en las hojas respectivas, confrontados con los cálculos realizados teniendo en cuenta la fricción, muestran que Galileo sí alcanzó grados de precisión muy buenos en sus mediciones; al hacer esto, utilizan como argumento probatorio, antes dejado de lado completamente, la diferencia entre los valores numéricos que esperaba Galileo y los que encontró realmente, diferencias debidas al rodamiento, y que lo disuadieron, piensan los autores, de publicar sus resultados. (Señalemos desde ahora, aunque luego volveremos sobre esto, que en este caso se trata de una experiencia en que únicamente se miden distancias, mientras que en el anterior, el que Galileo narra en los "Discursos", se deben medir distancias y también intervalos de tiempo, y además se requieren sincronizaciones; es decir, Naranjo y Monsalve, siguiendo a Drake, suponen que el grado de precisión alcanzado en un caso, del que las cifras anotadas no dejan lugar a dudas, hubo necesariamente de alcanzarse en otro caso donde, además de distancia, hay que medir intervalos temporales, operación mucho más compleja y exigente; en esta inferencia de un caso sobre el que hay prueba documental y en que solo se midieron distancias, a otro que Galileo relata sólo cualitativamente y en que habría que medir distancias y también tiempos, en esta inferencia hay un error, una omisión).

Hay pues dos objeciones planteadas a Koyré: por dudar de la precisión en las medidas, por dudar de la realización de las pruebas. Aunque, para decir la verdad, Naranjo

y Monsalve no son muy explícitos en esto; mejor dicho, son confusos; no es muy claro qué es lo que realmente piensan, pues pasan de una cosa a la otra como si se tratase de lo mismo; o quizá se trate de una combinación de ambas, de demostrar que Galileo realizó experimentos, y que estos eran precisos. Pero, de todas formas, no importa: cualquiera de estas variantes puede ser resuelta a partir de los escritos de Koyré. Consideremos en primer lugar la cuestión de la precisión.

III.

El párrafo de Koyré citado por Naranjo y Monsalve está tomado del artículo "Un experimento de medición" (6), escrito en 1953. Cuando uno abre el libro en que se encuentra, y comienza a leerlo, se lleva una sorpresa: casi llega uno a pensar que Koyré lo escribió para responder a las acusaciones que ellos le hacen: la acusación de que se apresura en evaluar el texto de Galileo, la de que lo escamotea, la de que quería "leer un experimento ideal donde Galileo estaba informando de los resultados de años en el Taller del Artesano y en los astilleros venecianos", la acusación, en fin, de que "Koyré sacó las conclusiones epistemológicas antes de examinar las condiciones de posibilidad físicas".

¿De qué trata este artículo de Koyré? Veamos lo que él mismo nos dice:

"Pero además de las dificultades teóricas (conceptuales) y psicológicas que impiden la aplicación de la idea de rigor matemático al mundo de la percepción y de la acción, la realización efectiva de mediciones concretas tropieza en el siglo XVII con dificultades técnicas de las que solo tenemos, me temo, viviendo en un mundo agobiado y dominado por los instrumentos de precisión, una idea muy remota. Incluso los historiadores

6. Este artículo hace parte del libro *Estudios de historia del pensamiento científico*; cito la edición española, de Siglo XXI.

2. Revista *Ciencias Humanas* N° 6, págs. 17 y 18.

3. Pág. 18.

que —como señalaba I. Bernard Cohen— nos presentan demasiado a menudo los experimentos decisivos del pasado no tal como fueron realizados entonces, sino como son realizados ahora en nuestros laboratorios y universidades, no tienen una conciencia plena de las condiciones reales y, por tanto, del auténtico sentido de la experimentación en la época heroica de la ciencia moderna. Y con el propósito de contribuir a la historia de la constitución de los métodos experimentales de la ciencia, voy a tratar de describir la historia del primer intento consciente y seguido de una medición experimental; la medición de una constante universal: la constante de la aceleración de los cuerpos que caen libremente" (7).

La medición de esta constante, como lo dice a continuación Koyré, se enmarca dentro de un problema más general, el de la verificación experimental de la ley galileana de caída de los cuerpos, ley en que esta constante, g , la aceleración gravitatoria en la superficie terrestre, viene a ser el doble del factor de proporcionalidad entre el espacio recorrido por el cuerpo y el cuadrado del tiempo que emplea en recorrer ese espacio. Koyré explica por qué era necesaria esa verificación experimental de la ley que Galileo había deducido:

"Esta ley presupone que la pesantez, aunque en absoluto sea una propiedad esencial de los cuerpos (y cuya naturaleza, además, ignoramos), no obstante, es su propiedad universal (todos los cuerpos son 'pesados' y no los hay 'ligeros'); por otra parte, para cada uno de ellos constituye una propiedad invariable y constante. Solo en esas condiciones la ley galileana es válida (en el vacío).

"Sin embargo, a pesar de la elegancia matemática y de la verosimilitud física de la ley galileana, es evidente que, considerada en sí misma, no es la única ley posible (G.B. Baliani propone en-

tonces una ley según la cual los espacios atravesados son 'ut numeri impares'; Descartes y Torricelli discuten la posibilidad de que los espacios estén en proporción cúbica y no cuadrada con el tiempo; en la física newtoniana la aceleración está en función de la atracción y, por lo tanto, no es constante. Además, como el mismo Newton no deja de señalar, la ley de atracción del cuadrado inverso no es en absoluto la única posible).

"Además, no nos encontramos en el vacío, sino en el aire; no en el espacio abstracto, sino en la Tierra, y quizá incluso en una Tierra que se mueve. Es absolutamente evidente que es indispensable una verificación experimental de la ley, lo mismo que de la posibilidad de aplicarla a los cuerpos que caen en nuestro espacio, 'in hoc vero aere'. Como es indispensable la determinación del valor concreto de la aceleración (g)" (8).

Verificar la ley galileana y determinar el valor de g son pues dos aspectos de un mismo problema, un problema que involucra mediciones espaciales y temporales. Y para lograr los dos objetivos el requerimiento es: poder hacer medidas precisas. Es allí donde está el problema; porque, como lo muestra Koyré, esto era posible para las medidas espaciales ("el espacio [local] es fácil de medir" afirma en la página 281), pero no lo era para las temporales, pues se carecía de relojes de precisión.

Las dudas, la desconfianza que Koyré expresa con respecto a los relojes disponibles en la primera mitad del siglo XVII no es, ni mucho menos, una cuestión personal suya; es decir, no se trata de que a Koyré le parezca que es así; sus dudas están fundadas históricamente. En la nota 17, página 281, dice que "la inexactitud de los relojes de los siglos XVI y XVII es bien conocida"; pero no hace falta que dé una justificación especial a esta afirmación;

8. Ibid, págs. 277-278. ¿Podrá decirse, después de leer esto, que Koyré niega el valor de la experimentación?

le basta con seguir desarrollando la cuestión que se ha propuesto, le basta con relatar la historia del experimento en cuestión, pues, como muestra con lujo de detalles, esta historia, ante la inexistencia de un reloj confiable, termina por convertirse en la historia de la construcción de un cronómetro bajo la presión de una necesidad científica.

¿Qué pasa entonces con la clepsidra que Galileo describe y que, según Naranjo y Monsalve, "bien manejada funciona bastante bien, sobre todo en manos de Galileo y un ayudante apellidado Torricelli"? No es difícil responder a esto, basta con remitirnos de nuevo a la historia en cuestión; los sucesores de Galileo en el intento de verificar su ley de caída y determinar g la desearon por completo, su trabajo investigativo la relegó al cuarto de los trastos viejos, a la tienda del anticuario. Estos sucesores son, según Koyré, el religioso Marín Merssene, quien mantuvo estrechas relaciones con Descartes y Pascal; el jesuita italiano Giambattista Riccioli; y el físico holandés Huyghens. Los tres (los dos primeros en forma casi simultánea, el tercero un poco más tarde) se abocaron al doble problema, y para ellos la clepsidra fue como si no existiera: los tres orientaron su trabajo hacia otro elemento, precisamente uno al que Galileo dedicó muchos esfuerzos teóricos y experimentales, y sobre el que logró grandes cosas: el péndulo circular; porque el péndulo, con su período prácticamente independiente de la amplitud de oscilación (si la oscilación es pequeña) constituía el mejor, o quizás el único punto de apoyo en este combate: medir el tiempo con precisión.

No vamos a desarrollar aquí toda esta historia, porque no se trata de volver a escribir lo que ya escribió Koyré. Baste con señalar que la solución del problema, alcanzada por Huyghens (9), coincide con la construcción del primer reloj de preci-

9. Huyghens, como lo muestra muy bien Koyré, "transformó los experimentos empíricos o semiempíricos de Merssene y Riccioli en una experimentación auténticamente científica". Ibid, pág. 295.

sión, un reloj de péndulo cicloidal cuyo propio funcionamiento era ya una verificación de la ley galileana.

Y si la reconstrucción de esta historia de la lucha por medir el tiempo con precisión es el trabajo de Koyré, ¿cómo se explica que Naranjo y Monsalve, que citan precisamente un párrafo de este artículo, lo acusen, cuando pone en cuestión a Galileo, de "sacar las conclusiones epistemológicas antes de examinar las posibilidades físicas"?

Casi podríamos decir lo contrario, que son ellos quienes no examinan en verdad esas posibilidades. La defensa que hacen de la clepsidra galileana es bien curiosa: amén de los argumentos ya mencionados de que ellos la han visto funcionar y de que estaba en manos de Galileo y Torricelli, se limitan a escribir las ecuaciones que describen su funcionamiento... teórico, por supuesto; y de ellas concluyen que la clepsidra sí es idónea; como si la bondad que se deduce de estas ecuaciones no se viera afectada, una vez que se empieza a operar no con la ecuación sino con la clepsidra real, por factores que no se tiene en cuenta en la teoría y que terminan por hacer inservible el aparato. Por ejemplo, que la ecuación supone un líquido ideal, no viscoso, y el hecho de que de todas formas sí está variando la altura del líquido en el recipiente. Pero esto no tiene mayor peso, hay otros factores mucho más importantes, y que tienen que ver con la operación misma del aparato: la dificultad para asegurar la sincronización entre la acumulación del líquido en el vasito y la puesta en marcha y detención del cuerpo que desciende por el plano; y los errores relativos a la medición del fluido acumulado usando la balanza; la posibilidad de error por sincronización, por supuesto, estaría presente también al utilizar cualquier otro reloj, pero en el caso de la clepsidra hay una situación especial: si se inicia el flujo en el instante en que se suelta al móvil en el plano, o bien si el líquido ya está fluyendo y lo que se hace es colocar el vasito bajo el chorro en ese instante inicial, los errores por sincronización serán sin duda mayores que los probables al soltar un péndulo para que comien-

Los autores citan un solo párrafo de Koyré, y omiten el resto del artículo en que, al desarrollar la historia del experimento para verificar la ley galileana de la caída, Koyré fundamenta por completo y da sentido a su apreciación sobre los experimentos galileanos. Naranjo y Monsalve omiten este desarrollo. ¿Por qué proceden así? ¿Por qué no discuten las tesis de Koyré en lugar de silenciarlas? ¿O es que no lo leyeron?

Hay un último punto a mencionar. Actualmente algunos historiadores han considerado importante reproducir la experiencia que describe Galileo; al hacerlo, han encontrado que la utilización de la clepsidra da lugar a mediciones que, en la actualidad, pueden ser avaladas como "bastante aceptables"; es decir, mediciones que no son de gran precisión, pero se aproximan bastante a la predicción teórica. Dejando de lado el hecho de que no se puede tener la certeza de que estas reproducciones tengan el mismo nivel tecnológico que los originales, cabe observar que sus resultados nos dejan tranquilos a nosotros, pertenecientes a "un mundo agobiado por la precisión", porque sabemos que, de todas formas, la validez de la teoría ha sido verificada ya con mucha mayor exactitud y por numerosísimos caminos; por eso, los resultados de esas reproducciones, aunque no son muy exactos, nos parecen bastante aceptables; pero la situación de los contemporáneos de Galileo era muy diferente; tras ellos no había toda una tradición de trabajo experimental que les permitiera "quedarse tranquilos" con esos resultados, pues ellos no estaban repitiendo algo que ya daban por cierto sino debatiéndose entre la validez o no de una teoría; ¡el problema estaba por entero entre sus manos!; no en vano, como señala Koyré, otros físicos discutieron la posibilidad de una ley matemática de la caída de los cuerpos distinta de la galileana. Por eso, no podían contentarse con un "más o menos aproximado", por eso su empeño por construir un reloj de precisión; se comprende así que la clepsidra no fuera un instrumento apropiado.

IV.

Volvamos ahora al texto de los "Discursos" a que nos hemos referido, en donde Galileo afirma que, midiendo los tiempos con la clepsidra, se verifican con toda exactitud las previsiones teóricas⁽¹⁰⁾. ¿Por qué Koyré, a propósito de él, afirma que "es evidente que los experimentos galileanos están completamente desprovistos de valor: la misma precisión de sus resultados es una prueba rigurosa de su inexactitud"?

En apariencia, la experiencia más indicada para verificar la ley de caída y medir g es, sin duda, la propia caída libre de un cuerpo, pues se contaría con la ventaja de que allí el rozamiento se debe solo al aire y si se trabaja con un cuerpo de densidad alta el efecto de este rozamiento se hace menos sensible; pero en esta experiencia se hace mucho más difícil realizar mediciones directas, en virtud de las altas velocidades que alcanza el móvil en corto tiempo. A propósito de esto dice Koyré: "Sabemos la extremada ingeniosidad con la que Galileo, incapaz de realizar mediciones directas, sustituye la caída libre por el movimiento en el plano inclinado, por un lado, y por el del péndulo, por otro. Es justo reconocer su inmenso mérito y su genial intuición, y el hecho de que estén [sus experimentos] basados en suposiciones erróneas no los menoscaba en absoluto"; y señala en una nota cuales son estas suposiciones erróneas: "Los experimentos de Galileo se fundan en las siguientes suposiciones: a) que el movimiento de una bola rodando a lo largo de un plano inclinado es equivalente al de un cuerpo deslizándose (sin fricción) sobre el mismo plano; b) que el movimiento pendular es perfectamente isócrono"⁽¹¹⁾.

Así pues, al sustituir la caída libre en el aire por la caída en el plano se facilitan las mediciones... pero se introduce un rozamiento que

hace que, para el plano, la teoría galileana no sea válida.

Ya hemos hablado sobre esta cuestión; utilizando planos inclinados era imposible para Galileo verificar la ley de caída y medir g , pues de entrada contaba con una limitación teórica; y a esta limitación venía a sumarse la imposibilidad técnica de medir con precisión intervalos de tiempo.

De hecho, Galileo nunca pudo medir la constante g ; a continuación de su comentario sobre la descripción cualitativa que Galileo hace de la experiencia en el plano inclinado, Koyré señala: "No es de extrañar que Galileo, que, sin duda, era consciente de todo esto [de sus limitaciones], evite en la medida de lo posible (por ejemplo en los Discorsi) dar un valor concreto a la aceleración; y que cada vez que le da uno (como en el Diálogo) sea radicalmente falso"⁽¹²⁾.

Y no se trata tan solo de una apreciación realizada por Koyré, tres siglos después de la muerte de Galileo; por el contrario, un contemporáneo suyo, Mersenne, ya lo había hecho notar. Koyré cita varias de sus referencias al asunto; veamos ésta: "Pero en cuanto al experimento de Galileo, no me puedo imaginar de donde procede la gran diferencia que encontramos aquí en París, y en sus alrededores, respecto al tiempo de las caídas, que siempre nos ha parecido mucho menor que el suyo: no es que yo quiera achacar a tan gran hombre poco cuidado en sus experimentos; pero yo los he hecho diferentes veces desde diferentes alturas, en presencia de varias personas juiciosas, y siempre han sucedido de la misma forma: porque si la braza de la cual se ha servido Galileo solo tiene un pie y dos tercios, es decir 20 pulgadas del pie de rey que se usa en París, es seguro que la bola descende más de cien brazas en cinco segundos... los 100 codos de Galileo equivalen a 166 y 2/3 de nuestros pies"⁽¹³⁾; y en una

nota señala Koyré: "en realidad el pie utilizado por Galileo es más corto —29,57 cms.— que el pie real (32,87 cms.) utilizado por Mersenne. La diferencia entre sus respectivos datos es, por lo tanto, mucho mayor aún de lo que éste último supone".

Se trata, pues, de la comparación entre los datos obtenidos en mediciones realizadas en la misma época, en condiciones tecnológicas similares; Koyré reproduce los valores numéricos que justifican la extrañeza de Mersenne.

Y la sorpresa de éste se expresa a veces de manera mucho menos respetuosa; en otro texto, citado por Koyré en los "Estudios Galileanos", Mersenne afirma haber realizado las experiencias siguiendo con gran cuidado las indicaciones de Galileo en cuanto al pulimento del plano, a la derechura del canal, a la dureza de las bolas; y después de repetirlos numerosas veces, los resultados son tan dispares que llega a dudar de "que el señor Galileo haya hecho las experiencias de las caídas sobre el plano"⁽¹⁴⁾.

Es todo este universo de elementos el que lleva a Koyré a afirmar que el experimento descrito por Galileo "carece de todo valor", pues estaba equivocado teóricamente y sus mediciones temporales eran muy imprecisas.

¿Podrá decirse que esto es "escamotear a Galileo" cuando él mismo nunca pudo dar cuenta efectiva de la verificación experimental de la ley de caída ni de la medición de la aceleración g (recordemos que el texto de los Discursos se limita a una descripción cualitativa del experimento del plano inclinado) y cuando ya sus propios contemporáneos hicieron notar los problemas inherentes a sus mediciones?

V.

Pero carecen de valor solo desde el punto de vista de la verificación de la ley y de la precisión; y esto no

es desacreditar a Galileo: si para el plano tenía una teoría equivocada, esa era su situación; si no contaba con un reloj de precisión, pues no lo había, y basta. Koyré no niega el valor del trabajo de Galileo como experimentador, ni mucho menos llega a insinuar siquiera (ni en el párrafo que reproducen Naranjo y Monsalve, ni en ninguna otra parte) que ese trabajo no existió; muy por el contrario; para verlo, basta recordar lo que un poco más atrás hemos citado: "Es justo reconocer su inmenso mérito y su genial intuición, y el hecho de que estén [los experimentos] basados en suposiciones erróneas no los menoscaba en absoluto". En muchos otros sitios de su obra Koyré expresa similares opiniones; a riesgo de resultar pesado, quiero reproducir dos. En una nota de "Un experimento de medición", refiriéndose al problema de la medición del período de oscilación de un péndulo sin disponer de un reloj confiable, Koyré señala: "Galileo —y hay que admirar su genio experimentador— sustituye la medición directa por la comparación del movimiento de dos péndulos diferentes"⁽¹⁵⁾. Y en "La ley de la caída de los cuerpos", en "Estudios Galileanos", refiriéndose precisamente al mismo texto de que hemos venido hablando, en que Galileo describe la experiencia del plano inclinado, Koyré anota:

"... 'la experiencia' que nos relata Galileo —experiencia real esta vez— sería totalmente incapaz de soportar el peso de la física clásica, peso con que tantos historiadores de la ciencia se obstinan en abrumarla.

"La experiencia que instaura Galileo es maravillosamente imaginada; la idea de sustituir la caída libre por la caída sobre un plano es, verdaderamente, un rasgo genial. Pero, es necesario darse cuenta, la ejecución no está a la altura de la idea"⁽¹⁶⁾.

El problema está en la ejecución, el problema está en la medición de

15. Nota 10, pág. 278.

16. La loi de la chute des corps, en *Etudes Galiléennes*, pág. 153.

VI.

La cuestión de la precisión tiene aún otro aspecto, que a lo largo del desarrollo de la física se ha puesto de presente en numerosas ocasiones y de diversas formas, y que Koyré señala a propósito de Galileo: el hecho de que ninguna experiencia puede ser, por definición, rigurosamente exacta. Una experiencia es siempre interpretada en función de una teoría, y esta teoría es limitada, no agota enteramente todos los factores que afectan a la experiencia; en esa medida, los resultados de ésta no podrán nunca acomodarse completamente a las predicciones de aquélla.

No se trata, seamos claros en esto, de que la experiencia sea imprecisa (cosa que, por lo demás, no tendría sentido); es la teoría la que, siempre, es limitada. Una teoría es siempre un modelo, un modelo que modula, que da forma, a nuestros ojos, a la experiencia, pero que, a la vez, no la agota; la teoría modela, crea para nosotros lo real, pero, a la vez, de una u otra forma, lo real siempre escapa a ella. Y en este sentido cabe decir que toda teoría es abstracta, es decir que *no reúne todas las determinaciones concretas* que afectan al problema a que esta teoría alude.

Esta cuestión es susceptible de ser planteada respecto a cualquier problema de física; y Koyré lo hace para la obra de Galileo; en numerosas ocasiones insiste en el carácter abstracto de las leyes y postulados galileanos. En particular, en "La ley de la caída de los cuerpos" lo plantea en referencia al texto de los "Discursos" ya tantas veces mencionado. Cuando Galileo asegura allí que "... la experiencia habiendo... sido repetida cien veces, siempre los espacios recorridos se encontraron estar en relación de los cuadrados de los tiempos y esto cualquiera que fuese la inclinación del plano, es decir del canal en que descendía la bola" y que "las duraciones de la caída sobre los planos diversamente inclinados eran conformes a las proporciones que les asignaban las demostraciones"⁽¹⁷⁾, Koyré comenta:

17. Ibid., pág. 154.

10. No es necesario reproducir este texto, que aparece en extenso tanto en el artículo de Naranjo y Monsalve como en el de Koyré.

11. *Estudios de historia...*, pág. 278.

12. Ibid., pág. 280.

13. M. Mersenne, *L'Harmonie Universelle*; citado por Koyré en el artículo en cuestión, pág. 285.

14. *Etudes Galiléennes*, Hermann, París, pág. 155.

"Esto es muy afortunado; porque ninguna persona hubiera podido suponer una concordancia tan rigurosa de la experiencia con las previsiones; aún más: a pesar de la aseveración de Galileo, está uno tentado a dudar. Y esto por la simple razón de que tal concordancia *rigurosa* es *rigurosamente* imposible" (18).

¿Por qué? Porque no puede haber acuerdo total entre una experiencia y la teoría limitada, abstracta, en función de la cual estamos interpretando esta experiencia. Koyré, como dijimos, señala continuamente esta cuestión respecto al trabajo de Galileo, insiste en el carácter abstracto de las leyes galileanas. En "Galileo y la ley de inercia", tercero de los "Estudios Galileanos", en referencia al postulado, evidente para Galileo, según el cual "los grados de velocidad adquiridos por el mismo móvil sobre planos diversamente inclinados son iguales si las alturas de los planos también lo son", Koyré escribe:

"El postulado galileano, a nosotros, no nos parece de manera alguna evidente. Y, sin duda, no se nos ocurriría colocarlo al comienzo de un tratado de mecánica. Galileo sin embargo lo hace, y Sagredo estima "que una tal hipótesis es tan probable que merece ser aceptada sin controversias, siempre y cuando se asegure que todos los obstáculos accidentales y exteriores sean eliminados, que los planos sean bien sólidos y pulidos, que el móvil sea perfectamente redondo, de suerte que plano y móvil no presenten rugosidades. Si todos estos obstáculos e impedimentos se descartan, las luces naturales me muestran sin dificultad que una bola pesada y perfectamente redonda que descienda por las líneas [por los planos] CA, CD, CB llegará a los puntos A, D, B con ímpetus iguales".

"Sagredo tiene razón al insistir en la necesidad de eliminar todos los impedimentos exteriores: las leyes de la física galileana son, en efecto leyes "abstractas", que no valen tal cual para los cuerpos reales. Sin duda se refieren

a una realidad; pero esta realidad no es la de la experiencia cotidiana; es una realidad ideal y abstracta. Nosotros, a decir verdad, no tenemos necesidad de que se nos recuerde esto; estamos demasiado habituados a esta abstracción. Casi se podría decir que tenemos necesidad de lo contrario: necesidad de que se nos recuerde que el mundo ideal y abstracto de la física matemática no es, propiamente hablando, el mundo real" (19); y agrega en una nota: "Estamos de tal forma habituados a hipostasiar, como realidad, los resultados —o las condiciones— de nuestras operaciones de cálculo que, o bien admitimos ingenuamente que los límites de nuestras posibilidades de determinación son propiedades de lo real (así, por ejemplo, admitimos ingenuamente la identidad de los constituyentes últimos de la materia, moléculas, átomos, electrones), o bien hacemos de ellos un "postulado". La historia reciente de la física ofrece ejemplos tan sorprendentes de esta tendencia de nuestro espíritu que creemos inútil insistir en el asunto".

Si consideramos la cuestión del cuerpo que desciende por un plano inclinado desde este punto de vista, resulta entonces que el carácter abstracto de la ley galileana no depende únicamente del hecho de que en ella no se tiene en cuenta el rozamiento existente entre la bola y la superficie. Aunque se incluya el efecto de este rozamiento, es decir aunque se considere el movimiento como un rodar y no como un deslizarse, la ley correspondiente seguirá siendo una ley abstracta, en la medida en que toda teoría lo es: no agota completamente todas las determinaciones concretas del problema, pues sigue suponiendo cuerpos perfectamente regulares, duros, fricción homogénea, etc. De esta forma, los experimentos de cuerpos que ruedan cuesta abajo en planos inclinados seguirán dando, de todas formas, resultados que no se acomodan exactamente a las previsiones teóricas, más alejados de éstas cuanto más alejadas estén las condiciones con-

cretas del rodamiento de las condiciones ideales en base a las cuales se establece la ley teórica.

Esto, Naranjo y Monsalve no lo ven. Piensan que la observación de Koyré sobre el carácter abstracto de la ley galileana se limita al hecho de que esta ley no tiene en cuenta el rodamiento, y que todo se resuelve estableciendo una ley que lo incluya. Al proceder así, no ven que la objeción de Koyré apunta en otra dirección: no solo que Galileo tenía la teoría equivocada, sino que, aún con la teoría apropiada, no se puede esperar una coincidencia absoluta entre resultados experimentales y predicciones teóricas.

El análisis de los números anotados por Galileo en la hoja de cálculos de los manuscritos florentinos indica que, sin duda, Galileo obtuvo allí un buen grado de aproximación entre condiciones efectivas y condiciones supuestas (en la teoría con fricción, claro está); pero, paradójicamente, no hace sino confirmar a Koyré: de todas formas, entre mediciones y predicciones habrá una desviación. Y si tenemos en cuenta que esta desviación, para Galileo, se combinaba con errores de orden mucho mayor cuando se tenían también mediciones temporales, se comprende muy bien que Koyré, a propósito del texto de Galileo tantas veces mencionado, se "sintiera tentado a dudar, porque una concordancia *rigurosa* es *rigurosamente* imposible".

Esta desviación entre condiciones supuestas y condiciones reales es un factor que está presente en todo experimento en física. Y, muchas veces, es la causa de que se abandone el intento de verificar directamente una determinada ley, y se adopte para ello una vía indirecta en que se pueda garantizar una buena concordancia entre teoría y experimento (o experiencia) (20). Y, en cuanto a la precisión con que se podía trabajar a comienzos del siglo XVII en Europa, resulta muy instructivo señalar, como hemos ya indicado que lo hace Koyré en "Un experimento de medición", que el camino segui-

do por los sucesores de Galileo en el intento de verificar experimentalmente la ley de caída galileana y de medir la aceleración culminó precisamente de esta forma: ya vimos que una de las condiciones previas de esa verificación era la construcción de un cronómetro, de un reloj de precisión; una vez en posesión de tal reloj, habría que preocuparse de que las condiciones efectivas de la experiencia de caída se asemejaran a las supuestas teóricamente; Huyghens fue quien, por primera vez en la historia, construyó tal reloj; y una vez construido, ni siquiera hizo falta preocuparse de la concordancia entre teoría y experimento, porque el funcionamiento del reloj mismo era ya una verificación de la ley y permitía también medir la aceleración g (21).

VII.

La insistencia de Koyré en el problema de la precisión, por lo demás, no es un mero capricho, tiene en realidad dos causas. La primera es el interés en conocer el tipo de experimentación que podían desarrollar Galileo y otros físicos contemporáneos; es de esto que hemos estado hablando. Pero hay aún otra cuestión, que mencionamos al comienzo de este artículo, y que tiene que ver con una tesis que desde siempre ha hecho carrera tanto entre físicos como entre historiadores de la ciencia, tesis según la cual la nueva física fue posible por la experimentación, que fue el hallazgo empírico de la ley de caída por Galileo lo que posibilitó el desarrollo de esa nueva física.

De acuerdo a esto, el presupuesto para la aparición de la ciencia es simplemente el observar bien, con cuidado, sin prejuicios, para ver las cosas "tal como son"; y en este buen

21. Por lo demás, como señalé antes, resultaba muy difícil en esa época asegurar tal concordancia, sobre todo por la sincronización entre la detención del cuerpo y la del dispositivo que se utilizaba como reloj; ver al respecto *Un experimento de medición*.

observar, como cosa que se sobreentiende, ha de estar el tomar medidas; así surgirán las leyes empíricas sobre las cuales, una vez firmemente establecidas, podrá irse desarrollando con toda tranquilidad la ciencia. Y todo esto en oposición a las antiguas teorías, que según se afirma no prestaban ninguna atención a la observación y a la medición, fundándose solamente en la especulación.

Esta argumentación se basa en varios errores. El más protuberante consiste en suponer que la mera obtención empírica de una relación numérica entre dos o más magnitudes físicas a propósito de una cierta experiencia ha de producir ella sola toda una transformación a nivel de los conceptos. Una relación numérica, una ecuación obtenida empíricamente no es sino eso, una ecuación; la transformación conceptual solo se puede producir por un trabajo a nivel conceptual. Y de esto, la historia de la física ofrece numerosos ejemplos: Copérnico produjo una transformación radical de la astronomía por un trabajo exclusivamente conceptual, pues los datos de observación que utilizó fueron los heredados de la astronomía ptolemaica: Tycho Brahe, contando con sus propias observaciones, mucho más precisas que las anteriores, no aceptó nunca las teorías de Copérnico; en cambio Kepler, con esos mismos datos de Brahe, le dio el vuelco definitivo a la astronomía; Kepler, por lo demás, para obtener las leyes empíricas de los movimientos planetarios tuvo que hacer primero toda una revolución teórica (acabar con la circularidad, acabar con los orbes celestiales, convertir los planetas en pedazos de materia moviéndose en un espacio finito pero sin jerarquías). Y también la física moderna nos ofrece ilustraciones; basta con considerar el proceso que condujo a Planck a formular los principios de la cuantización, en que algunos físicos experimentales habían obtenido empíricamente ecuaciones que describían parcialmente la distribución de líneas espectrales; pero esas ecuaciones no eran más que eso, ecuaciones; el cambio en la física solo apareció con el trabajo conceptual de Planck.

Pero con respecto a Galileo, a Kepler, a los fundadores de la nue-

va física hay otro equívoco aún más importante; y es que se da por sentado, como cosa completamente natural, el asignar a la experiencia una estructura matemática; esto parece natural para nosotros, pero no lo era para los contemporáneos de Galileo; y él tuvo mucho que hacer para justificar y, sobre todo, para demostrar que sí es posible estudiar el movimiento mediante el número, y no solo mediante la cualidad como preconizaba Aristóteles.

Un tercer error consiste en olvidar que, en la física, la experimentación se diseña y se interpreta en función de la teoría; no se trata de mirar bien, sin prejuicios (en realidad no hay ninguna mirada translúcida, siempre se mira desde un cierto punto), sino de confrontar las previsiones teóricas con los resultados de experiencias diseñadas y miradas desde la teoría. Koyré muestra, a lo largo de sus "Estudios Galileanos", que la nueva física es ante todo el resultado de un trabajo conceptual; y no solo es Koyré quien lo piensa así; como queda claro allí, Galileo pensaba lo mismo (22).

En estas condiciones, la investigación de las posibilidades experimentales de Galileo cobra gran importancia, porque la tesis combatida por Koyré se basa en el presupuesto de que Galileo podía efectuar mediciones de precisión. Con "Un experimento de medición" Koyré pone punto final a la discusión, complementa el trabajo de los "Estudios Galileanos", hace superfluo el debate por la vía de sustracción de materia: si Galileo no pudo siquiera verificar experimentalmente la ley que dedujo teóricamente, mucho menos podía llegar a obtenerla empíricamente.

VIII.

Consideremos ahora la caracterización que en varias de sus obras hace Koyré de Galileo como platónico.

Naranjo y Monsalve ponen en cuestión esta caracterización; como

22. Ver, por ejemplo, *Etudes Galiléennes*, págs. 225-227. Ver más adelante págs. 57 y sgts.

18. Ibid., pág. 154.

19. *Etudes Galiléennes*, pág. 250.

20. Hay en la física numerosísimos ejemplos de esto.

veremos, este cuestionamiento está fundado en un equívoco. ¿Qué entienden estos autores por platónico? Ellos no lo dicen expresamente; como si el término tuviese una sola significación posible; sin tener en cuenta que se trata de un concepto que, al haber estado en el centro de la actividad intelectual de Europa por muchos siglos, ha terminado por ser susceptible de diversas interpretaciones. Sin embargo, aunque no lo digan expresamente, de sus alusiones al problema podemos deducir qué significación le asignan. Al final del apartado 3, "Galileo platónico y arquimediano", después de presentar el análisis del manuscrito florentino que aporta lo que a su juicio es la prueba definitiva de Galileo experimentador, nos dicen:

"A partir de lo anterior, es claro para nosotros que la visión de Galileo que presenta Koyré se encuentra gravemente desenfocada. De allí que nos parezca prudente contrapesar al Galileo de Koyré, un Galileo platónico, con el Galileo experimentador, tal como lo ha mostrado sobre todo Stillman Drake. Para nosotros Galileo es platónico y arquimediano. Y no es lo mismo dicho dos veces, ya que precisamente Arquímedes tipifica un exceso respecto al platonismo, aquello que sólo se podía aprender en Alejandría. Arquímedes es la Academia y la Geometría, pero también es Alejandría y la Mecánica. Arquímedes, como Galileo, son platónicos temperados: sabían geometría, pero, además, mecánica.

"Si Galileo no publicó informes de los experimentos no es por no haberlos hecho. Es porque, como Arquímedes, supo ocultar sus protocolos experimentales. Cual si, ante las academias, siempre se fuera platónico. Pero Koyré se empeñó en desdeñar este principio hermenéutico: el orden de la exposición no es el orden de la comprensión" (23).

Como se ve, los autores hablan aquí de ocultamientos de protocolos experimentales ante la academia (an-

23. *Los planos inclinados galileanos*, pág. 28.

tes habían dicho que Galileo no publicó los informes de sus experimentos porque no eran compatibles con sus previsiones teóricas), sin aportar ninguna justificación a estas afirmaciones.

Pero el texto nos indica claramente qué significación le dan al término platónico: "De allí que nos parezca prudente contrapesar al Galileo de Koyré, un Galileo platónico, con el Galileo experimentador, tal como lo ha mostrado, sobre todo, Stillman Drake". Según Naranjo y Monsalve, entonces, el Galileo platónico es un Galileo que no experimenta; es decir, que sólo especula; y a este Galileo se ha de oponer el Galileo experimentador. Y a continuación nos dicen que se trata, más bien, de una simbiosis de ambas cosas, de un "atemperamiento" del platonismo que se logra adicionando el conocimiento de la Mecánica al de la Geometría.

Esta es la significación vulgar del término, platónico como sinónimo de negación de la realidad inmediata, como especulación pura; y al atribuirle a Koyré esa visión de Galileo, Naranjo y Monsalve silencian de nuevo, no sabemos si conscientemente o por ignorancia, la obra de Koyré; porque éste, en numerosas partes, si nos dice expresamente que entiende por Galileo platónico, y es algo muy distinto de lo que entienden Naranjo y Monsalve (24).

En "Galileo y la ley de inercia", en los "Estudios galileanos", refiriéndose a las características del "Diálogo sobre Dos Nuevas Ciencias", Koyré anota:

24. Señalemos que en el texto citado los autores insinúan de paso la tesis que discutí en el apartado anterior, según la cual la comprensión del proceso de caída supone la realización, así sea en privado y sin darlos a conocer, de experimentos; la insinúan cuando, al oponer el Galileo experimentador al Galileo platónico, y asegurar que Galileo ocultó la realización de experiencias, afirman que "Koyré se empeñó en desdeñar este principio hermenéutico: el orden de la exposición no es el orden de la comprensión".

"[Es también] una obra de filosofía: en efecto, no sólo la física y la cosmología tradicional es lo que ataca Galileo, es toda la filosofía y la 'Weltanschauung' de sus adversarios. De hecho, en esa época la física y la cosmología eran solidarias de la filosofía, hacían parte de ella, si se prefiere. Ahora bien, si Galileo combate la filosofía de Aristóteles, lo hace a favor de otra bajo cuyas banderas se alinea: a favor de la filosofía de Platón. De una cierta filosofía de Platón"; y agrega de inmediato en una nota: "Hay, en la historia de la filosofía, muchos Platonos y muchos platonismos. Y, principalmente, hay dos tipos diferentes: el platonismo o, más exactamente, el neo-platonismo de la Academia Florentina, mezcla de mística, de aritmología y de magia; y hay el platonismo de los matemáticos, el de un Tartaglia y de un Galileo; un platonismo que es un matematismo, sin más. No haber distinguido estos dos platonismos — para uno el Tímeo es un tratado de cosmología mágica, para el otro un ensayo de filosofía matemática, es el pecado venial del bello libro..."

Y continúa:

"...De allí también las alusiones a Platón diseminadas a través de todo el libro, cuya forma dialogada se inspira sin duda en Platón y que se inicia, además, por un mito cosmológico pseudo-platónico; de allí las alusiones al método socrático, método que de hecho aplica, con éxito, el vocero de Galileo, Salviati. Todo esto para decirnos: ¡atención! En la lucha secular que opone uno a otro los dos grandes filósofos, nosotros estamos por Platón" (25).

25. El mito cosmológico en cuestión está al comienzo del *Diálogo*; Galileo se lo atribuye a Platón, pero Koyré afirma que no hay tal; por lo demás, parece redactado expreso para poner en movimiento el mundo de la física galileana. Las citas son tomadas de *Etudes Galiléennes*, págs. 213 y 214.

¿Y en qué consiste la lucha secular entre los dos grandes filósofos? Koyré, con lujo de detalles, responde a esta cuestión en la Conclusión de "Galileo y la ley de inercia"; veamos como ejemplo este párrafo:

"Para la conciencia filosófica de la época [de Galileo] la línea divisoria entre aristotélicos y platónicos es muy clara: si se proclama el *valor superior* de las matemáticas, si, además, se les atribuye un valor real y una posición dominante en y para la física, se es platónico; si, al contrario, se ve en las matemáticas una ciencia 'abstracta', y por consiguiente de *valor menor* que las ciencias — física y metafísica — que se ocupan de lo real, si, en particular, se pretende fundar la física *directamente en la experiencia*, no atribuyendo a las matemáticas más que un papel secundario, se es aristotélico" (26).

Como lo muestra Koyré en diversas partes, para el aristotélico la matemática no tiene un papel fundamental en la física porque "la materia no encarna jamás las formas precisas", "porque la cualidad y la forma no pueden ser geometrizadas"; para Platón, por el contrario, "la esencia última de la materia es matemática"; y éste es precisamente el punto de vista que adopta Galileo, quien afirma que "la naturaleza habla un lenguaje matemático, un lenguaje en el cual las letras y las sílabas son los triángulos, los círculos y las rectas".

Esta utilización de las matemáticas en la física supone el trabajo con un modelo geométrico de los cuerpos físicos ("la esencia última de la materia es matemática", "la naturaleza está escrita en rectas, triángulos y círculos"), supone la sustitución de los cuerpos físicos por los cuerpos geométricos regulares; pero tal sustitución no implica

26. Ibid., pág. 279. Koyré cita en extenso las obras de contemporáneos de Galileo que se refieren a esta cuestión; de contemporáneos que fueron sus maestros o sus compañeros de trabajo.

un cambio en el tipo de objetos manipulados, tan sólo una idealización o simplificación, porque para Galileo las figuras geométricas tienen el mismo grado de realidad que los cuerpos físicos (en cuanto formas). Koyré así lo señala; en relación a la "disputa secular entre los dos grandes filósofos", cuando los aristotélicos alegan la imposibilidad de una física matemática, anota:

"Veamos ahora la respuesta de Galileo; ella es de una importancia y de un interés capitales, pues aún siendo profundamente platónica, no se limita a reproducir los contraargumentos clásicos, sino que presenta una innovación decisiva: en efecto, Galileo niega la premisa de la discusión, común a platónicos y aristotélicos. Niega el carácter "abstracto" de las nociones matemáticas; y niega el privilegio ontológico de las figuras regulares.

"Una esfera no es menos esfera porque sea real: sus radios no dejan de ser iguales por este motivo; sino no sería una esfera. Un plano real — si es verdaderamente un plano — lo es tanto como un plano geométrico: sino no sería un plano. Esto resulta evidente. ¿Cómo ha podido negarlo Simplicio? Lo que ocurre es que, para él, una esfera o un plano reales son imposibles [“la materia no puede encarnar jamás las formas precisas”]. Por el contrario, la objeción galileana implica que lo real y lo geométrico no son en forma alguna heterogéneos y que la forma geométrica sí puede ser puesta en práctica por la materia. Aún más: siempre lo es. Pues, aún si resultase imposible construir un plano perfecto o una verdadera esfera, esos objetos materiales que no serían 'esfera' o 'plano' no estarían privados, por esa razón, de forma geométrica. Serían irregulares, pero en medida alguna imprecisos: la piedra más irregular posee una forma geométrica tan precisa como una esfera perfecta. Es sólo infinitamente más complicada.

"La forma geométrica es homogénea a la materia: esta es la razón de que las leyes geométricas

tengan un valor real y dominen la física. He aquí porque, tal como lo dice Galileo en un pasaje justamente famoso de 'El Ensayador', la naturaleza habla un lenguaje matemático... y es en ese lenguaje que se la debe interrogar: la teoría matemática precede a la experiencia" (27).

Lo anterior implica que la teoría física así elaborada no dará lugar a predicciones absolutamente exactas no porque sea imposible una física matemática sino porque, simplemente, hay siempre una desviación entre el cuerpo físico y el cuerpo geométrico regular con que trabaja la teoría, si bien ambos cuerpos son de la misma especie, hay siempre una desviación entre las condiciones efectivas y las condiciones ideales supuestas. Y Koyré señala entonces que la sustitución de la realidad de una situación concreta por la realidad ideal de un modelo matemático es, en ciencia, platonismo, consciente o inconsciente (27BIS). (La afluencia de Galileo en este sentido se ve ampliada por la de Torricelli, tal como lo muestra Koyré en el Apéndice A de "Galileo y la ley de inercia"; a propósito de la suposición de Arquímedes de que los hilos de una balanza de que se suspenden dos cuerpos son paralelos entre sí, suposición que los aristotélicos tachan de "evidentemente falsa", afirma Torricelli que la balanza con que trabaja el geómetra ha de ser pensada como situada a una distancia infinita de la Tierra, mucho más allá de las estrellas; ver "Etudes Galiléennes", pág. 298 y sigts.).

27. *Etudes Galiléennes*, págs. 282 y 283.

27 bis. Digámoslo de esta forma: para Platón, el mundo sensible no es sino un pálido reflejo de unos arquetipos ideales; de donde se comprende que, para él, la esencia del mundo sensible pueda ser matemática; para la ciencia actual es claro que sus teorías matemáticas, sus modelos, sólo son encarnados de manera imperfecta por el mundo; pero, a la vez, sólo puede pensar, o mejor dicho sólo piensa este mundo en función de esas teorías, de esos modelos.

Concebir los objetos de la física como entes matemáticos, interpretar la experiencia en función de un modelo geométrico, en eso consiste, para Koyré, el platonismo de Galileo. Y es de esta concepción de donde se deduce la posibilidad y la necesidad de realizar experimentos de medición para verificar la validez de la teoría, diseñados y regulados de acuerdo al modelo matemático correspondiente.

El Galileo platónico de Koyré es, entonces, muy distinto del que tienen en mente Naranjo y Monsalve. Y cabe de nuevo preguntarse si critican a Koyré sin leerlo o si de manera sistemática omiten su obra. Pues no hay más alternativa; no es posible pensar que al leerlo no lo hayan comprendido porque, lo vemos en los párrafos citados, el lenguaje de Koyré es muy claro, no deja lugar a dudas sobre lo que entiende por platónico.

Este desconocimiento de la obra de Koyré no es ajeno a otra cuestión, la creencia de que Koyré "quería leer un experimento ideal donde Galileo estaba informando de los resultados de años en el Taller del Artesano y en los astilleros venecianos". No es ajeno porque la creencia de que Koyré caracteriza a Galileo como preocupado sólo en especular es otra forma de afirmar que Koyré considera que Galileo nunca experimentó, que todos sus experimentos son ideales.

Ya hemos visto cómo los propios textos de Koyré desmienten tal creencia; a riesgo de fatigar al lector, quiero agregar otro; en referencia a la discusión, en los "Discursos", entre el aristotélico y Galileo, sobre si es verificable experimentalmente la ley de caída de los cuerpos deducida teóricamente, comenta Koyré:

"La deducción de los accidentes del movimiento uniformemente acelerado es cosa hecha. Pero... ¿será verdad que 'tal sea la aceleración de que hace uso la naturaleza en la caída de los graves'? Cabe dudarlo. Y el aristotélico que plantea esta duda demanda que al menos se le "indique una de esas experiencias que, según se ha dicho, son numerosas y que, en diversos casos, concuer-

dan con las conclusiones demostradas".

"Demanda muy razonable, estima Galileo, y conforme a la costumbre y a la conveniencia de las ciencias, que aplican las demostraciones matemáticas a las conclusiones que conciernen a la naturaleza; (tal es el caso, por ejemplo, de la Perspectiva, de la Astronomía, de la Mecánica, de la Música, etc.); en ellas los autores buscan en el acuerdo con la experiencia la confirmación de los principios que son el fundamento de toda la construcción ulterior..."

"El acuerdo entre Galileo y el aristotélico parece completo. Pero, de hecho, las mismas palabras envuelven un significado profundamente diferente. Lo que reclama el empirismo aristotélico son 'experiencias' que pudiesen servir de base a la teoría galileana; lo que le ofrece la epistemología galileana, apriorista y experimentalista a la vez (se podría incluso decir: lo uno por lo otro), son experimentos contruidos a partir de una teoría, y cuyo papel es confirmar o invalidar la aplicación a lo real de leyes deducidas de principios cuyo fundamento está en otra parte" (28).

Como indiqué antes, los autores no son muy claros en este punto; simplemente dan por sentado que Koyré desconoció el trabajo de Galileo como experimentador; esta confusión respecto a la obra de Koyré no es nueva, ya algunos historiadores la han exhibido; y se explica, posiblemente, por la tesis de Koyré de que la revolución conceptual que produjo Galileo, como ya he señalado, se origina en un trabajo de tipo conceptual, y no en un simplista "mirar sin prejuicios la experiencia". En esta vía, Koyré insiste en que "los principales experimentos de Galileo son experimentos pensados"; pero de esto a afirmar que Galileo no asignaba ningún papel a la experimentación hay mucho trecho.

El papel de los experimentos pensados en la física, por lo demás, es

28. Ibid., pág. 153.

bien conocido. Baste citar como ejemplo la obra de Einstein; su formulación tanto de la teoría especial de la relatividad como la de la teoría general se basa en experimentos pensados *nunca realizados y difícilmente realizables*; los resultados de este trabajo sólo fueron verificados experimentalmente por vía indirecta.

Como he indicado antes, la experimentación se hace siempre en función de una teoría; no se trata simplemente de mirar bolitas descendiendo por una pendiente, sino también de cuál es la mirada con que se las observa, pues, como indiqué antes, la mirada también modela a lo mirado. Cuando se piensa que para la aparición de la nueva física bastó con que Galileo "mirara sin prejuicios", sin prestar oídos a lo especulativo, es porque de antemano se toma como natural esa nueva forma de mirar que Galileo representa (cuerpos susceptibles de ser representados geométricamente, estructura matemática de la naturaleza, variación continua de las magnitudes físicas, etc.). Y si la experiencia y la observación (29) sólo se dan en función de una teoría, o, para ser más claro, si siempre están integradas a un cierto universo conceptual, es inevitable concluir que una revolución a ese nivel (una nueva mirada) se produce sólo por un trabajo sobre los conceptos, trabajo que transforma, ese es en realidad su sentido más profundo, la interpretación de la experiencia. Son las concepciones las que marcan la pauta, es el trabajo conceptual el que delimita los cambios; es por esto que Koyré afirma: "la buena física se hace a priori" (30); es decir, como

29. Por lo demás, es errado decir que Aristóteles no se preocupaba por la observación, que sólo especulaba; si tanta brega dio dar al traste con su física, sin duda debió ser un gran observador; y en efecto, su obra, no sólo la "Física", así lo atestigua.

30. *Etudes Galiléennes*, pág. 227. Del hecho de que una teoría no deja ver lo que bajo otra teoría resulta evidente hay muchos ejemplos en la historia y actualidad de la fi-

veremos enseguida, en base a unos nuevos principios teóricos.

Para Galileo, por lo demás, esto era bien claro; para él, lo más importante es la demostración, y tiene la certeza de que la verdad, la verdad de la experiencia, se alcanza por el razonamiento, aún sin realizar en concreto la experiencia sobre la que se razona; la cuestión está en los criterios que se utilicen al razonar. Y Koyré no deja de señalarlo; a propósito de la discusión entre Simplicio y Salviati, en el "Diálogo", en torno a si, al soltar un objeto desde lo alto del mástil de un barco en movimiento, el objeto caerá o no al pie del mástil (problema del movimiento relativo), Salviati, el portavoz de Galileo, hace notar, ante la aseveración de Simplicio de que no caerá así, que tal cosa no ha sido verificada experimentalmente, lo que Simplicio acepta; pero inmediatamente Simplicio devuelve a Salviati la pregunta, pues éste afirma que si caerá al pie del mástil (porque el objeto conserva el movimiento horizontal que tenía): "Y vos, ¿habéis realizado esta experiencia para hablar con tanta seguridad? Pues si ni vos ni ningún otro lo ha hecho, la discusión es ociosa, porque allí donde se trata de cuestiones tan alejadas de la razón humana, sólo la experiencia puede suministrar una decisión". Y entonces señala Koyré:

"El lector moderno pensará tal vez que el aristotélico Simplicio, por una vez, tiene razón. En efecto, entre dos teorías rivales y opuestas, ¿puede decirse en otra forma que no sea por una experiencia? Así, probablemente esperará ver a Salviati hacer a Simplicio el relato detallado de aquella, y se sorprenderá oírle proclamar que ella es completamente inútil; inútil no solo para Salviati mismo, sino también para Simplicio que la exige.

"Salviati: 'Y yo, sin experiencia, estoy seguro que el efecto se producirá como yo os lo digo, porque es necesario que se produzca; y agrego además que vos mismo sabéis que no puede ocurrir

sica; y de cualquier actividad intelectual.

de otra manera, así pretendáis que no lo sabéis. Pero yo soy tan buen partero cerebral que os lo haré confesar a viva fuerza". (31).

Y cita a continuación, en una nota, otro texto aún más expresivo, contenido en una carta escrita por Galileo:

"io sono stato doppiamente miglior filosofo di loro, perche loro al dir quello ch'è il contrario in effetto hano anco ajunto la bugia, dicendo d'aver cio veduto dall'esperienza, ed io ne ho fatto l'esperienza, avanti la qual il natural discorso mi aveva molto fermamente persuaso che l'effetto dovera succedere come appunto succede".

Se trata pues, ante todo, de razonar; lo que se debe definir es los criterios que regulen los razonamientos, "el discurso natural". (Por lo demás, ¿qué cosa es hacer un experimento pensado sino razonar según ese "discurso natural"?). La constante insistencia de Galileo en la necesidad de apelar a la experiencia sólo puede ser entendida, entonces, como observación confrontada sin prejuicios con unos nuevos principios teóricos; y lo definitivo estará entonces en la discusión de esos principios: carácter del movimiento, del espacio, posibilidad de movimiento en el vacío, independencia y superposición de movimientos, órdenes de causalidad dinámica aceptables, estructura matemática de la naturaleza, variación continua o discontinua de las magnitudes físicas, papel de las categorías volitivas, de los órdenes jerárquicos o naturales, en los procesos físicos, etc. (32).

31. Ibid., pág. 226.

32. Que varios de los principios de la nueva física son sólo eso, principios, certezas válidas en cierto contexto que se convierten en postulados, ha sido puesto en evidencia por la propia física en este siglo (por ejemplo, que los cuerpos tengan forma precisa, que las magnitudes varíen continuamente, que las mediciones son absolutas, etc.); principios que son válidos sólo dentro de cierto rango experiencial. Saber de donde surgen estos nuevos

Koyré ha mostrado que el papel de la experimentación no es tan simple como frecuentemente se lo concibe; y, sobre todo, ha mostrado que la aparición de la física no es el producto de un espíritu que observa "sin prejuicios", sin enredarse en especulaciones vanas, sino de una transformación del marco conceptual en que el problema del movimiento se concebía, negando entonces al experimento, considerado aisladamente, en sí mismo, esa capacidad transformadora que a veces se le atribuye (podríamos incluso decir, para ser más claros, que la experimentación es inconcebible sin los nuevos principios). Al leerlo, sus críticos han visto en esto una negación del carácter de Galileo como experimentador, a pesar de que Koyré alaba este carácter; sus dudas sobre la precisión las han convertido en dudas sobre la realización; su énfasis en la importancia de los experimentos pensados en Galileo en una declaración de que todos los experimentos de Galileo fueron ideales. Si proceden así es porque, en el fondo, creen en esa capacidad transformadora del experimento por sí mismo, le atribuyen al llamado "método experimental" un valor esencial, suponen que la experimentación es paso necesario para obtener conclusiones en física, sin tener conciencia de que ese método sólo puede cobrar ser en un cierto marco conceptual; lo que equivale a decir que dan por descontada la existencia de ese marco, lo suponen la forma natural de pen-

principios es otra cuestión; sin duda no nacen tal cual de la nada (a partir de la nada, nada se puede especular ni razonar); sin duda son el resultado de largos procesos. Su elaboración se da por una reflexión sobre la experiencia, pero también, y no menos, por una reflexión sobre las reflexiones que otros se han hecho, y en todo caso no resultan de observar experiencias que los revelen directamente (¿en qué experiencia podría Galileo observar el movimiento en el vacío? ¿Cuál le revelaría el carácter del movimiento como un estado y no como un proceso?); muy por el contrario, sólo se formulan tras largos y complejos razonamientos.

sar, la forma “desprejuiciada”; y cuando Koyré muestra que no hay tal valor total e innato del experimento, pone a la vez en entredicho el carácter evidente y natural de ese marco teórico, el carácter natural de la forma de pensar propia de la física clásica³³. Es esto lo que no le perdonan, es por esto que las reacciones contra él son tan violentas, violencia de la cual Naranjo y Monsalve son sólo un ejemplo.

Por otra parte, señalemos que el Galileo platónico de Koyré es también, como dicen estos autores, un platónico “temperado”; pero temperado por razones muy distintas. Después de señalar que Galileo comprobó la posibilidad de estudiar el movimiento mediante el número, transformando la derrota del platonismo en victoria, y de señalar el papel de Descartes en todo esto, agrega:

“Pero este nuevo platonismo, ¡qué lejos está del antiguo! Pues de hecho, si, gracias a Descartes, nosotros podemos desde entonces aprehender el espacio por un acto de la inteligencia pura y no por un conocimiento bastardo y así reemplazar el mito por la ciencia, si, gracias a Galileo, el movimiento se encuentra en adelante sometido a la ley del número, en revancha, este espacio, y este número, han perdido el valor cósmico que tenían, que podían tener para Platón.

“La ciencia galileana, la ciencia cartesiana ha vencido. Pero jamás victoria alguna ha sido más caramente pagada”³⁴.

IX.

Quiero referirme ahora a algunos aspectos de la exposición que hacen Naranjo y Monsalve de la teoría galileana del plano inclinado, exposición

que se inicia en forma en el apartado 4 de su artículo.

Hay un tema que se desarrolla allí, y que ya había sido enunciado antes, el de lo que ellos llaman “cronómetros geométricos”, y que consiste en la posibilidad de utilizar un plano inclinado sobre el que descende una esfera como reloj, reloj de precisión; quiero referirme inicialmente a esto por la conexión que tiene con lo que hemos considerado antes.

Según los autores, este dispositivo, cuyo funcionamiento estaría regulado por la teoría y relaciones matemáticas del plano inclinado, presenta la gran ventaja de que con él “el tiempo se mide sin relojes, con metros”³⁵. Refiriéndose al teorema de la velocidad media, en la página 37, señalan que “Galileo lo enuncia como un TEOREMA sobre MEDIDA DE TIEMPOS. Junto con otros que lo siguen, los hemos nombrado ‘Teoremas de cronómetros geométricos’: pues, supuesta la teoría (definición y principio) construyen la medida de tiempo por medidas de segmentos”.

Señalemos inicialmente que el hecho de que el tiempo se mida por metros no tiene en verdad nada de extraño ni de sorprendente: hasta la reciente aparición de los instrumentos de medición electrónicos, en los que la medida se da directamente como una cifra en dígitos en una pantalla, casi todas las mediciones físicas, de cualquier magnitud (de voltaje, de presión, de tiempo, etc.), se medían por variaciones de tipo espacial, ya sea angulares o longitudinales; o, para ser más preciso, una determinada variación espacial (lineal o angular), interpretada en función de una teoría (la teoría con que se diseña y se manipula el instrumento de medición, y con la que se interpretan los resultados al utilizarlo) constituye la medida de la magnitud en cuestión; así vemos cómo la aguja del voltímetro gira un determinado ángulo, o la aguja del dinamómetro se desplaza una determinada distancia, etc. Y ésta no es una cuestión casual, depende del he-

cho de que las variaciones espaciales están profundamente imbricadas en nuestras experiencias sensoriales y son, quizá, las más fácilmente discernibles, y por tanto más fácilmente controlables (por supuesto, hay otros sistemas de medición, menos controlables, y por eso menos precisos: por ejemplo por variaciones en el color, sistema utilizado para medir el potencial hidrógeno (pH) de una solución, introduciendo en ella un papelito que toma un cierto color que, interpretado mediante una tabla de colores, la cual haría las veces de escala de referencia en este caso, constituye una medida del pH de la solución; otro ejemplo es la propia clepsidra de Galileo, donde el tiempo se mide en gramos de agua).

Así pues, que “el tiempo se mida en metros” si se usa un plano inclinado como reloj no es cosa para maravillarse; con la clepsidra de Ctesibio pasa lo mismo; y en los relojes modernos (hasta hace poco) siempre se mide en grados de circunferencia; y el plano inclinado tampoco ofrece ninguna ventaja en cuanto a la precisión de la medida, que es el punto que aquí más interesa. Porque si medir un segmento es una operación que se puede realizar con gran precisión, falta aún preguntarse si el reloj, es decir el dispositivo físico cuyas variaciones espaciales se están interpretando como variaciones temporales, tiene un funcionamiento tal que sea descrito con buena, con muy buena aproximación por la teoría con que lo estamos interpretando, pues de la fineza de la teoría depende el error en la dimensión del intervalo temporal que deducimos ha transcurrido mientras que en el reloj se ha producido una determinada variación espacial. Y entonces, tratándose de un plano inclinado por el que desciende una bolita, su utilización como cronómetro, después de todo lo que hemos dicho, no parece muy recomendable (piénsese por ejemplo en lo difícil que resulta saber cuando llega la bolita a un cierto punto, debido a la velocidad que lleva).

Como vimos, por mucho que se pula y se frote, el funcionamiento efectivo del aparato no está lo suficientemente cerca de la teoría, aún

de la teoría que incluye el rozamiento como para que fuera fácil para Galileo y sus contemporáneos verificar allí la ley de caída galileana; ¡ni qué decir entonces de utilizarlo como reloj de precisión! Y, además, no hay evidencia ninguna de que alguna vez alguien haya intentado hacerlo; si a Naranjo y Monsalve se les ocurre que cabe tal posibilidad es porque, como ya señalé a propósito de la clepsidra, sustituyen el plano real y efectivo por el modelo matemático de ese plano; es decir, porque idealizan el aparato, olvidando que a la hora de medir hay que vérselas con el plano real, cuya distancia respecto al modelo matemático lo hace inútil como cronómetro.

Pero ocupémonos de la exposición de la teoría del plano inclinado. Este desarrollo pretende ser (así nos lo presentan los autores) una exposición de los elementos más importantes de la teoría galileana sobre el particular. Y, en sentido estricto, no es así: como veremos, la exposición de Naranjo y Monsalve está signada, en toda su extensión, por un desconocimiento de varios elementos que hacen del pensamiento galileano un pensamiento específico que guarda sus diferencias con la física posterior, con la que llamamos física newtoniana. Y para ser más concreto señalo cuáles son esos elementos: a) el papel de la gravedad en la física galileana, y en conexión con esto b) el principio de inercia galileano. Es casi una ironía, pero si Naranjo y Monsalve hubieran estudiado la obra de Koyré, en particular los Estudios Galileanos, seguramente hubieran sido más cuidadosos con Galileo.

Los autores rozan el problema del papel que juega la gravedad en Galileo; o, más claramente, el problema de qué es la gravedad para Galileo; lo rozan cuando en la página 32 dicen que “Después de esto Sagredo y Simplicio se enfrascan en una discusión sobre la causa de la aceleración en el movimiento natural de los graves — y Salviati corta por lo sano: lo que interesa, por el momento, dice, es investigar y demostrar algunas propiedades del movimiento acelerado (sea cual sea

la causa de esta aceleración)...”. Pero la cuestión no va más allá; los autores no se preocupan por investigar qué es la gravitación en Galileo. Y hay allí una cuestión esencial, porque la gravitación, mejor aún la gravedad o pesantez de Galileo es algo muy distinto de la gravitación a partir de Newton; esto lo mostró Koyré hasta la saciedad a lo largo de “Galileo y la ley de inercia”³⁶. Para Galileo la gravedad o pesantez es una característica inalienable e invariable de un cuerpo, que lo afecta donde quiera que esté, y siempre con la misma intensidad (es decir, el peso es constante y omnipresente).

Después de mostrarlo exhaustivamente en el texto, Koyré hace una bella descripción de esta cuestión. Refiriéndose al problema del movimiento de un cuerpo sobre un plano horizontal, cuestión relacionada con el principio de inercia y a la que volveré luego, señala:

“Lo vemos: cuando el plano se acaba y deja de soportar al grave, éste cae. Su movimiento se realiza en línea recta sólo si permanece sobre el plano horizontal; cuando éste termina, este movimiento se prolonga, pero el grave ya no se mueve en línea recta [sino sobre una parábola].

“Se nos podría objetar que Galileo razona aquí ex hypothesi que los cuerpos están ‘sometidos a la gravedad’, cosa que, después de todo, es una suposición normal; y que, por lo demás, nosotros mismos no hacemos otra cosa. Sin duda. Y es por esto que el razonamiento galileano nos parece en tal forma ‘moderno’; olvidamos que nosotros explicamos la ‘pesantez’ —aunque no sea más que substituyéndola por la atracción newtoniana de los cuerpos entre sí— y que si podemos representarnos el cuerpo como sometido a la gravedad, también podemos representárnoslo como no sometido a ella. Eso es lo que hacemos o, al menos, haríamos,

cuando, distinguiendo la gravedad de la masa, estableciéramos los primeros principios de nuestra física. Ahora bien, es justamente esto lo que no hace Galileo. Y no puede hacerlo, porque para él —en términos modernos— la gravedad y la masa se confunden. Y es por esto que la gravedad, para él, no es una ‘fuerza’ que actúa sobre el cuerpo; es algo a lo que el cuerpo está ‘sometido’, algo que pertenece al cuerpo mismo. Por eso la gravedad no experimenta ninguna variación ni en el tiempo ni en el espacio. Un cuerpo pesa lo que pesa en cualquier sitio y en cualquier momento, y cae con la misma velocidad donde quiera que se coloque: cerca al centro de la Tierra o, al contrario, en las estrellas”; y agrega en una nota: “Así, cuando calcula en cuanto tiempo cae una piedra de la esfera de la Luna a la Tierra (Diálogo, III, pág. 305), admite que su aceleración no varía con su distancia de esta última”³⁷.

La gravedad o pesantez para Galileo es pues un elemento propio del cuerpo; y también natural. Y, en efecto, Galileo se refiere al movimiento de caída como movimiento natural de los graves, resultado de su tendencia natural a ir hacia abajo; y, en otras ocasiones, hacia “el centro”. En alguna medida, se halla presente aquí la estructura ordenada del Cosmos a la que Galileo nunca renunció del todo; unas veces “el centro” parece ser el centro de la Tierra; pero, copernicano como era, Galileo considera de todas formas que, si hay algún ‘centro’, sin duda, en última instancia, estará en el sol. Galileo habla de la imposibilidad de un movimiento en línea recta que se prolongue indefinidamente porque sería un movimiento sin término, e incluso, en ciertos contextos, se refiere a lugares naturales³⁸.

Pero esto no significa que Galileo no viera allí problemas. Como lo muestra Koyré en “Galileo y la ley

33. Observemos que, de todas formas, la propia física, con sus desarrollos de este siglo, se despojó desde su interior, al menos en parte, de la quimera de una “forma natural de pensar”.

34. *Etudes Galiléennes*, pág. 291.

35. *Los planos inclinados galileanos*, pág. 28.

36. No voy a repetir aquí lo ya escrito; me limitaré a algunas citas.

37. *Etudes Galiléennes*, pág. 275.

38. Koyré se refiere a esto; ver *ibid.*, pág. 209.

e inercia" (39), Galileo es consciente de no saber que cosa es, en verdad, la gravedad, que lo único que tiene es un nombre; y no sabe que cosa es la gravedad porque no tiene una teoría matemática de ella. En una nota, Koyré señala:

"La pesadez no es más que un 'nombre', nos dice Galileo. Lo cual quiere decir que se resigna a un nominalismo positivista porque ignora la naturaleza de la gravedad (tal como ignora la de la luz). Pero en ambos casos, Galileo sólo se resigna a esta ignorancia porque no tiene otra posibilidad. De hecho, él sabe que la pesantez es una fuerza de la misma naturaleza de la atracción magnética; por eso se proclama abiertamente partidario de la filosofía magnética de Gilbert (Diálogo, pág. 431 sq., pág. 429 sq); cree, como aquél, que la Tierra es un gran imán. Pero no sabe que cosa es la fuerza magnética, y sus propias investigaciones, consignadas en los Discorsi e Dimostrazioni, no le han permitido fundar una verdadera teoría, es decir, una doctrina matemática del magnetismo. En cuanto a la de Gilbert mismo, ella es animista. Igual que la de Kepler".

Galileo, pues, aún a su pesar, le toca resignarse a los hechos. Y, para él, los hechos son: el peso es una característica que acompaña a los cuerpos, siempre presente, y siempre con la misma intensidad; para él las cosas son así, aunque también sabe que no tiene como explicarlas. En base a esto se desarrolla toda su física. (Cabe señalar que cuando trabaja una física local, en los "Discursos", la gravedad adquiere una característica especial: los graves no caen hacia "el centro", radialmente, sino "hacia abajo", en líneas paralelas, reducción que mantuvo la física clásica, y que viene de Arquímedes).

Como vemos, pues, hay una gran diferencia entre Galileo y la física clásica a propósito del concepto de gravedad.

Sin embargo, Naranjo y Monsal-

ve no consideran nada de esto; trabajan con la teoría galileana del plano inclinado sin hacer ninguna referencia a esta cuestión, sin preocuparse en lo más mínimo por ella, a pesar de que el movimiento en un plano inclinado es resultado de la gravedad. Pero que procedan así no significa que consideren que Galileo no tenía una cierta concepción sobre la gravedad; por el contrario; si proceden así es porque, como si se tratara de algo obvio, de algo a lo que no hace falta ni siquiera referirse, presuponen que la concepción galileana de la gravedad es, simplemente, la misma de Newton, desconociendo así la diferencia existente entre ambas (aún más: como veremos, llegan incluso a identificar la gravitación de Galileo con la de... ¡Einstein!).

Esto resulta bien claro en dos puntos de su artículo. En la pág. 50 nos dicen:

"Así, por ejemplo, si g tuviera la mitad de la intensidad que tiene, el tiempo de caída libre de un móvil, por una distancia h , sería $\sqrt{2}$ veces el que es actualmente en la superficie de la Tierra... El factor de la gravedad, para el tiempo, se convierte en $\sqrt{2/g}$, en un sistema de referencia donde la acción de la gravedad es g ..."

Como vemos, los autores suponen que, en la teoría galileana del plano inclinado, la gravedad puede variar; le atribuyen tácitamente a Galileo una concepción que nunca tuvo.

Pero si en el párrafo citado se trata sólo de un caso hipotético, teórico, en que g tuviese otro valor, en el que le sucede inmediatamente la cuestión se concreta, pasando a simular una caída sobre la Luna:

"Así podríamos simular la caída libre en un lugar cualquiera, siempre y cuando la acción de la gravedad g no excediera a g del laboratorio de simulación. Si, por ejemplo, se quisiera simular una caída sobre la superficie de la Luna, entonces, sabido que g para la Luna es $g^1 = 0,16 g$, un plano inclinado $\alpha = \arccos 0,16 \approx 80^\circ 48'$ con respecto a la vertical y en la superficie de la Tierra,

permitiría representar todas las características y reproduciría todas las medidas de una caída libre en la Luna" (40).

Naranjo y Monsalve se dedican alegremente a sacar corolarios de la teoría galileana (en este caso, corolarios absolutamente pueriles) que Galileo nunca hubiera podido sacar; y si así lo hacen es porque reinterpretan a Galileo al atribuirle concepciones que se forjaron con posterioridad a su obra. Con esto, así como con la cuestión del tipo de experimentación que Galileo podía realizar efectivamente, lo que se hace en verdad es negarle a Galileo su especificidad histórica, su dimensión real.

La reinterpretación de Galileo es igualmente patente en otro párrafo en que los autores no se contentan con atribuirle la concepción de Newton, sino que dan puntadas para algo más grueso; inmediatamente después de indicarnos como utilizar un cronómetro geométrico, nos dicen:

"Finalmente, el tamaño de la región de campo gravitatorio en la cual se pudiera considerar constante la aceleración de la gravedad pondría límites a las dimensiones de nuestro taller, haciendo que nuestros cronómetros geométricos no tuvieran ninguna utilidad cuando se tratara de medir largos períodos de tiempo. Además, la duración de fenómenos extraordinariamente breves (tiempos, en principio, menores que 0,1 seg.) sería indetectable. Habría, sin embargo, un buen conjunto de fenómenos que podrían ser estudiados según esta geometría cuatridimensional local fundada por Galileo" (41).

¿Hablar, refiriéndose a Galileo, de "tamaño de la región de campo gravitatorio"? ¿Y de una "geometría cuatridimensional local fundada por Galileo"? ¿En qué están pensando Naranjo y Monsalve?

40. Pág. 50. El subrayado es mío.

¿Cómo podría Galileo saber la intensidad de la gravitación lunar?

41. Pág. 46

Adelantemos que resulta ya un poco estrambótico hablar, en física, de un plano inclinado a ser usado como reloj que no quepa en una región en que se puede suponer constante la gravedad.

Pero, como dije, los autores dan aquí pasos hacia algo más grueso, más sustancioso: atribuir a Galileo concepciones propias de la física moderna, y más concretamente de la teoría general de la relatividad. Esto, casi sobra decirlo, no tiene ningún asidero no sólo en la obra de Galileo, sino, de un modo más general, en el marco histórico en que Galileo vivió. Sin embargo, por extraño que parezca, Naranjo y Monsalve así lo sugieren; y más adelante lo hacen de nuevo; en la página 52 nos encontramos con esto:

"...Empieza a hacerse claro, para los lectores que hayan avanzado hasta aquí, la necesidad de volver a pensar la relación física-geometría en el sentido de Galileo (y de Arquímedes, maestro de este arte físico-geométrico). Galileo, en el caso que nos ocupa, demuestra un teorema con la demostración de otro: ese tiempo excede a éste si este segmento excede a éste. El movimiento vuelto figura geométrica. O a la inversa: si este segmento excede a éste, este tiempo excede a este otro. La figura vuelta movimiento — y relojes... ¿una geo-dinámica?, ¿una dinámica geométrica? El nombre aún no lo sabemos componer. Pero se busca, se busca por todas partes. Desde Galileo, aunque nuestros oídos modernos acostumbren escuchar el nombre de Einstein como el de quien nos hizo accesible el problema. Desde Arquímedes, si se medita el texto sobre las espirales (cf. T. L. HEATH, The Work of Archimedes)".

Geometrizan el tiempo, temporalizan el espacio; eso, sin duda, lo hizo Galileo; eso, sin duda, es lo que hace la física a partir de él. Porque, desde Galileo, espacio y tiempo son los dos aspectos en que el movimiento se desdobra, son los dos conceptos, los únicos dos, en función de los cuales se concibe el movimiento de los cuerpos, en oposición a la for-

ma en que era concebido en la física pregalileana; y entonces, expresar el tiempo por el espacio, o el espacio por el tiempo, es decir relacionar matemáticamente (geométrica o algebraicamente) los dos elementos en función de los cuales se concibe el movimiento es algo que resulta apenas natural en la nueva física que Galileo instituyó. ¿Una geo-dinámica? ¿Una dinámica geométrica?... Sí, cualquiera de los dos nombres sirve, pues eso es lo que hace la física desde entonces: en la medida en que tiempo y espacio sean los elementos básicos, y en tanto que uno pueda ser expresado en función del otro, la dinámica puede ser planteada como un problema de geometría. Pero pasar de allí a sugerir que aquello en que andaba Galileo es poco más o menos lo mismo en que anduvo Einstein es desvirtuar a Galileo; y también, como lo veremos, revela un desconocimiento de la obra del segundo, pues Einstein no se ocupó de geometrizar la dinámica (eso ya estaba hecho) sino de dinamizar la geometría.

Los autores desvirtúan a Galileo cuando, a propósito de los planos inclinados, hablan de una región de campo gravitatorio en que se pueda considerar constante la aceleración producida por el campo, porque Galileo nunca utilizó este concepto, ni siquiera el de fuerza gravitatoria. Y lo desvirtúan también cuando le atribuyen la fundación de una geometría cuatridimensional; veámoslo en detalle; ¿qué quieren decir exactamente con esto?; en física, el concepto de geometría cuatridimensional se refiere, específicamente, a las relaciones espacio-temporales de la teoría de la relatividad de Einstein; sólo en este sentido podemos entonces comprender la afirmación de los autores; y ellos mismos, en el último párrafo citado, lo corroboran: Galileo andaba ya por los rumbos que nosotros, modernos, creemos originados en Einstein.

Casi da grima tener que ponerse a mostrar que Galileo nunca pudo hablar de estas cosas (además, no se le hace ningún favor al atribuirselas). Para verlo basta tener en cuenta que la geometría cuatridimensional del espacio-tiempo sólo adquiere significación sobre el fondo

de los conceptos de campo gravitatorio, de campo electromagnético, de la luz como una onda electromagnética, de aceleración absoluta, de espacio y tiempo absolutos, de propagación de los campos en el vacío, conceptos que Galileo nunca utilizó, y no porque no fuera más o menos "capaz", sino porque sencillamente ese no era su problema; basta recordar que sólo con Einstein, por primera vez en la historia de la física, se comenzó a hablar de los tiempos en lugar del tiempo.

El querer ver en los hombres de otra época lo que nosotros somos es lo que se denomina reinterpretarlos; negar su dimensión real, su especificidad, y atribuirles la nuestra es, repitámoslo, destruirlos. Esa posición filosófica, que quiere ver el presente en el pasado, de tal forma que la historia del pensamiento sea la de un mero desarrollo lineal, en que se agrega o agranda pero no se transforma, es, en el fondo, a mi modo de ver, la de un pensamiento que se asume a sí mismo como natural, como obvio, que no imagina la posibilidad de que él mismo sea histórico, contingente, y es por eso que busca con ahínco precursores, ignorando que cada hombre, lo quiera o no, trabaja en función de su pasado y de su presente, pero no de su futuro. Es esa la posición filosófica que se acostumbra denominar como positivismo.

Como señalé, correlacionar tiempo y espacio es algo apenas natural desde Galileo; pero el término "geometría cuatridimensional" se utiliza en física para indicar algo mucho más específico; que la forma en que se correlacionan estas variables es característica de cada observador a excepción de que esté en consideración la propagación de la luz (de manera más general la propagación de un campo electromagnético); y esto se traduce en que espacio y tiempo son elementos relativos a un observador dado, es decir que para cada observador hay un espacio y un tiempo, diferentes a su vez de los de otro observador que se halle en movimiento respecto al primero (mientras que la velocidad de propagación del campo electromagnético se erige en absoluto); atribuir tales relaciones temporales y espaciales a Gali-

39. Ibid., págs. 243 y 244.

leo, así sea como algo "incipiente", por el hecho de que expresa el tiempo por medio de un segmento geométrico es algo que no tiene asidero, la tesis se cae por su propio peso. Esto cobra sentido en la física sólo tres siglos más tarde. (Por lo demás, la expresión de cantidades de cualquier tipo por medio de segmentos geométricos era lo usual en la época de Galileo, pues sólo Descartes llevó el álgebra a la geometría; es decir, la geometría era, además el lenguaje matemático para Galileo y sus contemporáneos).

Y, para mayor sorpresa, los autores, al creer ver en Galileo lo que hizo Einstein, denotan una ignorancia del trabajo de este último. Porque Einstein, como dije, no geometrizó la dinámica (esa labor ya había sido realizada), sino que dinamizó la geometría, es decir, demostró que la geometría válida para un observador dado depende de las condiciones dinámicas en que ese observador se encuentra; o, para ser más preciso, la geometría que se utilice dependerá de la intensidad del campo gravitatorio a que está expuesto el observador (su sistema); esto, ni para qué decirlo, no tiene nada que ver con Galileo... y menos aún con Arquímedes.

* * *

En conexión con la cuestión de la concepción galileana de la gravidez, y como una consecuencia de ella, se plantea aún otro problema. Naranjo y Monsalve atribuyen a Galileo el principio de inercia de la física clásica, principio que éste nunca formuló, principio que, como mostró Koyré, no podía formular.

Este principio de la física clásica afirma que todo cuerpo permanece indefinidamente en el estado de movimiento en que se halle a menos que una acción externa altere ese estado. Los autores, sin vacilación alguna, suponen que Galileo pensaba lo mismo; lo suponen en un párrafo, y lo afirman en otro.

En la página 24, refiriéndose al experimento consignado en los manuscritos florentinos, señalan, como quién saca un corolario obvio, que el experimento permite verificar el principio de inercia clásico:

"La resistencia del aire atrasará un tanto el movimiento horizontal de la proyección, pero si la esfera es suficientemente pesada, como una de bronce, por ejemplo, no atrasará el tiempo de caída t_H . Por tanto, la ley de inercia, o lo que aquí vendría a significar lo mismo, la ley $X = Vt_H$ se podría examinar experimentalmente soltando, desde una serie de alturas h_1, h_2, h_3, h_4 , etc., la misma esfera por el mismo plano y bajo la misma rectificación, midiendo la serie correlativa de los alcances X_1, X_2, X_3, X_4 , etc., y verificando la relación

$$\frac{X_1}{\sqrt{h_1}} = \text{constante}^{(42)}$$

Aquí, como vemos, no se afirma que Galileo estuviera en posesión de la ley de inercia clásica; se plantea, sin embargo, a manera de corolario, que puede ser verificada en un experimento realizado por él; pero no está claro el asunto. Sin embargo, sí lo está en la página 36. A propósito de la ley de caída de los cuerpos, para Galileo caso ejemplar de movimiento uniformemente acelerado, los autores dicen:

"Como puede verse, la definición galileana del movimiento uniformemente acelerado es justificada largamente antes de proceder a examinarla por sus efectos en un fenómeno; contrastada, evocada, sustentada, sopesada. Y no podemos pasar por alto el que esta definición (abreviada $V = at$) aunque equivalente a otras ($S = \frac{1}{2} at^2$, $a = \text{cte.}$), es para Galileo la más natural, la que prolonga la ley, tan "natural", del movimiento rectilíneo uniforme. Es la definición establecida, física, estética, matemáticamente —las páginas anteriores lo reseñaron— por Galileo".

Aquí sí se afirma que Galileo estaba en posesión de la ley de inercia clásica, a la que, según los autores, Galileo consideraba incluso tan

"natural": la ley del movimiento rectilíneo uniforme.

La formulación de la ley de inercia presupone, como condición absolutamente indispensable, que sea posible pensar, imaginar un cuerpo que no esté sometido a ninguna acción, imaginarlo libre de acciones; en otras palabras, imaginarlo como partícula libre; se trata de un presupuesto necesario del principio clásico pues, de no ser así, no hay lugar a pensar que pueda estar "abandonado a sí mismo".

Este estado es, en sentido estricto, irrealizable prácticamente; es decir, nunca se encontrará un cuerpo así, pues por lo menos la acción gravitatoria estará afectándolo; pero, en la medida en que esa acción gravitatoria es una acción atribuida a otros cuerpos, es decir, en la medida en que no es algo que proviene del cuerpo en cuestión sino algo a lo que ese cuerpo está expuesto, sí cabe la posibilidad de pensar, de imaginar al cuerpo como libre de ella, y entonces deducir teóricamente qué le ocurriría en esa situación pensada y también, a partir de allí, qué le ocurriría en una condición realizable prácticamente.

Esta posibilidad, la de pensar al cuerpo como libre de acciones, no la tenía Galileo; no la tenía porque, como vimos, la gravidez o pesantez es para él no el resultado de una acción externa sino una condición inherente a todo cuerpo, que le acompaña ineludiblemente en cualquier condición o lugar; de lo cual se sigue que Galileo no podía imaginar el cuerpo completamente libre de acciones que afecten su estado de movimiento; y en esa medida no podía concluir que "abandonado a sí mismo", libre de acciones externas, se movería en línea recta y con velocidad constante, porque subsistiría aún una acción a la que el cuerpo no podría escapar, la acción de su peso; es decir, para Galileo el movimiento inercial de un cuerpo libre de acciones externas no sólo es imposible prácticamente sino también impensable, imposible teóricamente. O, como lo dice Koyré, "este imposible, el movimiento inercial en línea recta, es de cierta forma menos imposible para Newton o Descartes

que para Galileo. O, si se prefiere, la imposibilidad de este movimiento no es la misma, no tiene la misma estructura" (43).

El principio de inercia de Galileo era otro, el llamado "de la inercia circular"; y su validez dependía de la misma cuestión de la gravidez: un cuerpo se moverá con velocidad uniforme si se mantiene sobre una circunferencia cuyo centro sea el "centro" al que, en términos astronómicos, le lleva su peso, y lo hará así precisamente porque en tal trayectoria su distancia al centro no aumenta ni disminuye.

Así pues, cuando Naranjo y Monsalve atribuyen a Galileo la ley de inercia clásica, lo interpretan en función de una teoría que no fue la suya; esta teoría sólo fue posible por Galileo, pero entre ambas hay diferencias.

X.

Para terminar, quiero anotar algo sobre lo que podríamos llamar la imagen de Galileo que los autores nos presentan.

En diversas ocasiones hablan del Taller del Artesano; se trata, sin duda, de un lugar imaginado e ideado por ellos mismos; y allí, el Artesano... sería Galileo.

¿Por qué esta presentación de Galileo como el Artesano? ¿Por qué escribir con mayúscula el nombre del sitio hipotético en que trabajó? ¿Para qué crear la impresión de

43. *Etudes Galiléennes*, pág. 276. Generalmente se afirma que el análisis que Galileo hace en los "Discorsi" del movimiento de una esfera sobre un plano perfectamente liso y horizontal equivale a una formulación del principio de inercia. Koyré muestra que no es así, pues tal movimiento sólo se continúa si el plano soporta a la esfera; cuando el plano termina, lo indica Galileo, se termina el movimiento rectilíneo uniforme y continúa un movimiento parabólico... porque el peso siempre está presente. Ver *Etudes Galiléennes*, págs. 273 y 274.

que se trataba de un lugar especial, algo así como un recinto del saber en que se sucedían cosas singulares? A nuestro modo de ver, estas mistificaciones no son las más apropiadas para la historia de la física; con ellas sólo se logra velar o evadir el problema real de saber cuáles fueron las condiciones efectivas en que Galileo elaboró sus teorías.

Hay en el artículo de Naranjo y Monsalve algo así como una añoranza y un embeleso con las técnicas artesanales de que disponía Galileo para el montaje de sus experimentos; esto se hace notorio, por ejemplo, cuando los autores declaran que el texto en que éste describe la experiencia del plano inclinado es "una de las más bellas páginas de la física"; y aún más cuando, un poco después, afirman que "por hermoso que deba haber sido plegar el pergamino como cilindro, pegar, pulir y pulir, llenar de pez y brea y alisar, hubiera podido confiar mucho más en la textura de su madero...". Este embeleso, nos parece, es el de alguien que vive en un mundo "dominado y agobiado por los instrumentos de precisión"; quizá hace parte de ese amor que hoy se ha puesto en boga por las cosas aparentemente simples de otras épocas, amor que a veces está justificado; pero de tal embeleso no se puede concluir, y es esto lo que aquí interesa, que a Galileo, en su trabajo, le pareciera todo igualmente hermoso, pues para él se trataba, simple y llanamente, de los recursos tecnológicos vigentes en su época, se trataba de las condiciones y limitantes imperantes en su mundo, y de nada más.

Los autores nos presentan un Galileo que se ensoñaría puliendo y frotando, un Galileo que se sentiría feliz y pleno de trabajar con "tan pobre utillaje"; ¿en qué fundamentan esta visión de Galileo?, ¿de dónde concluyen que Galileo era feliz con esto?, ¿por qué le atribuyen esa humildad, más apropiada a la figura de algún martir abnegado, que le permitiría contentarse de estar trabajando con "tan pobre utillaje"? No se les ocurre pensar que tal vez todo ese trabajo tedioso de pulir, raspar, embetunar, pegotear-

se, etc., se lo dejara a algún ayudante; no se les ocurre, sobre todo, que Galileo quizá desesperaba de no tener a su alcance recursos tecnológicos que le permitieran una mayor precisión. A pesar de esto, los autores convierten a Galileo en el Artesano.

Esta presentación de Galileo se ve complementada en otro sentido. Para los autores, Galileo no sólo se conformaba con un pobre utillaje en lo experimental, sino que, en su opinión, también en lo teórico se contentaba con poca cosa, casi que anhelaba que fuese poca cosa. En la página 37 afirman:

"...una última observación: la tercera Jornada es un movimiento autónomo, separable, dentro del opus galileano. Es quizá la parte más acabada de toda esa obra gigantesca. Tesoro de verdades, de razonamientos, de lecciones. Y en una época de diletantes, es un verdadero desafío al trabajo paciente y sin demasiadas presunciones. Física local, fortaleza de una sabiduría que se conforma con pocas cosas".

¿A qué viene todo esto que más parece tomado de un sermón que de un texto de historia de las ciencias? ¿A qué esa advertencia admonitoria a los diletantes de la época? Y, además, ¿qué época no lo es de diletantes? ¿Por qué ese elogio, ese llamado a la humildad de "trabajar sin demasiadas presunciones"? Pero, sobre todo, ¿por qué presentar a Galileo como creador de una "fortaleza de sabiduría que se conforma con pocas cosas"? ¿Será cierto todo eso? Nos parece que, de ser tan humilde como los autores lo pintan, de contentarse con poca cosa, no hubiera podido hacer la cantidad de cosas que hizo. En verdad, para ser franco, esto suena hueco; esta imagen que Naranjo y Monsalve construyen de Galileo da la impresión, más que otra cosa, de ser la imagen que ellos quisieran dar de aquél, una imagen de dudosa humildad, de dudoso sabio humilde; dicho de otra forma, parece que los autores se han forjado una imagen de Galileo, y se limitan a desarrollarla sin preocuparse para nada por fundamentarla históricamente.

42. Págs. 24 y 25. El subrayado es mío.

historia de las religiones e historia de las ciencias en la teoría del fetichismo en la obra de auguste comte

georges canguilhem

Traducción de
MARIA LUISA JARAMILLO

Bajo el nombre de **fetichismo**, Augusto Comte trató de construir una teoría abstracta y total de las relaciones de la religión y de la naturaleza humana. Esta teoría fue a menudo más discutida que analizada, especialmente en razón de que en su segunda carrera filosófica, Comte pareció reducir la garantía del progreso intelectual contenida en la ley de los tres estados en provecho de una seguridad de continuidad entre el estado positivo final y el fetichismo inicial. Se ha desconocido que la teoría comtiana de los orígenes de la for-

ma religiosa de pensar reposa menos en el conocimiento descriptivo de formas sociales cronológicamente iniciales que sobre la aclaración de la significación permanente de una reacción del hombre con su situación originaria. No parece que se le haya dado un suficiente interés a la identificación de los temas de reflexión sutilmente compuestos por Comte en una teoría tan nutrida de lecturas que puede pasar por una síntesis, seguramente original, en el siglo XIX, de la historia filosófica de las religiones y de la historia filosófica de las ciencias, elaboradas por diferentes autores del siglo XVIII.

El fetichismo según Comte es una actitud primordial del hombre con relación al mundo, en la medida en que la variedad de los casos y circunstancias en los cuales surge permite considerarlo como una invariante de la naturaleza humana. Individualmente, el fetichismo es un modo de especulación característico del animal ⁽¹⁾; del niño ⁽²⁾,

del adulto normal cuando la práctica exige que una decisión sobrepase los resultados de un análisis ⁽³⁾, del adulto apasionado ⁽⁴⁾, del alienado ⁽⁵⁾. Colectivamente, el fetichismo es el estado intelectual fundamental revelado por el examen racional de las civilizaciones menos avanzadas ⁽⁶⁾. Esta actitud está fundada en un modo de explicación de las cosas y de los acontecimientos. La religión, regulación de la existencia humana concreta ⁽⁷⁾, es ante todo una regulación de las relaciones del organismo y del medio en donde las operaciones de la inteligencia constituyen la forma más elevada aunque originariamente la menos poderosa. El fetichismo es el primero de los tipos de explicación por causalidad, la forma más usada de búsqueda de los orígenes y de los destinos absolutos, que presta a la totalidad de los seres, concebidos por analogía con el hombre, voluntades que hacen el papel de leyes ⁽⁸⁾. No es el animismo, en el sentido estrecho y por otra parte posterior de este término, no es ni siquiera en rigor, antropomorfismo puesto que el animal es capaz de eso. Es más bien un biomorfismo que consiste en "la explicación del mundo según el hombre, siguiendo la asimilación espontánea de la naturaleza muerta a la naturaleza viva" ⁽⁹⁾ en "la confusión entre lo orgánico y la naturaleza viva" ⁽¹⁰⁾. La negación espontánea del dualismo entre naturaleza muerta y naturaleza viva es sin duda un error capital ⁽¹¹⁾ pero que engendra por sí mismo su refutación, puesto que "se la puede constatar plenamente y liberarse de ella". Mientras que el politeísmo que substituye la voluntad directa de seres supuestamente vivos por la voluntad indirecta de agentes exteriores a la materia pasiva, no implica inicialmente más posibilidades de refutación que de confirmación ⁽¹²⁾.

El modo de explicación según una causalidad de tipo animal, es decir afección y voluntad, conlleva con relación al medio cósmico un sentimien-

to humano de adoración, ya que "desde cuando ese culto se extiende a potencias que hacen mal, abiertamente admitidas por la inocencia fetichista, determina una veneración que siempre ennoblesce el temor correspondiente" ⁽¹³⁾. Sin duda, la visión fetichista del mundo ordena resignación y fatalismo ⁽¹⁴⁾, pero autoriza también en cambio la esperanza de obtener que la voluntad de los agentes exteriores a nosotros conspire con la nuestra. De tal manera que "la tentación natural de fundar nuestras opiniones en nuestros deseos" ⁽¹⁵⁾ se revela como una ilusión tan fecunda como fundamental.

Tal vez no hemos insistido lo suficiente en el hecho de que, según Comte, la puesta en marcha de la historia por una ilusión propulsora es necesaria para el advenimiento del espíritu positivo. La historia humana es el desarrollo de la naturaleza humana entendida como una pluralidad de virtualidades cuyo paso al acto se opera a velocidades diferentes. Inicialmente, la naturaleza humana es desarmonica: poderes y exigencias, medios y fines no están ajustados. La vida y la exigencia humanas, son un aspecto de la correlación biológica entre los organismos y los medios. Esta correlación se expresa en dos tendencias iguales aunque inversamente vitales: sumisión a las condiciones de existencia, iniciativa con miras a modificarse. De esta oposición concreta nacen toda clase de conflictos, entre la especulación y la empresa, entre la inteligencia y la afectividad, entre la realidad y la ficción. Esta oposición y estos conflictos toman figura de círculos. Pero la naturaleza viva no es en adelante según Comte como según Bergson prisionera de las exigencias de la lógica. La oposición lógica condenaría a la historia a no volver a empezar. Entonces, la naturaleza humana no está inicialmente bloqueada sino solamente entorpecida ⁽¹⁶⁾. Los círculos de la naturaleza humana no se refieren pues sino a la energía de las tendencias primordiales y a la velocidad de su desarrollo ^(16a). La historia o el progreso, o el desarrollo de la naturaleza humana no consiste sino en una modificación, progresivamente más reflexiva y más sistemáticamente provocada por la cultura,

* Tomado de *Mélanges Alexandre Koyré*, II, *L'aventure de l'esprit*, París Hermann, 1964.

Desde que se redactó este estudio, las relaciones entre el pensamiento de Augusto Comte y la obra de Brosses fueron el objeto de un importante artículo de Medeleine David, *La notion du fétichisme chez A. Comte et l'oeuvre du président de Brosses "Du culte des dieux fétiches"* in "Revue d'histoire des religions", número de abril-junio de 1977.

(Cours designa el *Cours de philosophie positive*, en la edición Schleicher, París, 1907. *Système* designa el *Système de politique positive*, 4a. edición Cres, París, 1912.

1. *Cours*, V, 19-20 y 66, nota I; *Systeme*, II, 84 y III, 82.
2. *Systeme*, II, 84.

3. *Systeme*, II, 81 y III, 82-83.
4. *Systeme*, II, 85, 88 y III, 84.
5. *Cours*, V, 19.
6. *Systeme*, III, 6.
7. *Systeme*, II, 9 y 12-13.
8. *Systeme*, II, 81.
9. *Systeme*, II, 80-81.
10. *Systeme*, II, 85.
11. *Systeme*, III, 86.
12. *Ibid.*

13. *Systema*, III, 108.
14. *Cours*, V, 38; *Systeme*, III, 123.
15. *Systeme*, III, 94.
16. *Cours*, V, 38-39.
16a. *Cours*, IV, 286-289.