

EL METODO DE GALILEO GALILEI (*)

SUMARIO: I. Aspecto negativo: repudio del principio de autoridad. — II. Aspecto positivo: a) la experiencia o intuición sensible; b) la matemática o el razonamiento. — III. La observación. — IV. La experimentación: la causa. — V. Consideraciones críticas sobre el método galileano. — VI. Síntesis.

I

El Renacimiento — según vimos en el capítulo anterior — reemplaza la antigua concepción del *universo inmóvil y limitado*, por la de la Naturaleza *dinámica e ilimitada*, y substituye el concepto de la Ciencia "hecha" por el de la *Ciencia constructiva*. El laboratorio de la Nueva Ciencia, es el universo, y su artífice, el hombre.

Ahora bien: desde el punto de vista de *la metódica*, esa renovación espiritual se pone de manifiesto: a) en el repudio del principio de autoridad; b) en la asimilación de los procedimientos matemáticos; c) en el ensayo de nuevos medios de investigación. Galileo encarna la nueva actitud; en efecto: si por un lado se opone, decididamente, al método de los peripatéticos, por otro se dedica a observar, de una manera directa, *las apariencias* (función de los sentidos: experiencia) para traducirlas con los razonamientos correspondientes (función del intelecto: matemática). Su canon fundamental, en materia de método, es el siguiente: *seguir la Naturaleza*, y seguirla en su doble dictado: a saber, buscando en ella, como universo, el verdadero campo de los fenómenos y de las leyes, y, como conciencia, la verdadera fuente de las leyes del pensamiento que habilitan al hombre para alcanzar la verdad.

(*) Capítulo cuarto del trabajo intitulado "Aporte al estudio de la inducción".

El aspecto negativo de la Lógica de Galileo consiste en el rechazo del principio de autoridad. Galileo critica, reciamente, a los peripatéticos, sin renegar, empero, a Aristóteles. Aunque descubre que su Lógica no es apta para *construir* la Ciencia (porque no crea, y, en cambio, inmoviliza) reconoce sin embargo en el Estagirita *el Maestro de la Inducción*. Aristóteles, observa Galileo, se sirvió del método a priori para exponer su doctrina, pero no se valió de él, seguramente, para investigarla. Fué la experiencia la que le sirvió de base, y sólo cuando estuvo bien seguro de las conclusiones obtenidas con ese medio buscó la forma para demostrarlas. ¿No constituye, acaso, una prueba de la importancia que él asignara a la observación — inquiera — el hecho de que se haya abstenido de hablar de las cosas del cielo “por estar muy lejanas”? ¿No sostuvo él mismo — insiste — que “aquello que el sentido demuestra, debe antepo- nerse a todo discurso y no sería, por lo tanto, más aristotélico — concluye — afirmar, por ejemplo, que “el cielo es inalterable porque así lo demuestra la experiencia, el sentido” a sostener “que el cielo es inalterable porque de ello nos persuade el discurso de Aristóteles”? (1). Bien es cierto — critica Galileo — que los peripatéticos no lo entienden de ese modo, “più tosto che mettere qualche alterazione nel cielo di Aristotele vogliono impertinentemente negare quello che veggono nel cielo della Natura” (2), pero ello es debido a que la característica de esos *philosophi in libris* (hábilmente retratados en el *Simplicio* del *Dialogo dei Massimi Sistemi*) ha consistido siempre en oponer la autoridad del Maestro, a cualquier experiencia o argumento nuevo (3). Y el funesto principio de autoridad, al apagar en ellos todo espíritu de investigación y de crítica, no sólo los condujo a negar toda observación o experimento, sino — lo que es más grave — *les impidió verlos*, permitiéndoles de ese modo continuar sosteniendo en forma “reverente y humilde” “che il mondo stà como scrisse Aristotele, e non come vuol Natura” (4). Estas, y mil otras afirmaciones análogas evidencian que la intención de Galileo no es la de atacar a Aristóteles, sino al principio de autoridad,

(1) GALILEO, *Dialogo dei Massimi Sistemi*, jornada 1ª, pág. 305, V.

(2) *Ibidem*, jornada 2ª, pág. 353.

(3) *Ibidem*, jornada 2ª, pág. 350.

(4) *Ibidem*, jornada 3ª, pág. 411.

poniendo de relieve la inconsistencia de la obra de esos tales que "di professione peripatetici, ne ritengono soltanto il nome. . . non filosofando con l'avvertenza propria (come pur faceva Aristotele) ma con solo la memoria di quattro principii mal intesi" (1). Con una ironía más elocuente que la misma crítica (y abrazando en uno solo a la caterva de los peripatéticos que lo tildaban a él de contrario a Aristóteles), Galileo se dirige a Sarsi (en quien cree advertir "la ferma credenza, che nel filosofare sia necessario appoggiarsi all'opinione di qualche celebre autore, si che la mente nostra, quando non si maritasse col discorso di un altro, dovesse in tutto rimanere sterile ed infeconda. . .) y le dice que *la cosa non stà così* porque "*la Filosofia è scritta in questo grandissimo libro che continuamente ci stà aperto innanzi agli occhi, ma non si può intendere se prima non s'impara a intendere i caratteri nei quali é scritto*" (2). Galileo, según él mismo declara, no quiere dejarse engañar por el Aristóteles peripatético (3) pero no admite que nadie lo aventaje en comprensión y en fidelidad al espíritu del Aristóteles auténtico. En ese sentido se considera más peripatético (entiéndase más aristotélico) que sus propios adversarios y explica cómo: ". . . io stimo (4) che l'essere veramente peripatetici, cioè filosofo aristotelico, consista principalissimamente nel filosofare conforme agli aristotelici insegnamenti, procedendo con quei metodi e con quelle vere supposizioni e principii sopra i quali si fonda lo scientifico discorso. . ." e indica que tales métodos y principios consisten, esencialmente, en dos cosas: "Aristotele ci insegna nella sua Dialettica, a farci cauti nello sfuggire le fallacie del discorso indirizzandolo e addentrandolo a bene silogizzare, e dedurre dalle premesse concessioni, la necessaria conclusione; e tal dottrina riguarda alla forma del dirittamente argumentare." (Por nuestra parte observaremos que si es cierto que el recuerdo demasiado vivo de esos preceptos contribuye a dar, por momentos, un matiz escolástico a algunas páginas de la obra de Galileo, no lo es menos que, al hábil manejo de los mismos y a su aplicación escrupulosa,

(1) GALILEO, *Prefacio del Dialogo dei Massimi Sistemi*.

(2) GALILEO, *Il Saggiatore*, cap. VI, pág. 285, F.

(3) GALILEO, *Dialogo dei Massimi Sistemi*, jornada 3ª, pág. 354, V.

(4) GALILEO, *Carta a Liceti*, 15 de septiembre de 1640.

se deben algunas de sus réplicas más brillantes, a las objeciones de los adversarios. La polémica con Sarsi, acerca de los efectos del telescopio (1) constituye un precioso documento al respecto.)

El otro precepto aristotélico — no menos importante que el anterior, y por él igualmente atendido — es aquel al que aludimos anteriormente: “tra le sicure maniere per conseguire la verità, è l’anteporre l’esperienza a qualsivoglia discorso, essendo noi sicuri che in esso, almanco copertamente, sarà contenuta la fallacia, non sendo possibile che una sensata esperienza sia contraria al vero”; éste, insiste, “è pur precetto stimatissimo da Aristotele e di gran lunga anteposto al volere e alla forza dell’autorità di tutti gli uomini del mondo (2).

La oposición de Galileo al principio de autoridad es tan resuelta, como es sincero el estupor que producen en su ánimo esos “puntuali sostenitori d’ogni detto d’Aristotele, che non si accorgono di quanto grande pregiudizio e’ sieno a la reputazione ed al credito di quello e quanto nel volergli accrescere autorità gliene detraggono. . .” (3). Pero su veneración por el Grande, no llega nunca a cegarlos: con la misma decisión y valentía con que ataca a los hijos espúreos del aristotelismo, crítica la obra del Estagirita en las partes que considera falsas o débiles y con una perspicacia comparable tan sólo a su grandeza de ánimo, asevera que, si Aristóteles pudiese levantar la cabeza del sepulcro, para mirar a través del telescopio, aceptaría las nuevas teorías. . . Convencido de la insuficiencia del principio de autoridad y abrigando, al propio tiempo, la certeza de que “fué mediante la observación directa de la Naturaleza como los mejores espíritus de todos los tiempos, hallaron las nociones más valederas acerca de las cosas naturales y divinas” (4), el padre de la Ciencia moderna, hace a un lado todo testimonio y toda discusión puramente formal y se dispone a buscar la verdad por sí mismo. De ese modo restaura la dignidad de la razón humana.

(1) GALILEO, *Il Saggiatore*, cap. XII, págs. 298 a 305, F.

(2) GALILEO, *Carta a Liceti*, 15 de septiembre de 1640.

(3) GALILEO, *Dialogo dei Massimi Sistemi*, jornada 2ª, pág. 353, V.

(4) GALILEO, *Carta*.

II

a) Una vez abandonadas las fuentes otrora consagradas por el "funesto principio", Galileo se dispone a leer el gran libro del universo, valiéndose de los medios con que la Naturaleza lo ha provisto: *sensi e discorso*. Pero el uso de esos instrumentos naturales debe estar acompañado por una especial disposición de espíritu; y aquí Galileo describe — con un acierto poco común — las condiciones del investigador. Es en la novela del solitario investigador de sonidos (1) donde nos lo presenta como dotado de *ingenio perspicaz y de una curiosidad extraordinaria*. El personaje en cuestión, se asombra ante las notas que un zagal arranca de una flauta y se siente impulsado por su natural curiosidad y desprendimiento a trocar el sonoro instrumento por un novillo; mas, ni bien lo tiene en su poder, resuelve alejarse de la propia casa, porque "presiente nuevas aventuras"; y así, se interna en un mundo desconocido, descubriendo a cada paso nuevas maravillas acerca de la naturaleza del sonido, hasta que por fin, cuando ya cree haber agotado todas las formas de ese fenómeno, se sorprende de su propia ignorancia al comprobar que no puede explicarse el canto de una cigarra, a pesar de que la cigarra cante en su propia mano. De este modo, Galileo describe — no su escepticismo — sino la dificultad de la marcha progresiva de la ciencia en la conquista de la verdad.

El investigador dotado de ingenio despierto y curioso, observa también nuestro autor, debe abordar los problemas de la naturaleza por sus efectos para remontarse a las causas de los mismos (2) y aun cuando lo ciegue la magnificencia de los secretos del universo, no debe cejar en su empeño por conocerlos ni en su decisión para revelarlos (3). (Cabe observar al respecto, que — pese a la nobleza del precepto — ni el mismo Galileo se atrevió a llevarlo a la práctica de una manera radical, exponiendo sin ambages, el fruto de sus investigaciones. Pero la razón es obvia. Los teólogos formaban, en aquel entonces, una cofradía tremenda y su rigor, para con los innovadores,

(1) GALILEO, *Il Saggiatore*, cap. XXI, pág. 325. F.

(2) GALILEO, *Dialogo dei Massimi Sistemi*, jornada 4^a, pág. 461. V.

(3) GALILEO, *Il Saggiatore*, cap. XXVIII, pág. 345. F.

era terrible. Díganlo, si no, Giordano Bruno, Vanini y el propio Galileo. . .). Con todo, y, siquiera como ideal, el Gran pisano sostiene que el hombre de ciencia debe ser enemigo de las *razones sobrenaturales* en homenaje a las *verdaderas razones*. Cuando ese investigador, dice (1), moviendo un recipiente lleno de agua logre — sin recurrir a ningún artificio — todos los cambios que se observan en el mar, ¿para qué recurrir al milagro, si la causa está allí, en el movimiento mismo? El investigador deberá, además, ser paciente y poseer espíritu crítico: la primera condición, lo conducirá a reunir y estudiar un número suficiente de fenómenos, que servirán de base a sus hipótesis (2), la segunda le permitirá discernir y avalorar los hechos, manteniéndolo alejado de la excesiva confianza sin hacerlo caer en el temor (3).

Sería tarea demasiado prolija repetir, aunque fuese escuetamente, todas las condiciones que Galileo exige al investigador como garantía de su labor. No creemos tampoco necesario insistir en ello. Lo dicho basta — creemos — para probar que también este aspecto, entre los muchos atañedores a la nueva metódica, llamó la atención del Padre de la Ciencia moderna, quien no se limitó a reunir, en sí mismo, todas las condiciones del buen investigador (como podría probarse analizando cualquiera de las investigaciones originales que él historia en el *Dialogo dei Massimi Sistemi* o en las jornadas del *Dialogo delle Nuove Scienze*, sino que teorizó sobre ellas.) Pero si el amor a la brevedad nos exime de explayarnos sobre el particular, no hemos de silenciar, sin embargo, una pincelada magistral dada por Galileo, dentro de estas consideraciones de orden teórico: sobre todas las dotes del investigador, se cierne una condición máxima, rebelde a toda prescripción, que hace del hombre de ciencia un escogido de los dioses; es el don de saber descubrir que "*sotto una prima e puerile apparenza potersi contenere arti maravigliosi*" (4). Los inventos realizados por la humanidad (inclusive los que, con voz henchida por un

(1) GALILEO, *Dialogo dei Massimi Sistemi*, jornada 4ª, pág. 467, V.

(2) GALILEO, *Dialogo dei Massimi Sistemi*, jornada 4ª, pág. 477, V.

(3) GALILEO, *Dialogo delle Nuove Scienze*, IV, pág. 545.

(4) GALILEO, *Dialogo dei Massimi Sistemi*, jornada 4ª, pág. 453, V.

nobilísimo orgullo, Galileo describe en *Sidereus Nuncius*) (1), ¿no se deben, acaso, esencialmente a ese regalo de la Naturaleza, que constituye la chispa divina del genio, y, sin la cual — según afirma Leibniz — no es posible el progreso científico?

La Naturaleza — decíamos en párrafos anteriores — nos ha provisto de *sensu y discurso*, para investigar la verdad. La experiencia y el razonamiento constituyen, por lo tanto, los dos elementos del conocimiento: la primera, nos proporciona la materia dándonos *el hecho*; el segundo — en su forma matemática, que es la que conviene al Universo, dada su estructura, imprime a los conocimientos el carácter de necesidad y certeza requeridos por el intelecto. Ahora bien: la experiencia, dentro del pensamiento y de la obra de Galileo, constituye el punto de partida de la Ciencia, y el objeto inmediato de ésta, lo forma — según dijimos en otra parte — ese “particular” en el cual Aristóteles sostuvo hallarse inmanente lo universal. En esta Realidad — expusimos también — Galileo, anticipándose a Locke (2), distingue dos categorías de cualidades o condiciones; *las condiciones primarias*, a saber, forma, tamaño, posición, cantidad, tiempo, movimiento, contigüidad (que pertenecen realmente a los cuerpos) y *las secundarias*: color, sabor, olor, sonido, presión, contacto y temperatura (que no son sino modos nuestros de sentir aquéllos). “*Che nei corpi esterni, per eccitare in noi i sapori, gli odori e i suoni—dice* (3) —*si ricchiegga altro che grandezza, figure, moltitudini e movimenti tardi o veloci, io non lo credo; e stimo che tolti via gli orecchi e le lingue, restino bene le figure, i numeri e i moti,*

(1) El contenido de esta obra, escrita en latín, está cabalmente indicado en el título completo de la misma, que dice: *Nuncio Sidereo que descubre y presenta al examen de todos, especialmente de los filósofos y astrónomos, los más grandes y estupendos espectáculos, a saber, los que Galileo Galilei — patricio florentino y público matemático del estudio de Padua, mediante un anteojo recientemente inventado por él mismo — ha observado en la superficie de la luna, en innumerables estrellas fijas, en la Vía láctea, en la nebulosa, y, de una manera especial, en cuatro planetas que giran alrededor de Júpiter, con mucha velocidad, pero en periodos desiguales, planetas ignorados hasta el momento y a los cuales el autor, su descubridor, ha denominado Planetas mediceos.*

(2) LOCKE, *Ensayo sobre el entendimiento humano*, libro II.

(3) GALILEO, *Il Saggiatore*, cap. XLVIII, pág. 383, F.

ma non già gli odori, nè i sapori, nè i suoni li quali fuor dell'animal vivente non credo che siano altro che nomi". Estos caracteres, que constituyen los *sensibles propios* de Aristóteles, los percibimos mediante los sentidos, y es en un "*contatto dei minimi per la nostra sostanza*" en lo que Galileo hace consistir este primer momento del proceso cognoscitivo. Al trabajo de los sentidos se reduce, esencialmente, la experiencia galileana, dentro de la cual ocupa un lugar privilegiado, el sentido de la vista, tanto por la calidad, como por la cantidad de los datos que nos suministra. Su llamado a la experiencia, es constante y son las cosas más fáciles y naturales — de preferencia aquellas que cada uno puede ver y palpar — las que incorpora, constantemente, a su discurso. El Gran pisano no desconoce el mérito de su innovación y alude a ella con orgullo "*per certo mio naturale talento, solevo alcune volte, con cose minime facili e patenti, esplicarne altre assai difficili e recondite*" (1). Y, en efecto, son hechos muy comunes, los que sirven de base a sus maravillosos descubrimientos: en la lámpara de Pisa, ve la teoría del péndulo; en una hoja de papel impreso con caracteres ordinarios, demuestra cómo se produce el fenómeno de que las estrellas no parezcan cambiar de sitio, cualquiera sea el lugar desde donde se las mire (2); desplazando un objeto sobre un plano por el cual pase el ojo del observador, muestra a Sarsi, cómo el movimiento de los cometas, puede ser circular, a pesar de parecer recto (3); con una cuerda del arpa o una caña del órgano que emite sonidos diferentes según sea más larga o más corta, muestra, por analogía, cómo el telescopio produce distintos aumentos, a medida que se alarga o acorta (4), y su llamado a la experiencia, llega a lo increíble cuando trata "la esencia y la apariencia del sentido de la vista". Es, precisamente, en un pasaje de ese capítulo (5) donde Galileo dice "... sputi (*sic*) solamente in terra il Sarsi, que, senz'altro dal luogo dove va la riflessione del raggio solare, vedrà l'aspetto d'une stella naturalissima. . ." Pero tanto los

(1) GALILEO, *Il Saggiatore*, cap. XL, pág. 369, F.

(2) *Ibidem*, cap. VI, pág. 283, F.

(3) *Ibidem*, cap. X, pág. 291, F.

(4) *Ibidem*, cap. XV, pág. 315, F.

(5) GALILEO, *Il Saggiatore*, cap. XIX, pág. 323, F.

citados, como los innumerables otros casos de observación directa que forman la riqueza inagotable de su obra, son inmediatamente tratados de una manera geométrica, esto es, elaborados con el rigor que caracteriza el razonamiento matemático. (A decir verdad, aquel deslinde que, comúnmente, suele hacerse, entre intuición y razonamiento, o experiencia y matemática, es irrealizable dentro de la Ciencia creada por Galileo, pues allí el trabajo de los sentidos está impregnado de lo que llamaríamos rigor interpretativo, que es ya un valor matemático aportado por el intelecto). Por otra parte, volvemos a hacer notar — y lo consideramos importantísimo — que aun cuando todos sus trabajos tienen como punto de partida una “sensata experiencia”, Galileo no atribuye mayor importancia al razonamiento que va de lo particular a lo general (entiéndase: la inducción completa) y así, declara que ninguna experiencia — sea cual fuere su número — puede autorizar a concluir, rigurosamente, de la parte al todo. Un conocimiento semejante, forma, a su entender, un saber *extensive*, desprovisto de valor científico; de allí que él, en todas sus investigaciones, siente la necesidad de valerse de una operación distinta, tendiente a extender el campo de los conocimientos empíricos y a garantizar al investigador de la necesidad de los procesos naturales. Esa operación es la deducción, o sea, el “saber *intensive*”. (Este elemento, debidamente asociado a la experiencia, fué el que le permitió encontrar y probar las leyes causales.)

El sentido se limita a aportar a la Ciencia de Galileo (en un primer momento ideal) una especie de “materia prima” que requiere la inmediata intervención del intelecto, para ser aprovechable. El sentido es necesario, pero no es suficiente; tal es la tesis que nuestro autor sostiene, cuando, en la discusión acerca de la naturaleza de los cometas (1) le critica a Sarsi su ilimitada confianza en el sentido de la vista, confianza que le hace creer imposible — a éste — el engaño, toda vez que puede coquetear un objeto aparente con uno real. Galileo, confiesa, que él no posee “una facultad distintiva tan perfecta” y que es más bien como aquel simio que, colocado frente a un espejo, cree ver delante de sí a un congénere y no se percata de su error,

(1) *Ibidem*, cap. XLVIII, pág. 383, F.

sino después de realizar varias tentativas infructuosas para cogerlo, con lo cual, sienta que los sentidos adquieren valor sólo a la luz de la crítica de la razón que los interpreta. Con todo, y, pese a la insuficiencia anotada, Galileo recurre, constantemente, a los sentidos y los considera no sólo como el instrumento inicial de las investigaciones científicas, sino como el medio eficaz para hacerlas más completas y reclama el concurso de cada uno de ellos, toda vez que la naturaleza del objeto se lo permite. Tal es el caso — para no citar más que uno de los numerosísimos que su obra ofrece — relativo a “lo imperceptible sobre la balanza” (1), en el cual sostiene que puede haber desgaste de las cosas, sin que se traduzca en un cambio de peso. Refiriéndose al desgaste del vidrio, observa “oltre a quello que ci manifesta la vista, l'odorato ci da argomento ed indizio molto chiaro che per avventura si partono, oltre al detto fumo, altre parti piú sottili, e però invisibili, sulfuree e bituminose, le quali per tale odore che ci arrecano, si fanno manifeste”.

Galileo intensifica la acción de los sentidos mediante aparatos de su invención, destinados a auxiliar a los primeros, en la observación de la Naturaleza: así el compás de proporción, la balanza hidrostática, el péndulo, el telescopio, el microscopio, etc., son otros tantos medios creados o perfeccionados por él, para leer con mayor exactitud en el gran libro del Universo. La importancia que Galileo asigna al “dato” de los sentidos — perfeccionado mediante los aparatos — constituye una especie de “motivo” dentro de su obra. Sirva de ejemplo el siguiente que se lee en la tercera jornada del *Dialogo dei Massimi Sistemi*: “Queste cose non possono esser comprese se non col senso della vista, il quale da natura non é stato conceduto aglio uomini tanto perfetto, che sia potuto arrivare a discernere tali differenze; anzi pur lo strumento stesso del vedere a sé medesime reca impedimento; ma dopo che all'etá nostra é piaciuto a Dio di concedere all'umano ingegno tanto mirabile invenzioni di poter perfezionar la nostra vista col moltiplicarla 4, 6, 10, 20, 30, 40 volte, infiniti oggetti che, o per la loro lontananza, o per la loro estrema piccolezza, ci erano invisibili, si sono col mezzo del telescopio resi visibilissimi” (2). Resu-

(1) GALILEO, *Il Saggiatore*, cap. XLII, pág. 374, F.

(2) GALILEO, *Dialogo dei Massimi Sistemi*, jornada 3ª, pág. 418, V.

mimos: si la intuición sensible, es cosa fundamentalísima dentro del método galileano, no lo es menos, la apreciación cuantitativa que hace de la Ciencia, esencialmente, *una métrica*. La *medida*, dentro del sistema que analizamos, representa una especie de vínculo entre lo sensible y lo matemático, vale decir, entre la experiencia y el razonamiento.

III

A poco que analicemos, descubrimos, que *la apreciación cuantitativa* dentro del método de Galileo, es un acto casi inseparable de la intuición sensible; y la razón de este hecho, hállase en aquellas circunstancias que analizamos en el capítulo anterior y que podemos resumir así: *Galileo es un matemático de la Naturaleza*. Matemática es, en efecto, la esencia de los átomos en los cuales resuelve las cosas que caen bajo su observación (por eso afirma, que son matemáticos los caracteres en que se halla escrito el libro del Universo); y matemática es no sólo la obra sino la sabiduría de Dios: de ahí que — como reflejo — conciba que el conocimiento perfecto sea el saber matemático. Cualquiera de las páginas de *Il Saggiatore*, del *Dialogo dei Massimi Sistemi* o de los *Dialoghi delle Nuove Scienze*, constituyen una prueba de nuestro aserto. Para leer *el libro del mundo*, tal cual lo concibe Galileo, es menester conocer matemática. En los cimientos de la filosofía natural por él fundada, puede grabarse el mandamiento impreso en el frente de la Academia platónica: nadie entre aquí, que no sea geómetra. “El sabio, por excelencia, para Galileo, es el astrónomo matemático”. De todos los que intentaron hojear *el libro magnífico*, que por ser obra del Sumo artífice, es todo proporción (observa en el *Prefacio del Dialogo dei Massimi Sistemi*) quien mira más alto, más altamente se diferencia; y, en ese caso, la labor versa sobre *el orden del universo*, el capítulo más importante de las Ciencias Naturales, tanto por la grandeza, como por la gravedad de la materia. Convencido de ello, y, pese a la diferencia esencial de los respectivos sistemas, proclama a Tolomeo y a Copérnico “cumbres del pensamiento

humano" y acepta para sí, el dictado de "pitagórico" con que cree herirlo un adversario (1).

Para Galileo no hay Ciencia (en el sentido objetivo y subjetivo), sino donde hay número, medida. Se enorgullece de haber aprendido de los procedimientos de la matemática pura, una seguridad tal en la demostración, que le impide caer — salvo rarísimas excepciones — en el error (2) y tiende sin cesar al razonamiento matemático, en el que reconoce la forma perfecta del saber: la que aproxima el hombre a la Divinidad.

Lo *matemático*, en Galileo, debe entenderse tanto en el sentido genérico como en el sentido propio, especial. Así, es matemático en la acepción más amplia del concepto partir de "principii notissimi, intesi e conceduti da tutti" (3), no por mera tradición, sino por *necesidad*. Y es *matemático* no solo partir de esas verdades simples y generales — análogas a los axiomas geométricos — que se hallan en el fondo de todas las ramas del saber humano, sino avanzar con el rigor y la evidencia característicos de la ciencia de las magnitudes. Ya en un sentido más limitado y propio entiéndese por *método matemático* tanto el de las matemáticas abstractas como el de las ciencias concretas que aplican las verdades puras de la geometría y del cálculo, al número, a las dimensiones y al movimiento de los cuerpos. Ahora bien, en la mayoría de los casos tratados por Galileo, el método matemático consiste, esencialmente, en aplicar a los *datos experimentales*, el razonamiento riguroso; esto es, en someter, ora los *datos astronómicos* (*Dialogo dei Massimi Sistemi*), ora los *datos de la mecánica* (*Dialoghi delle Nuove Scienze*) a las irrefutables razones del cálculo. Es especialmente en esta última obra donde se pone de manifiesto el método matemático llamado también por algunos autores "racional". En efecto, en esos extensos *Discorsi e dimostrazioni matematiche intorno a due Scienze Nuove attinenti alla meccanica e ai movimenti locali*, cada caso ofrecido por la experiencia es despojado de sus "cualidades secundarias" que lo caracterizan como particular, redu-

(1) GALILEO, *Dialogo dei Massimi Sistemi*, Prefacio.

(2) GALILEO, *Carta a Fortunato Liceti*, septiembre 15 de 1640.

(3) GALILEO, *Dialoghi delle Nuove Scienze*.

cido a magnitudes y matemáticamente tratado. El rigor del razonamiento es facilitado hasta por las figuras geométricas con las que Galileo representa los casos concretos. Suenan casi a lugar común estas palabras en el transcurso de la obra "artificio che coll'aiuto di *un poco di disegno*, meglio che con semplici parole potrò dichiarare. . ." (1). Como ejemplo demostrativo de lo que estamos tratando, creemos útil recordar algunos pasajes de la disertación sobre "La forza di resistenza nel piccolo e nel grande" y "Il vuoto nella resistenza dei corpi", que figura en el primer Diálogo. Galileo (Salviatti), con Simplicio y Sagredo, hállanse discurriendo en el arsenal de Venecia, que ofrece, según el primero, "largo campo di filosofare a gl'intelletti specolativi" (2). Trátase de comprender ". . . per qual ragione facevano tanto maggior apparecchio di sostegni, armamenti, ed altri ripari, e fortificazioni, intorno a quella gran galeazza, che si doveva varare, che non si fá intorno ai vascelli minori". ¿Debíase ello, según la opinión de los prácticos (*i protti*) al propósito de "evitare il pericolo di direnarsi, opressa dal grandissimo pesso della sua vasta mole; inconveniente ai quali non sono soggetti i legni minori?" (3). Galileo observa que es un vano concepto del vulgo la creencia "che in queste ed altre simili macchine non bisogna argomentare dalle piccole alle grandi: perché molte invenzioni di macchine riescono in piccolo, che in grande, poi, non sussistono "y he aquí de donde saca la fuerza de su convicción: ". . . ma essendo che *tutte la ragioni della Meccanica, hanno i fondamenti loro nella Geometria*, nella quale non vedo che la grandezza e la piccolezza faccia i cerchi, i triangoli, i cilindri, i conis e qualunque altre figure solide soggette ad altre passioni queste, ed ad altre quelle, quando la macchina grande sia fabbricata in tutti i suoi membri conforme alle proporzioni del minore, che sia valida e resistente all'esercizio al quale ella é destinada, non só vedere, perché ella ancora non sia esente dagl'incontri, che sopraggiungner gli posson sinistri e destruttori". Salta a la vista, que la convicción de Galileo en el presente caso, saca su fuerza del razo-

(1) GALILEO, *Dialoghi delle Nuove Scienze*, jornada 1ª, pág. 489, F.

(2) *Ibidem*, jornada 1ª, pág. 481, F.

(3) *Ibidem*.

namiento deductivo. El Físico asimila *las máquinas a figuras geométricas*; concibe, por lo tanto, que las relaciones existentes entre máquina y máquina son análogas a las que existen entre figura y figura, de donde obtiene que, siendo las propiedades de estas últimas constantes — sea cual fuere la magnitud — *debe* comprobarse lo propio con respecto a las primeras.

No es menos significativo, en el orden de ideas que venimos tratando, la crítica que le merecen aquellos que atribuyen la falta de conformidad entre las grandes *máquinas reales* (construídas por el hombre) y las *máquinas ideales* (de la geometría) a la imperfección de la materia. Aquí también Galileo argumenta matemáticamente: "... ma qui non só s'io potrò senza inciampare in qualche nota di arroganza dire, che neanche il ricorrere all'imperfezioni della materia potenti a contaminare le purissime dimostrazioni matematiche, basti a scusare l'innobediencia delle macchine in concreto, alle medesime astratte e ideali: tuttavia io pure, il dirò, affermando che astraendo tutte le imperfezioni della materia, e supponendola perfettissima ed inalterabile, e da ogni accidental mutazione esente, tuttavia il solo esser materiale fa che la macchina maggiore fabbricata coll'istessa materia e coll'istesse proporzioni che la minore, in tutte l'altre condizioni risponderá con giusta simetria alla minore, *fuor che nella robustezza e resistenza* contro alle violenti invasioni (?): ma quanto piú sarà grande, tanto, a proporzione, sarà piú debole. E perchè io suppongo la materia esser inalterabile, cioè sempre l'istessa, è manifesto che di lei, come di afezione eterna e necessaria si posson produrre dimostrazioni non meno delle altre schiette e pure matematiche" (1).

Sentado lo anterior, a manera de premisa, Galileo se propone demostrar de una manera geométrica, como él mismo afirma (2), que las máquinas o construcciones mayores son, proporcionalmente, menos resistentes que las menores, y, para ello se refiere, en primer término, a una columna que había cedido (precisamente) cuando un mecánico, para evitar que se rompiera en la mitad, aconsejó que se le aplicara en ese punto

(1) GALILEO, *Dialoghi delle Nuove Scienze*, jornada 1ª, pág. 482, F.

(2) *Ibidem*, pág. 484, F.

un nuevo apoyo. . . La columna se había hundido, justamente, sobre el punto de apoyo, y, he aquí cómo Galileo expone el hecho: “. . . deposti in piana terra y due pezzi della colonna, si vide che l'uno dei travi su il quale appoggiava una delle testate, si era, per la lunghezza del tempo infracidato, ed avvallato, e restando quel di mezzo durissimo e forte, fù causa che la metà della columna restasse in aria abbandonata dall'estremo sostegno, onde il propio sovrachio peso le fece fare quello che non avrebbe fatto se sola sopra y due primi si fosse appoggiata, perche all'avvallarsi qual si fusse di loro, ella ancora l'avrebbe seguido. E qui non si può dubitare que tal accidente non sarebbe avvenuto in una pequeña columna, bench'e della medesima piedra e di lunghezza rispóndente alla sua grossezza, colla propórzione medesima della grossezza e longitudine della columna grande” (1). El hecho a que alude Galileo (la rotura de la columna) está firmemente probado por la experiencia; pero, *no es más que un efecto*. ¿Cómo explicar su razón? ¿Cómo admitir que, aumentando la materia del objeto, no aumente en la misma proporción la resistencia, máxime si se tiene en cuenta que, en otros casos, la experiencia nos muestra que la resistencia aumenta en una proporción mayor a la del incremento de la materia, como ocurre, v. gr., en el siguiente caso: de dos clavos, uno el doble del otro, aquél sostendrá no sólo el duplo de éste sino el óctuplo? Galileo se dispone a satisfacer la objeción, no con “*probabili discorsi*” — observa — sino “*dimostrativamente*”, para lo cual considera indispensable dirigirse a la geometría, donde se encuentran — insiste — los verdaderos fundamentos de la Mecánica. Conviene — dice (2) — que ante todo consideremos cuál es el efecto que se produce en la rotura de una madera, o de cualquier otro sólido cuyas partes estén sólidamente unidas, y, para más claridad, supongamos que se trate de un cilindro o de un prisma AB (y aquí va la figura correspondiente) de la substancia que se quiera, pero sólida y coherente, fijo en el punto A, del cual caiga a plomo, y, en cuyo otro extremo B se le aplique un peso C. Evidentemente — prosigue — sea cual fuere la tenacidad y la

(1) *Ibidem*, pág. 484.

(2) GALILEO, *Dialoghi delle Nuove Scienze*, pág. 484.

coherencia del sólido, con tal que no sea infinita, podrá ser superada por la fuerza del peso C; ahora, si admitimos que el peso C vaya en aumento, llegará un momento en que el sólido se romperá a guisa de una cuerda, y, así, como la resistencia de ésta se resuelve en la de los hilos que la componen, y la de la madera en la de las fibras que la constituyen (fibras que, por ser más fuertes que los hilos del cáñamo, hacen que un cilindro de madera sea más resistente que una cuerda del mismo tamaño), la coherencia del cilindro de piedra (o de cualquier metal), se resolverá también en la de sus partes componentes, las cuales, aunque distintas de los hilos y de las fibras, llegarán a ser vencidas por un fuerte estiramiento.

¿Cuáles son los elementos que entran en juego en el caso de la columna? Galileo, sienta, que la coherencia de las partes en las substancias que no tienen una estructura filamentosa como la cuerda, o fibrosa como la madera, débese: *a*) a la repugnancia de la Naturaleza al vacío; *b*) a algún gluten, visco o goma que une tenazmente las partes del cuerpo. . . (1). Explica, luego, en qué consiste "la virtù del vacuo" (a la que reduce ambas circunstancias) y, acto seguido, *cómo se la puede medir*.

Sería tarea interesante, pero hartó larga, referir en su totalidad la disertación, sobre todo si se tiene en cuenta que los argumentos se multiplican con una riqueza asombrosa a medida que la cuestión avanza. No lo creemos, por otra parte, indispensable. Estimamos que lo que vamos señalando, si no agota, indica suficientemente lo que queremos subrayar, a saber, *que el método matemático o racional de Galileo, en uno de sus aspectos — diríamos el inicial — consiste en despojar los "datos experimentales" de su particularidad, para reducirlos a una suerte de objetos matemáticos o magnitudes (id. est. susceptibles de medida) aproximables a un principio común*. Así, en un determinado momento de la "disertación", el propio Galileo se asombrará de no haber advertido antes que "*sea cual fuere la materia y el tamaño del cuerpo en cuestión*", trátase de una cuerda, de un tirante de madera o de un barrote de hierro — fijos en su extremo superior — o bien de una

(1) *Ibidem*, jornada 1ª, pág. 487, F.

columna de agua que se quiere elevar, no se podrá extender, indefinidamente, la longitud, pues llegará un momento en que el propio peso cortará la cuerda, el tirante, el barrote, o detendrá la columna. Esos cuatro casos — pese a la diferencia de los caracteres concretos de cada uno — se reducen, en rigor, a los ojos del físico-matemático, a una misma categoría de objetos que obedecen a un idéntico principio: el llamado horror al vacío. Es en realidad notable la asimilación de la columna de agua pegada a la cara inferior del émbolo (y cuya longitud aumenta al levantarse éste) a los cilindros de hierro o de madera, verticalmente colocados, y fijos en su cara superior. . . y del mismo modo notable — pese al error que señala Boggiolera (1) — el razonamiento de Galileo al respecto. En efecto, abstrayendo de la presión atmosférica el peso o la longitud de la columna líquida, que sería arrastrada dentro del cuerpo de la máquina, bajo el émbolo de una bomba aspirante, se tendría la medida de la cohesión del agua; del mismo modo que el peso del barrote desprendido (es decir, la parte del barrote inferior al punto de la rotura ocurrida por el peso del mismo), mediría la cohesión del metal.

Por otra parte, insistimos, tanto en el caso referido, como en los demás que figuran en el primero de los *Dialoghi delle Nuove Scienze* (y, de una manera general, en toda la obra) *lo matemático* hállase expresado — además que por la *reducción* precitada — por la *apreciación cuantitativa de los fenómenos*. Y aquí creemos del caso señalar que a Galileo como creador de la forma lógica de la Ciencia Moderna se debe no sólo el que ésta sea “experimental”, sino de que ella sea esencialmente “una métrica”.

De esta suerte (y para no citar más que un ejemplo al respecto), recordaremos que Galileo — en la observación del aljibe — no se limitará a advertir que el agua sube, sino *medirá y fijará en 18 brazos* la longitud de la “columna líquida”. Y así con los demás fenómenos. (Ya veremos luego cómo para hacer efectiva esta parte esencial de su Ciencia creará los *instrumentos técnicos*, basados, algunos de ellos, sobre el principio de los sentidos humanos, y tendientes, todos, a aumentar

(1) Ver GALILEO GALILEI, *Vita ed Opere*, edición Vallardi, página 501, nota.

el alcance y la precisión de los "humanos instrumentos", haciendo posible *la medida*).

Dijimos también que *lo matemático* en Galileo se halla representado, fundamentalmente, por el rigor del razonamiento. En algunas partes de los *Dialoghi delle Nuove Scienze* ese rigor se acentúa de tal manera que la exposición adquiere hasta el aspecto formal de la demostración geométrica. Cada "cuestión" arranca de un principio, o sea de una proporción más general y más simple (previamente demostrada); avanza de acuerdo con los cánones de la demostración matemática y admite — a manera de "corolarios" — una serie de proposiciones dependientes. Un paso más y, en la tercera jornada de los *Dialoghi*, la identificación del "caso mecánico" con el "caso geométrico" se hace absoluta. En efecto, en toda esa "jornada", las cuestiones son enunciadas a guisa de teoremas y resueltas en conformidad al más riguroso método geométrico. Sirva de ejemplo la relativa a *De motu locali* (1ª parte) que versa sobre *De motu aequabili* (1).

Para colocar una especie de jalón, en lo hasta aquí expuesto sobre el método de Galileo, sentaremos que éste es una combinación de *experiencia y de demostración necesaria*, vale decir, de *observación y deducción*. Esta última asume dos aspectos: la deducción matemática, para la Astronomía (cálculo), y la deducción mecánica, para la física (experimento). Sentaremos también que lo que constituye su profunda originalidad es el empleo deliberado de la hipótesis técnica como medio deductivo de investigación y de prueba. Es, en efecto, en esas hipótesis — lazo inteligible entre la observación empírica (contingente) y la deducción matemática o experimental (necesaria) — donde su genio se revela en toda su potencia. Los instrumentos que utiliza para ese objeto son: el *cálculo* y las *máquinas*, y si en el empleo de estas últimas fué — según lo probaremos — totalmente original, en la aplicación del primero puso también de manifiesto su originalidad, utilizándolo como un verdadero experimento, abstracción hecha, se entiende, de la diferencia de los "entes". (Este hecho es, por otra parte, muy

(1) GALILEO, *Dialoghi delle Nuove Scienze*, jornada 5ª, págs. 573 a 576. F.

explicable — según observa Pastore (1) — si se tiene en cuenta que el oficio de matemático que supone, no es esencialmente distinto de la labor del experimentador que construye una hipótesis física, basándose en las relaciones observadas entre ciertos hechos y modifica luego artificialmente sus condiciones naturales, para llegar a descubrir nuevos hechos que surgen como otras tantas consecuencias necesarias de las que ya conoce).

El arte de Galileo consistió — según tendremos oportunidad de comprobarlo en los ejemplos que analizaremos — en hacer hablar a los hechos. La Naturaleza, hábilmente interrogada por sus hipótesis, revela su propia historia, la cual surge como una serie no interrumpida de hechos vinculados de una manera natural y necesaria.

En cualesquiera de las páginas de sus obras podríamos encontrar un documento a favor de lo que acabamos de afirmar; nos limitaremos, sin embargo, a ponerlo de relieve en alguno de sus famosos *experimentos*, no sin hacerlo antes — aunque ligeramente — en una de sus célebres *observaciones*. Entendemos hablar del descubrimiento de las manchas solares.

IV

Galileo considera la observación como *il vero metodo* (2) para investigar los asuntos astronómicos. Ahora bien: la invención del telescopio, anunciada en *Sidereus Nuncius* y descrita en el capítulo XIII de *Il Saggiatore*, puso el cielo al alcance de Galileo e hizo factible la observación de las manchas solares que él describe en diversos pasajes del *Dialogo dei Massimi Sistemi* y en una serie de cartas (3). He aquí, sucintamente, en qué consistió la observación: aplicada la vista al telescopio notó, frente al sol, unas materias densas y oscuras que se hacían y deshacían en poco tiempo. No se trata, observa Ga-

(1) PASTORE, obra citada, tomo I, pág. 129.

(2) GALILEO, *Dialogo dei Massimi Sistemi*, jornada 2ª pág. 356, V.

(3) Ver, especialmente, *Dialogo dei Massimi Sistemi*, 3ª jornada, y *Storia e dimostrazioni intorno alle macchie solari, e loro accidenti, comprese in tre lettere, scritte all'illmo. sig. Marco Velsari, Linceo. Duumviro d'Augusta, consigliere di Sua Maestá Cesarea, da GALILEO GALILEI...*, págs. 93 y siguientes. F.

lileo, de ilusiones del ojo o de los cristales; yo mismo, insiste (1), las he observado y las hice observar a muchos prelados y señores. Sentado el "hecho bruto" — como diría Poincaré (2) — Galileo se pregunta: ¿de qué substancia están compuestas estas manchas? ¿Cuál es su situación exacta? ¿Cuáles son sus dimensiones? ¿Qué velocidad tienen sus movimientos? Galileo distingue: que esas manchas oscuras que mediante el telescopio se observan en el disco solar, no están lejos de la superficie del mismo, sino contiguas a él o separadas por un intervalo tan pequeño que resulta despreciable; que no son estrellas u otros cuerpos consistentes y de duración diuturna sino que producen, sin cesar, alcanzando, algunas de ellas, una duración de uno, dos o tres días y, otras, de 10, 15, 30, 40 y más. Sus figuras son muy irregulares y varían continuamente, unas de una manera rápida, otras con lentitud. Su oscuridad crece y decrece, demostrando con ello que ora se condensan, ora se rarifican. A veces, algunas de ellas, se dividen en tres o cuatro partes; otras, se reúnen hasta reducirse varias a una sola, y esto ocurre no tanto en la proximidad de la circunferencia del disco solar, sino en la región central. Además de estos movimientos desordenados de agregarse, disgregarse, condensarse, rarificarse y cambiar de figura, poseen un movimiento común que consiste en recorrer de una manera uniforme, y en líneas paralelas entre sí, el cuerpo del sol. De los síntomas particulares de ese movimiento se infiere — observa Galileo —: 1º que el curso del sol es absolutamente esférico; 2º que el sol gira alrededor de sí mismo, llevando consigo, en círculos paralelos, dichas manchas, realizando una conversión completa en el término de un mes lunar, más o menos, con una dirección semejante a la de las órbitas de los planetas, esto es, de occidente a oriente. Es, además, notable — prosigue — que la zona ocupada por las manchas, forma una faja comprendida entre dos círculos que responden "a quelli che terminan le declinazioni dei pianeti, e fuori di questi limiti non mi par di aver fin'ora osservata macchia alcuna, ma tutte dentro a tali confini, sicchè nè verso Borea, nè verso Austro mostrano di declinare dal cerchio massimo

(1) GALILEO, *Cartas Velsieri*, pág. 95.

(2) H. POINCARÉ, *Le valeur de la science*, pág. 221.

della conversione del Sole, più di 28 o 29 gradi in circa" (1).

Nada puede afirmar, a ciencia cierta, el Físico pisano, acerca de la naturaleza de tales manchas; se limita, entonces, a observar que "no debe ser muy densa" y su substancia "poter esser nelle cose incognite ed inopinabili a noi" (2), lo cual no le impide compararlas con las nubes que rodean la Tierra. De la observación de la *existencia* de las manchas solares, saca una primera e importantísima conclusión: esas materias — piensa — contiguas al cuerpo solar, constituyen generaciones y corrupciones mayores que cualquiera de las que se forman en la Tierra. Y si esto ocurre con el Sol que, con toda razón, se considera como la parte más noble del Cielo, ¿quién podrá disuadirnos de creer que lo propio acontezca en los otros globos? (3). *El cielo, entonces, no es inalterable*. Galileo distingue, además — según dijimos — que esas manchas contiguas al Sol se mueven, bien en torno del mismo o bien llevadas por el globo solar en el giro que éste efectúa sobre su eje, realizando una vuelta completa en el término aproximado de un mes. Juzgó, al principio, que ese movimiento lo realizaba el Sol en torno de un eje trazado al plano de la eclíptica, porque los arcos descritos por las manchas sobre el disco solar, aparecían al ojo del observador, como líneas rectas y paralelas al plano citado. Observó, por cierto, que esas manchas eran alteradas en parte por movimientos accidentales, a los cuales parecían estar sujetas, debiéndose a ellas ciertas confusiones repentinas y profundas que se advertían en la distribución y configuración de las mismas; mas, aunque esos cambios inconstantes alterasen parcialmente el curso periódico primario de las manchas, Galileo no les atribuyó una función de *cagione essenziale e ferma*; pensó, más bien, que se tratara de una circunstancia accidental análoga a la que desempeñan los vientos sobre las nubes que acompañan a la Tierra en su movimiento diurno. . . Para con-

(1) GALILEO, *Carta a Valsieri*, págs. 107 y 108.

(2) *Ibidem*, pág. 101.

(3) La astronomía moderna ha confirmado la genial intuición de Galileo. Véase: FONTENELLE, *La pluralité des mondes*.

firmar su sospecha, el gran Pisano *dedicóse* (1) *día tras día a registrar el tránsito completo* de una de dichas manchas, apuntando diligentemente la ubicación en la hora en que el Sol hallábase en el meridiano, y habiendo observado que el viaje no se efectuaba en línea recta sino en línea curva, propúsose realizar, de tiempo en tiempo, otras observaciones, acicateado — como él mismo asegura — por una idea que, en forma repentina, *brotó* en su mente. *Era la hipótesis genial, precursora del magnífico descubrimiento*. Si — sospechó Galileo — “l’asse intorno al quale si rivolge il Sole non è eretto perpendicolarmente al piano dell’eclittica, ma sopra di quello è inclinato, come il pur ora *osservato* passaggio incurvato mi accenna, tal congettura avremo degli stati del Sole e della Terra, quale nè si ferma, nè si concludente da verùn altro rincontro non ne è sin qui stata somministrata” (2). En efecto — continuó razonando Galileo —: “Quando il moto annuo sia della Terra per l’eclittica intorno al Sole, e che il Sole sia costituito nel centro de essa eclittica, ed in quello si volga in se stesso non intorno all’asse di essa eclittica (che sarebbe l’asse del movimento annuo della Terra) ma sopra uno inclinato, strane mutazioni converrà che a noi si rappresentino ne i movimenti apparenti delle macchie solari, quando ben si ponga tale asse del Sole persistere perpetuamente ed inmutabilmente nella medesima inclinazione ed in una medesima direzione verso l’istesso punto del universo. Imperrochè camminandogli intorno il globo terrestre, al moto annuo.

“*Primamente*: converrà che a noi, portati a quello, i passaggi delle macchie ben talvolta appariscano fatti per linee rette ma questo due volte l’anno solamente, ed in tutti gli altri tempi si mostreranno fatti per archi sensibilmente incurvati;

“*Secondariamente*: la curvità di tali archi per una metà del anno ci apparirà inclinada al contrario di quello che si scorderà nell’altra metà; cioè per sei mesi il convesso degli archi sarà

(1) GALILEO, *Dialogo dei Massimi Sistemi*, jornada 3ª, págs. 426 y siguientes, V. Véanse también: *Disegni delle macchie del Sole vedute ed osservate da G. G. nel mese di giugno e parte di luglio 1612 giorno per giorno*, págs. 123 a 144, tomo II, edición Floren.

(2) GALILEO, *Dialogo dei Massimi Sistemi*, jornada 3ª, págs. 426 y siguientes, V.

verso la parte superiore del disco solare, e per gli altri sei mesi verso l'inferiore;

“*Terzo*: cominciando ad apparire e, per così dire, a nascere all'occhio nostro le macchie dalla parte sinistra del disco solare, ed andando ad occultarsi e a tramontare nella parte destra, i termini orientali, cioè delle prime comparite, per sei mesi saranno più bassi de i termini opposti delle occultazioni, e per altri sei mesi accaderà per l'opposito, cioè che nascendo esse macchie da punti più elevati e da quelli descendendo, ne i corsi loro verranno ad ascondersi in punti più bassi, e per due giorni soli di tutto l'anno saranno tali termini, degli orti e degli occasi, equilibrati: dopo i quali libramenti cominciando pian piano l'inclinazione dei viaggi delle macchie, e di giorno in giorno facendosi maggiore, in tre mesi giugnerà alla somma obliquità e di li cominciando a diminuirsi, in altrettanto tempo si ridurrà all'altro equilibrio.

“Accaderà per la *Quarta maraviglia*, che il giorno della massima obliquità será l'istesso che quello del passaggio fatto per linea retta, e nel giorno della librazione apparirà l'arco dei viaggi, più che mai incurvato; negli altri tempi poi, secondo che la pendenza si andrà diminuendo e incamminandosi verso l'equilibrio, l'incurvazione degli archi dei passaggi per l'opposito, si andrà aumentando”.

La *observación* vino a comprobar, ampliamente, la hipótesis de Galileo, con lo cual el descubrimiento de las manchas solares convirtióse en una prueba irrefutable del movimiento anual de la Tierra en torno del Sol; conclusión a la que arribó el Pisano independientemente de Copérnico, basándose, tanto en las observaciones aludidas como en el descubrimiento de los satélites de Júpiter y de Venus.

El ejemplo citado basta, a nuestro ver, para caracterizar una fase del método galileano: *la observación*. Haciendo abstracción del contenido — frente a lo cual lo único que cabe, de nuestra parte, es una respetuosa admiración — como procedimiento, la operación descrita por Galileo, paréenos perfecta. El físico, observador, se dispone a “leer en el libro del universo” aplicando sus sentidos a los fenómenos naturales, y se ayuda en esa labor con el telescopio — aparato de su invención — destinado a aumentar el alcance de aquéllos. Nada ha omi-

tido, ni aun las condiciones del ambiente, que han de hacer más propicia la observación; en efecto, si la tranquilidad de la espléndida "Villa delle Selve" contribuye a hacer más adecuado *el laboratorio* para la magnífica investigación, el concurso de un doctísimo ayudante — Salviati — la torna más fácil y más segura. Preside la labor como "instrumento de los instrumentos" el espíritu privilegiado del observador que reúne todas las condiciones apetecibles: *la curiosidad científica*, lo acicatea y mantiene constantemente despierto, en actitud admirativa frente al fenómeno que observa; *el desinterés* lo tiene alejado de toda perturbación inherente a la utilidad práctica del mismo y le permite seguir el fenómeno por su solo valor intrínseco; la *paciencia*, que es seriedad espiritual y respeto a la Ciencia, le hace repetir día tras día la observación, para registrar escrupulosamente lo hallado, y su *imparcialidad* es tal, que lo convierte en "un fotógrafo" de ese cielo que escudriña. . . " . . . *fù il primo che contro alle opinioni dei troppo timidi e troppo gelosi dell'inalterabilità del cielo, affermò tali macchie esser materie che in breve tempo si producevano e si dissolvevano*" (1), dando con ello, una prueba admirable de esa *libertad de espíritu* que siglos después, Claudio Bernard, describiría en forma magistral, diciendo: ". . . il faut garder sa liberté d'esprit et croire que dans la nature, l'absurde, suivant nos théories, n'est pas toujours impossible" (2). Sin embargo, nos parecería ingenuo decir — siguiendo a los tratadistas que califican y catalogan las condiciones del buen observador, que Galileo, en función de tal, es pasivo. Lo de que "il écoute la nature e écrit sous sa dictée" (3) antójase una metáfora simple; en efecto, por una palabra que la Naturaleza *le dicte*, Galileo *escribe* mil; y en esto consiste, precisamente, la modalidad genial que él caracteriza tan bien, al decir que consiste en descubrir que "sotto una prima e puerile apparenza potersi contenere arti maravi-

(1) GALILEO, *Dialogo dei Massimi Sistemi*, pág. 427, V. Los críticos advierten, sin embargo, que la *imparcialidad* falta a veces en el método de Galileo Galilei, y recuerdan como prueba de ello su errónea interpretación de las mareas (ver 4ª jornada).

(2) CLAUDIO BERNARD, *Introduction à l'étude de la médecine expérimentale*, pág. 66.

(3) *Ibidem*, pág. 40.

gliosi" (1). Hay, en rigor, en la interpretación de cada uno de los detalles que el telescopio le revela, tanta *actividad*, tal despliegue de trabajo intelectual, *original*, de parte del investigador, como en el más completo de sus célebres experimentos. Sin desconocer, pues, la razón que asiste a Pastore cuando afirma que "... l'osservazione, per quanto riflessa, elaborata, consapevole ed essata si distingue dall'esperimento; perche l'osservazione non avendo la causa in suo potere, e neppure la possibilità di modificare a sua posta gli antecedenti causali dei fatti, studia l'effetto, l'esperimentatore invece, avendo in suo potere la causa e potendo sempre introdurre nel complesso degli antecedenti causali tutte quelle modificazione artificiali che egli crede utili all'intento della sua indagine, lavora sulla causa" (2), creemos poder sostener que *entre la observación y la experimentación galileanas, la actividad difiere sólo en el modo mas no de valor*. Si en la segunda, se pone de manifiesto *condicionando* el fenómeno, para explicárselo, en la primera se actualiza, *desentrañando su significación*, y hay en esta labor una suerte de *actividad* casi divina. Y que la observación *no sea* la operación cuasi pasiva que suele creerse, Galileo lo sugiere cuando — razonando sobre cuestiones de astronomía — dice: "... e quando verremo a trattare dell'altro movimento, vedrete di quanto abbia il Copernico superato di accortezza e perspicacità d'ingegno Tolomeo mentre (in quanto che) *egli ha veduto* quello che esso non vedde, dico la mirabil corrispondenza con la quale tal movimento (el anual de la Tierra) si refleja in tutto il resto dei corpi celesti" (3). Y que, en el trabajo de la observación del intelecto, desempeñe un papel activísimo, hállase atestiguado por centenares de pruebas. Sirva de ejemplo la que sigue: "... ne posso a bastanza ammirare l'eminenza dell'ingegno di quelli che l'hanno ricevuta e stimata vera (habla de la doctrina heliocéntrica) ed hanno con *la vivacità del loro intelletto fatto forza tale ai proprii sensi* che abbiano posuto antepor quello che il discorso gli dettava a quello che le

(1) GALILEO, *Dialogo dei Massimi Sistemi*, jornada 3ª, pág. 453, V.

(2) PASTORE, obra citada, volumen I, pág. 123.

(3) GALILEO, *Dialogo dei Massimi Sistemi*, jornada 2ª, pág. 357, V.

310 VERBUM
sensate esperienze gli mostravano apertissimamente in contrario. . ." (1).

Huelga decir que la observación de las manchas solares reúne, como consecuencia lógica de la modalidad espiritual del observador y de las condiciones objetivas de la investigación (instrumentos, laboratorio, etc.), todos los requisitos de la observación perfecta, exactitud, precisión y método. *Es exacta*, es decir, escrupulosa, fiel; Galileo no omite ni agrega nada a lo que observa, y este requisito importantísimo, es facilitado tanto por su conocimiento del sentido con que opera y del aparato que maneja, como por su profunda versación en la ciencia astronómica a la que pertenece el fenómeno observado. *Es precisa*: Galileo no se limita a saber que esas materias densas y oscuras que se hacen y deshacen en breve tiempo, son manchas solares, sino *aprecia cuantitativamente* su número, su tamaño, la orientación de su movimiento, la duración del mismo, etc., labor que le es nuevamente facilitada por el concurso valiosísimo de los aparatos y por sus conocimientos físicomatemáticos. *Es metódica*: Galileo procede regularmente de un objeto a otro, de tal suerte que cada paso de su marcha a la vez que supone todo lo andado, es un peldaño más que lo acerca a la verdad total. Pero, innegablemente, es en el experimento (aunque su doctrina no aparezca en la obra del Físico pisano), donde la potencialidad de su método se pone de manifiesto en su mayor amplitud. Y ello es debido a una razón muy honda: la Ciencia Nueva, al sentar que *el espíritu humano sabe, por qué hace* (la mente conoce que construye) (2), convierte el experimento en su *pedra angular*; y así, Galileo, exponente acabado de la nueva corriente, parece sentirse atraído por esa "forma" destinada a proporcionarle el máximum de dominio sobre la razón de un fenómeno, al hacerlo dueño de las condiciones requeridas para producirlo. Veámoslo.

(1) *Ibidem*, jornada 3ª, pág. 416, V.

(2) GENTILE, *Lógica*, tomo I, pág. 92.

V

A oídos de Galileo, llega la noticia de que un fabricante holandés había construido un telescopio (1). El aviso acicatea su voluntad y lo conduce a reflexionar sobre el asunto, inclinandolo, de ese modo, a pensar sobre algo en lo cual, tal vez, no habría pensado nunca, sin facilitar empero, con ello, su trabajo ulterior al respecto. El hallazgo del holandés había sido puramente casual: manejando varios vidrios a la vez, dió en mirar a través de dos de ellos al mismo tiempo (uno convexo y el otro cóncavo, colocados a diferente distancia del ojo) y, de ese modo, pudo observar el consiguiente efecto e *inventar* el instrumento.

Galileo se propuso llegar al mismo resultado *por vía de discurso* y, he aquí su razonamiento: “. . . este artificio (fenómeno) o bien consta (débese) a un solo vidrio o a más de uno. Uno solo no puede ser (la causa) porque la figura, en tal caso, es convexa o cóncava o está comprendida entre superficies paralelas; pero esta última no altera los objetos ni aumentándolos ni disminuyéndolos; la cóncava los disminuye y la convexa los aumenta mostrándolos bastante confusos; *por lo tanto, un solo vidrio no basta para producir el efecto*. Pasa luego a considerar el caso de que los vidrios sean dos. Sabiendo — como ya se dijo — que el vidrio de superficies paralelas no altera nada, el fenómeno observado no puede derivar — piensa — de la combinación de uno de esos lentes con los otros dos; por lo tanto, deberá excluirse y circunscribirse el experimento a los otros vidrios. “Onde mi restrinsi a volere sperimentare quello che facesse la composizione degli altri due, cioè del convesso e del concavo, e vidi come questa mi dava l'intento”. *E tale fu il progresso del mio ritrovamento*.

Veamos otro caso: el relativo a la caída de los cuerpos. Nadie ignora — pues que la intuición sensible lo muestra — que los cuerpos abandonados a sí mismos caen. *¿Con qué velocidad?* se pregunta Galileo. La física escolástica enseñaba que esa velocidad era proporcional al peso (2), pero él, mediante

(1) GALILEO, *Il Saggiatore*, capítulo I, pág. 306 y siguientes, F.

(2) GALILEO, *Dialoghi delle Nuove Scienze*, jornada 1ª, pág. 518, F.

la aplicación de su método especulativo-experimental, llega a una conclusión distinta.

He aquí cómo Galileo describe "el experimento": L'esperienza fatta con due mobili, *quanto più si possa differenti di peso*, col fargli scendere da una altezza, *per osservare se la velocità loro sia eguale*, patisce qualche difficoltà: imperò che se l'altezza sarà grande, il mezzo (el aire) che dall'impeto del cadente deve esser aperto e lateralmente spinto, di molto maggior pregiudizio sarà al piccol momento del mobile leggerissimo che alla violenza del gravissimo, per lo che per lungo spazio il leggero rimarrà indietro; e nell'altezza piccola *si potrebbe dubitare* se veramente non vi fusse differenza (de velocità), o pur se ve ne fusse ma inosservabile. E però *sono andato pensando di reiterar tante volte la scesa da piccole altezze*, ed accumulare insieme tante di quelle minime differenze di tempo che potessero intercedere tra l'arrivo al termine del grave e l'arrivo del leggero, che così congiunte facessero un tempo non solo osservabile, ma grandemente osservabile. In oltre, *per potermi prevalere di motti quanto si possa tardi, ne i quali manco lavora la resistenza del mezzo* in alterar l'effetto che dipende dalla semplice gravità, sono andato pensando di far scendere i mobili sopra un *piano declive*, non molto elevato sopra l'orizzontale; ché sopra questo, non meno che nel perpendicolo, *potrà scogersi quello che facciano i gravi differenti di peso*; e passando più avanti, *ho ancora voluto liberarmi da qualche impedimento che potesse nascer dal contatto di essi mobili sul'detto piano declive*: e finalmente ho preso due palle una di piombo e una di zughero, quella ben più di cento volte più grave di questa, e ciascheduna di loro ho attaccata a due sottili spaghetti eguali, lunghi cuatro o cinque braccia; legati ad alto; allontanata poi l'una e l'altra palla dallo stato perpendicolare, gli ho dato l'andare nell'istesso momento ed esse, scendendo per le circonferenze dei cerchi descritti dagli spaghetti eguali, lor semi-diametri, passate oltre al perpendicolo son poi per le medesime strade ritornati indietro; e *reiterando ben cento volte per lor medesime le andate e le tornate, hanno sensatamente mostrato come la grave va talmente sotto il tempo della leggiera* che né in ben cento vibrazioni né in mille, anticipa il tempo d'un minimo momento ma camminano con passo

egualissimo. *Scorgesi* anco, l'operazione del mezzo, il quale, arrecando qualche impedimento al moto, assai piú diminuisce le vibrazioni del zughero di quelle del piombo, ma non però che le renda piú o men frequenti; anzi quando gli archi passati dal zughero non fusser piú che di cinque o sei gradi, e quei del piombo di cincuenta o sessanta, *son eglin passati sotto i medesimi tempi* (1).

Con el experimento transcripto (que comentaremos luego), Galileo sienta que "*la velocidad de la caída de los cuerpos es independiente del peso del móvil*", con lo cual echa a tierra uno de los principios fundamentales de la física peripatética.

El experimento avanza; Galileo sabe que la velocidad crece a medida que el cuerpo cae, y se pregunta entonces: *¿cómo crece esa velocidad?* Para contestar al nuevo problema que se plantea, formula una doble hipótesis: como en el fenómeno entran en juego el espacio recorrido por el móvil y el tiempo empleado para recorrerlo, supone que la velocidad sea proporcional a uno o a otro factor y saca las consecuencias relativas a cada supuesto. Demuestra que es absurda la primera hipótesis, según la cual, la velocidad creería en proporción al espacio, (2) y se dedica luego a verificar la segunda. Para llenar su propósito necesita medir la longitud del espacio recorrido por el móvil y el tiempo empleado para recorrerlo. Lo primero, lo consigue valiéndose de un aparato sencillo e ingenioso que contiene una nueva aplicación del plano inclinado. He aquí cómo Galileo describe el aparato y su empleo: "In un regolo o vogliam dir corrente, di legno, lungo circa 12 braccia e largo per un verso mezzo braccio e per l'altro tre dita, si era in questa minor larghezza incavato un canaletto, poco piú largo di un dito: tiratolo drittissimo, e, per averlo ben pulito e liscio, incollatovi dentro una carta pecora zannata e lustra al possibile, si faceva in esso scendere una palla di bronzo durissimo, ben rotondata e pulita; costituito che si era il detto regolo pendente, elevato sopra il piano orizzontale una delle sue estremitá un braccio o due ad arbitrio, si lasciava (come dico) scendere per lo detto canale la palla, *notando*, nel modo che

(1) GALILEO, *Dialoghi delle Nuove Scienze*, jornada 1ª. pág. 531, F.

(2) *Ibidem*, jornada 3ª, pág. 581, F.

appresso diró, *il tempo che consumava* nello scorrerlo tutto, replicando il medesimo atto molte volte per assicurarsi bene della *quantità del tempo* nel quale non si trovava mai differenza né anco della decima parte di una battuta di polso. *Fatta e stabilita precisamente* tale operazione, facemmo scendere la medesima palla solamente per la *quarta parte* della lunghezza di esso canale; e *misurato il tempo* della sua scesa, si trova sempre puntualissimamente esser *la metà* del altro: e facendo poi l'esperienze di altre parti esaminando ora verso il tempo di tutta la lunghezza col tempo della metà o con quello dei $2/3$ o dei $3/4$, o, in conclusione con qualunque altra divisione, *per esperienze ben cento volte replicate* sempre s'incontrava: *gli spazzi esser tra di loro come i quadrati dei tempo. . . (1)*".

Para conseguir lo segundo, o sea, *la medida del tiempo*, Galileo — a falta de un cronómetro adecuado — combina un aparato curiosísimo. Oigamos cómo describe su original invento y la aplicación del mismo: "Quanto poi alla misura del tempo si teneva una gran secchia piena d'acqua, attaccata in alto, la quale per un sottil cannellino, saldatogli nel fondo, versava un sottil filo di acqua, che si andava ricevendo con un picol bicchiere per tutto il tempo che la palla scendeva nel canale e nelle sue parti: le particelle poi d'acqua, in tal guisa raccolte, si andavano di volta in volta, con *esattissima bilancia pesando, dandoci le differenze e proporzione dei pesi loro le differenze e proporzioni dei tempi*; e questo con tal giustezza, che, come ho detto, tali operazioni molte e molte volte replicate, già mai non differivano d'un notabil momento (2)". El experimento permite a Galileo sentar, con fuerza de ley, la hipótesis según la cual la velocidad es proporcional a los espacios.

Hemos descripto dos de los más conocidos "experimentos" (o mejor dicho, "series experimentales") de Galileo, valiéndonos casi de sus propias palabras; ahora los analizaremos desde el punto de vista lógico y nos referiremos, especialmente, al concepto galileano de causa.

(1) GALILEO, *Dialoghi delle Nuove Scienze*, jornada 3ª, pág. 588.

(2) *Ibidem*, jornada 1ª, pág. 589.

En el primer caso (el relativo al "descubrimiento" del telescopio) el Físico — con un encomiable espíritu de justicia — atribuye a la casualidad lo que le corresponde; es ella, en efecto, quien le hace pensar en algo sobre lo cual, tal vez, no habría pensado nunca. . . Si el antejo del conde Nassau, no hubiese caído en sus manos, probablemente él no habría emprendido la búsqueda de semejante objeto. . . Pero ese instrumento, que hasta ese instante había sido "fruto del azar", en poder del físico se transforma en "objeto de Ciencia"; en efecto, Galileo *investiga su causa* (1).

Quiere explicarse el fenómeno que observa, de ahí *el discurso*, o hipótesis lógica, o modelo teórico que su mente construye, elevándose del "dato empírico" (contingente) a la deducción (necesaria). El razonamiento que forja, parte del intelecto, o sea, de algunos principios abstractos (del mismo modo que la *observación* del fenómeno había partido de los sentidos); esos principios son las leyes ópticas de la refracción, que constituyen, a su vez, el producto de otras *observaciones y razonamientos*, fijados en proposiciones generales sólo después de haber sido rigurosamente demostrados. En todo momento el razonamiento de Galileo, avanza de acuerdo con las leyes de la Lógica general, ateniéndose especialmente a la de eliminación (que Bacon tuvo en tanta importancia) y, así, excluyendo uno a uno todos los presupuestos posibles, concluye que el efecto observado deriva de la combinación de una lente cóncava con una convexa.

Casi simultáneamente, Galileo — para quien el espíritu humano *sabe*, sólo porque *hace* — produce el experimento, a saber, el modelo práctico o mecánico, y comprueba con una "senzata esperienza" lo que ya contemplara con la razón. Tra-

(1) Goblots afirmaría, que lo que Galileo busca, *no es la causa sino la ley*; porque según el lógico francés, la investigación experimental, nos hace descubrir las leyes, de las cuales *deducimos* las causas. Conocemos que un hecho es la causa de otro, cuando conocemos la ley que los une. El pasaje de la ley a la causa, es un silogismo; así, por ejemplo, se dirá: en este autoclave, la alta presión, es causa, de la alta temperatura de la ebullición, porque la temperatura de la ebullición se eleva, cuando la presión aumenta (ver *Traité de Logique*, pág. 292).

Para Rabier, en cambio, "les idées de loi et de causalité s'identifient" (ver *Logique*, pág. 117).

duce en otros tantos "hechos" cada uno de los supuestos formulados acerca del número y calidad de las lentes; los elimina a medida que la prueba experimental muestra su inconsistencia, y sienta como definitivo (como ley) el único supuesto o hipótesis que dicha prueba confirma.

La observación, el razonamiento y el experimento aparecen de ese modo, como "momentos ideales" de un solo proceso real. En efecto, si la primera proporciona la materia, el segundo constituye la fuerza o el principio que la elabora, dándole una forma, haciéndola inteligible; el tercero, en fin, representa el fenómeno "en función del hombre", es decir, construido por él, con los elementos aportados por la observación y el razonamiento.

No falta — es cierto — quien arguye que lo anterior es más bien *una consecuencia* que un *propósito explícito* de la labor de Galileo; y, que aun cuando los procedimientos experimentales se encuentren a cada paso dentro de su obra, de hecho, es *la investigación de las condiciones*, lo que le preocupa por encima de *la construcción* de las mismas; el autor aludido (1) va más allá y sostiene que esas condiciones, para Galileo son siempre *un dato* y nunca *un acto del espíritu que conoce de una manera absoluta el fenómeno*, cuyas condiciones ha determinado voluntariamente; de suerte que en el fondo, el método experimental, para el Gran pisano, se reduciría a la *búsqueda de las causas*. . . Nosotros, si bien conocemos que esa búsqueda constituye para él la cuestión fundamental — y veamos una prueba de ello en el hecho que la determinación del concepto de esta última ocupe el primer sitio en su teoría de la Ciencia — creemos advertir en sus procedimientos, el espíritu y la estructura (teórico-técnica) del método experimental propiamente dicho. Por eso, nos inclinamos más bien hacia la interpretación de Pastore, expuesta en su hermosa obra sobre *Il problema della causalità, con particolare riguardo alla teoria del metodo sperimentale*. Indicaremos, más adelante, en qué fundamos nuestra aserción.

Conocer científicamente es para Galileo — dijimos anteriormente — conocer la causa. La causa que él busca — según

(1) FAZIO-ALLMAYER, obra citada.

ya lo recordamos — no es la causa eterna o esencial, sino la causa de las variaciones; aquella que Aristóteles denomina "eficiente" y que el propio Galileo define como la circunstancia que *posta, segue sempre l'effetto, e rimossa si rimuove* (1). Es la "vera causa", o sea la causa empírica, la única asequible (afirmará terminantemente Stuart Mill) (2); la causa que según Bacon, constituye el objeto verdadero de la investigación científica.

Evidentemente, la definición galileana de causa, no es de las más felices, pues, no subraya más que *la relación de secuencia temporal*, omitiendo la otra "nota genérica" del concepto en cuestión, a saber, *la necesidad*. Pero hay buenas razones para admitir que la omisión es tan sólo verbal. . . Cuando Galileo nos describe la Naturaleza, afirma y repite, que "al producir sus efectos, obra por necesidad"; al referirse al saber "intensivo", sienta de una manera categórica también, que "el intelecto humano, cuando llega a comprender *la necesidad* según la cual procede la Naturaleza, logra una certeza objetiva absoluta, tan grande como la que de sí misma tiene la Naturaleza". Por otra parte, si Galileo hubiese realmente pensado que la única nota genérica de la causa, fuese la sucesión, ¿qué objeto habría tenido su llamado constante a la necesidad de la demostración matemática? El "dato" de la intuición sensible, *la sensata esperienza* (siempre contingente), habría debido ser suficiente. No hay dudas, para Galileo la causa implicaba: *sucesión y necesidad*. A nosotros nos parece, por tanto, exactísima la conclusión a que arriba Pastore en la obra citada (3). La causa, según Galileo, consiste *ex parte rei*, en una sucesión de hechos de conexión necesaria; y, *ex parte intellectus*, se resuelve en verdad de hecho (por la sucesión) y en verdad de razón (por la necesidad).

El criterio de Galileo, para conocerla, consiste en poder removerla, a saber, en lograr reconstruir experimentalmente el fenómeno. (No sin ironía el Gran pisano esgrime ese principio fundamental de su sistema contra el petulante antropocentrismo de la Astronomía peripatética, cuando sostiene que,

(1) GALILEO, *Il Saggiatore*, capítulo 14, pág. 313, F.

(2) STUART MILL, *System of Logic*, libro 3º, capítulo IV, pág. 213.

(3) PASTORE, obra citada, tomo I, pág. 120.

para conocer el efecto que tiene sobre él, tal o cual cuerpo celeste, sería menester suprimir el cuerpo en cuestión, y, sólo en el caso en que el fenómeno cesara también podría afirmarse que depende de la estrella removida. . . (1).

Este criterio — observa — es aplicable no sólo para determinar la causa cuando esta es única, sino que permite también fijar el grado de influencia de cada una de ellas, cuando son múltiples. Un efecto — asevera — obedece a una sola causa primaria, pero ésta, suele estar acompañada por causas accidentales, que motivan alteraciones (si se quiere de orden secundario) en el fenómeno en cuestión. A ese caso obedecen, v. gr., “las confusiones profundas y repentinas” producidas por movimientos accidentales, observadas por Galileo, en las manchas solares.

Entre la causa y el efecto la conexión es firme y constante. Su conocimiento es cosa esencialísima, pues por medio de ella nuestro intelecto puede *comprender* y *prever* otros efectos sin recurrir a la experiencia. Poseer esa noción es poseer algo así como la “razón” de una progresión; alcanzarla, es alcanzar lo *general*. Desde este punto de vista, por tanto, la Ciencia de Galileo (como esfuerzo que surge del deseo de comprender “la historicidad” del mundo) si bien versa sobre “el particular” — en el cual el hombre se mueve y vive — reconoce, sin embargo, como su fin supremo *el conocimiento de la causa del cambio, que caracteriza la vida “eterna” de la Naturaleza*.

Sentado lo anterior, procuraremos abordar la cuestión esencial relativa al carácter “experimental” del método galileano. Lo haremos volviendo sobre los ejemplos antecitados y analizando, de preferencia, los procedimientos seguidos para sentar los principios fundamentales de la Dinámica, vale decir, las leyes de la caída de los cuerpos.

VI

Galileo empieza *observando* el hecho que la “sensata experiencia” le proporciona; los cuerpos abandonados a sí mismos, caen. Luego, *interpreta* el fenómeno observado y, para ello, ya no le basta tener ni la atención despierta, ni el ojo ejercitado,

(1) GALILEO, *Dialogo dei Massimi Sistemi*, jornada 3ª, pág. 435, V.

sino que requiere conocer las teorías científicas correspondientes y saber aplicarlas; en una palabra, necesita ser físico (1). Como todo investigador, en un caso análogo (rasgo que en él se acentúa, por razones que ya hemos analizado) *substituye los datos concretos* que la observación le ofrece, por *representaciones abstractas y simbólicas* que le corresponden en virtud de teorías admitidas y, a partir de ese momento deja de ver el objeto, tal cual es en su realidad concreta, para no interesarse más que por su condición de móvil. La velocidad es el único aspecto del fenómeno que atrae su atención. El móvil, la velocidad de la caída del cuerpo, he aquí la idea que preocupa al investigador. "¿De qué depende esta velocidad?" se pregunta. Contestar a este problema significa descubrir la ley que rige el fenómeno observado, y es al espíritu, en primer término, a quien incumbe realizar dicho trabajo. La mente de Galileo cumple esa labor de una manera admirable. Basándose en los datos recibidos de la experiencia, forja una hipótesis teórico-abstracta; supone que la gravedad es una fuerza continua que comunica al cuerpo que cae, en cada infinitesimal de tiempo, una infinitesimal de movimiento que perdura en los tiempos sucesivos; acto seguido pasa de esta hipótesis teórica o "modelo lógico" a un "artificio natural" y, desde la torre de Pisa, efectúa el célebre experimento, con el cual verifica la hipótesis y sienta como consecuencia el primer principio de la Dinámica. Luego (partiendo siempre de la experiencia, pero con el propósito deliberado de sobrepasarla) *sospecha* que el aire opone resistencia al cuerpo que cae, y *comprueba* la nueva hipótesis en las mínimas diferencias de tiempo, que registra escrupulosamente; más tarde, queriendo observar mejor el fenómeno, *piensa en la manera de hacer más lenta la caída del cuerpo*, y ni bien esta hipótesis lógica toma forma en su mente, la traslada a un modelo "práctico" o "mecánico", esto es, al plano inclinado. Por fin, da un paso más, *supone y comprueba* que las oscilaciones de los péndulos de la misma longitud y de distinta masa, tienen la misma duración, y reconoce, así en los péndulos que él mismo fabrica y hace oscilar, los caracteres propios del cuerpo que cae. . . Tantas hipótesis corroboradas por tantas pruebas le permiten afirmar, a ciencia cierta, dos

(1) DUHEM, *La théorie physique*, pág. 219.

de los principios fundamentales de la Dinámica: *la velocidad del cuerpo que cae es independiente del peso del mismo; la velocidad del cuerpo que cae es independiente de la naturaleza del mismo*. Galileo ha encontrado, así, dos relaciones constantes y necesarias y las ha concretado bajo formas de leyes; pero ello no le basta; aspira a ascender en la jerarquía de los principios, como antes lo hiciera en la de los hechos, de allí que franquee el límite de las relaciones *cualitativas*, para penetrar en el terreno de las de orden *cuantitativo*. Ya dentro de ese campo, se pregunta ¿en qué proporción crece la velocidad del cuerpo que cae? Formulado el problema se pone a prueba, de nuevo, el poder de la mente del Gran pisano. Entonces es cuando formula la doble hipótesis que mencionamos anteriormente. . . , comprobándolas de la manera que allí señalamos. Como resultado, sienta estos nuevos principios: *la velocidad adquirida por un cuerpo que cae, libremente, partiendo del estado de reposo, es proporcional a los tiempos; los espacios recorridos son proporcionales a los cuadrados de los tiempos empleados para recorrerlos*.

En cada uno de los casos citados Galileo parte — según vimos — de los datos que le aporta la experiencia y llega a la meta, vale decir, la ley, pasando por dos operaciones intermedias; una de carácter lógico y otra de carácter técnico. De la observación ingenua del fenómeno — para la cual le bastan los sentidos — se eleva a la concepción de una *hipótesis teórico-abstracta*, que lo explica (es el momento lógico) y de allí a la realización práctica y concreta de un artificio que traduce la hipótesis en un hecho (es el momento técnico) después de lo cual afirma la hipótesis con carácter de ley. En cada caso, una vez creada la "idea experimental" Galileo procede a verificarla y, procediendo así — esto es buscando confirmar con el experimento el principio enunciado en la hipótesis — sabe que sigue la pauta trazada por todos los sabios que aplicaron la demostración matemática a las Ciencias Naturales (1). Ahora bien, es en esta fusión de la *experiencia* con la *matemática*, donde encontramos lo esencial del nuevo método creado por el Físico pisano, y ese método no es otro que el experimento,

(1) GALILEO, *Dialoghi delle Nuove Scienze*, jornada 3ª, páginas 581 y 588, F.

cuyas fases — insistimos — son las siguientes: *a)* la observación de los hechos; *b)* la construcción de hipótesis o modelos; *c)* la deducción, y *d)* la verificación experimental.

Insistiendo en el análisis de los ejemplos citados, esperamos poner de relieve esos "momentos ideales" dentro de la labor de Galileo.

Según tuvimos oportunidad de probarlo en numerosos casos, la importancia atribuida por Galileo a la "sensata esperienza" es decisiva. Representando ella el punto de partida del proceso cognoscitivo, constituye, al propio tiempo, el punto de arranque de toda investigación científica. Cualquiera sea, pues la *materia* de ésta, se iniciará *observando, enumerando, evaluando cuantitativamente las magnitudes elementales que los sentidos le ofrezcan*. Estos "datos empíricos" que él reúne, mide, clasifica, con la mayor prolijidad, constituyen la materia prima de su Ciencia a la vez que la reunión, medición y clasificación de tales hechos, forman el primer momento ideal de su método. De ese primer momento que, si bien indispensable, no le aporta sino hechos individuales, Galileo pasa a las hipótesis, mediante las cuales ordena los datos empíricos haciéndolos inteligibles. Evidentemente, en este primer ensayo de ordenación, no es posible, siempre, destacar las condiciones accesorias de las esencias. La mente, en tales casos, se limita a forjar un modelo artificial que reproduce con la mayor fidelidad el orden natural, y lo construye con el objeto de obtener ciertas deducciones (1). Así, la hipótesis que Galileo crea, en cada caso, es el modelo lógico, provisorio, que vincula el orden natural de los fenómenos con el de los hechos racionales, interpretando los primeros de acuerdo con las condiciones de necesidad que los segundos demandan. Esos modelos constituyen verdaderos sistemas hipotético-deductivo (vale decir, sistemas artificiales contruídos con los datos que la observación aporta, teniendo como mira una deducción) y en su aspecto teórico-abstracto consisten en una hipótesis que constituye un centro

(1) El criterio fundamental para la construcción de las hipótesis ha sido precisado por Hertz en los términos siguientes: se construye una imagen del sistema natural, en forma tal que las consecuencias artificiales de la imagen sean a su vez la imagen de las consecuencias naturales de los hechos (ver: PASTORE, *ob. cit.*, t. II, pág. 72).

lógico y cronológico de síntesis, en la cual lo racional y lo real aparecen íntimamente fusionados. En esas creaciones de la mente del investigador, los fenómenos naturales — simbólicamente interpretados — adquieren los caracteres de una construcción racional y pueden, por ende, ser tratados en forma matemática. De esas hipótesis que — según observa Pastore (1) — contienen (lógicamente consideradas) la invención de una especie de término medio, el experimentador pasa a la realización práctica del modelo (o sea, a la máquina). Así, en la labor de Galileo, cada caso de interpretación teórica del fenómeno se traduce en el *instrumento* que emplea como experimentador. Sus "máquinas" son — diríamos — la objetivación de sus "ideas".

No olvidemos que el experimentador — actualizando en forma inteligible un orden natural — prepara el descubrimiento de las relaciones causales que la Ciencia persigue como su verdadero objeto, y no se arguya que semejante medio sea una simple expresión *simbólica* de la Naturaleza, y, por lo tanto, ajena a la realidad de la misma. . . No. Aunque el modelo sea un "sistema simbólico artificial", como agrupación técnica de hechos naturales (masas y movimientos), éstos continúan siendo lo que *son* en la Naturaleza, en otros términos, no dejan nunca de ser un trozo de esa Naturaleza que funciona de una manera única, vale decir, según sus leyes propias, y, por tanto, capaz de producir en cualquier momento, en forma deductiva, las mismas consecuencias (2). Poco importa, pues, dentro de este orden de ideas, que sea el plano inclinado, la esfera, el péndulo u otra "máquina" cualquiera la que obre en manos de Galileo; de hecho, a través de estos "instrumentos", es la Naturaleza la que habla, y, al manifestarse, lo hace de acuerdo a su intrínseca necesidad, de allí que esos "experimentos" sean la expresión exacta de un estado *natural* de cosas. Más aún: es la misma Naturaleza quien razona en ellos, en el orden de la sucesión; de allí que, conociendo esa manera íntima de obrar, el experimentador penetra en las profundidades de aquélla. La hipótesis aparece, así, como la "máquina" (lógica y física a la vez) combinada por el hom-

(1) PASTORE, *obra cit.*, t. II, pág. 73.

(2) PASTORE, *obra cit.*, pág. 74.

bre de Ciencia con el objeto de representarse, en la mente, el *equivalente* de la Naturaleza, y de poderla reproducir en la realidad. Como hipótesis lógica, es la expresión teórica de una idea en el campo de la posibilidad: como hipótesis física, es la realización práctica de esa idea en el campo de la realidad (1). La prueba teórica de la hipótesis no proporciona más que la posibilidad racional de la causa; sólo la prueba práctica del modelo establece su real necesidad. Así, el pasaje de la razón, de lo hipotético a lo categórico es facilitada por la arquitectura misma del experimento que, en los casos favorables, nos revela la causalidad de la razón y de la realidad. *La razón naturalizada en acción*: he aquí la hipótesis-modelo: diremos también: he aquí la ley causal en potencia y en acto, esto es, la Naturaleza misma, en su devenir racional, en el acto que realiza necesariamente su razón conforme con la nuestra. La hipótesis, insistimos, sólo nos da la sombra de la causa; el modelo, en cambio, nos da el vínculo real en el cual podemos asir la determinación necesaria del consecuente por el antecedente en el tiempo. El modelo, en fin, es la piedra angular del experimento (2).

En el experimento, y, mediante la construcción de la hipótesis-modelo, los datos individuales aportados por la observación se organizan y forman un solo todo; en tal sentido, el experimento unifica la multiplicidad de la experiencia, pero esta unificación debe reunir ciertos caracteres que la hacen inconfundible: algunos de ellos pertenecen al orden de la sucesión natural, física o psíquica, otros al orden de la deducción racional o lógica, por cuanto el modelo debe ser una razón práctica que produce efectos reales en el tiempo y deducciones racionales dentro de la necesidad. El modelo siendo en sí mismo *hecho* y *razón*, pone de manifiesto el "modus operandi" de la Naturaleza, en la causalidad, en la cual brilla el maravilloso lazo de lo necesario con lo contingente. Por ello la relación causal hallada en el modelo puede legítimamente atribuirse a la Naturaleza misma (3). Pero en el experimento

(1) *Ibidem*, pág. 75.

(2) *Ibidem*, pág. 76.

(3) PASTORE, *obra cit.*, pág. 76.

va implicada la deducción (1) como proceso que pone a prueba la validez (causal) del modelo, transformando en tesis la hipótesis, si dicha prueba resulta favorable. La deducción, en este caso, resulta ser un intermediario dentro del método experimental y su objeto no es otro que el demostrar que, en virtud de ciertas hipótesis fundamentales de una teoría, la reunión de determinadas circunstancias produce determinadas consecuencias. Claro está — insistimos — que la deducción, aquí, no introduce directamente en sus cálculos los hechos en la forma concreta que presenta la experiencia, ni obtiene los resultados tal cual los ofrece la observación directa (2); el cálculo — y, esta suerte de deducción es un verdadero cálculo — no combina más que números, por lo tanto, para que esta deducción matemática pueda admitir la circunstancia concreta de una experiencia, es menester que la traduzca en un número mediante el concurso de la medida, y el resultado que obtenga lo expresará también en un número (circunstancias que prueban hasta la evidencia cómo los métodos de medida constituyen el vocabulario por medio de los cuales es factible traducir del lenguaje de la observación concreta al de los números, e, inversamente, de un valor numérico a una expresión propia del lenguaje de la experiencia).

Galileo está profundamente convencido de la importancia de la deducción, cuya forma manifiesta hállase en la confirmación experimental, y la mejor prueba de ello la encontramos en el hecho que después de haber declarado, de una manera explícita, que considera los principios como “i fondamenti di tutta la seguente struttura” (3), dedica gran parte de una jornada de su obra famosa (4) a cimentar, de una manera

(1) *Ibidem*. Pastore considera la deducción como un tercer momento. Sin embargo, a nosotros nos parece que la deducción es, cronológicamente, inseparable del modelo.

(2) DUHEM, *obra cit.*, pág. 198 y siguientes.

(3) GALILEO, *Dialoghi delle Nuove Scienze*, jornada 3ª, pág. 581, F.

(4) El objeto de los “Discorsi e dimostrazioni matematiche in torno a due Scienze Nuove, attinenti alla Meccanica e ai movimenti”, conocidos bajo el título de *Dialoghi delle Nuove Scienze*, es la Mecánica en su doble aspecto: especulativo y práctico. En esta obra Galileo construye matemáticamente la “Ciencia del movimiento” porque está convencido que “tutte le ragioni della Meccanica hanno loro fondamenti nella Geometria” (jornada 1ª, pág. 482, F.).

experimental, el principio de la aceleración uniforme del movimiento.

La función deductiva del modelo experimental es doble y consiste: *a*) en la eliminación de las circunstancias accidentales (variables independientes); *b*) en la determinación de las propiedades esenciales, vale decir, de las condiciones necesarias y suficientes para la reproducción del hecho (variables dependientes). Ahora bien: que el nombre de *deducción*, aplicado a ese proceso, lo esté en buena ley, fluye de la circunstancia misma de que en él se trata de obtener de un sistema lógico (la hipótesis) de una consecuencia práctica (el modelo técnico) el cual — según lo advertimos en páginas anteriores — por ser el producto de elementos naturales (masas y movimientos) debe considerarse como un sustituto legítimo del fenómeno natural. De la mentada circunstancia fluye, además, la logicidad o carácter lógico del proceso. En efecto, funcionando la hipótesis modelo, a manera de término medio entre los hechos naturales que deben descifrarse y los principios racionales que forman la norma directiva de nuestro saber, y siendo su objeto dar razón de los hechos en cuestión, el proceso transforma en “conocimiento cierto” el “conocimiento probable”, admitido hipotéticamente para explicar los hechos, y lo hace en virtud de un razonamiento. Este razonamiento es, en rigor, el que da carácter lógico al proceso. He aquí en qué consiste: una vez establecido que el *sistema natural*, dado por la observación, y el *sistema racional*, forjado por el espíritu del hombre, coinciden en sus consecuencias, el experimentador razona así: en cualquiera de los casos, ya se trate de uno u otro sistema, las consecuencias dependen siempre de un determinado sistema de relaciones fijas que, teóricamente, deben poderse traducir en ecuaciones. Por lo tanto, fijando la atención sobre ambos sistemas (el natural y el artificial) se arriba al siguiente *silogismo*: las ecuaciones del sistema artificial y las del sistema natural producen las mismas consecuencias; luego, dichas ecuaciones son idénticas. En otros términos: dos sistemas, esto es, dos porciones de Naturaleza, de las cuales se deducen las mismas consecuencias, deben tener las mismas leyes, a pesar de que uno sea *compuesto* por la Naturaleza y el otro haya ido *preparado* por el hombre. De allí que el físico, después de haber puesto en función el modelo,

y de haber comparado las consecuencias naturales y las artificiales, se detenga a estudiar el primero con el propósito de determinar las ecuaciones. Este trabajo exige el examen comparado de las magnitudes sometidas a medida y, por ende, la determinación de las relaciones que las vinculan. Trátase, sobre todo, de aislar las relaciones de dependencia que subordinan los valores de algunas de ellas a los valores que se deben asignar a las otras. Si ello es posible, dos sistemas (o funciones de varias variables) se equilibrarán: por un lado, un sistema de antecedentes físicos y de premisas lógicas; por otro, un sistema de consecuentes físicos y de conclusiones lógicas. Aquél nos da la causa; éste, el efecto. El experimento, al permitirnos adecuar esas relaciones de términos sucesivos y deductivos nos proporciona el conocimiento de las leyes causales. Nadie ignora que en los casos más afortunados la ley se presenta bajo la forma de una proposición cuantitativa.

Hemos querido reproducir la doctrina expuesta por Pastore, acerca del "método experimental". Ahora bien: no dejamos de reconocer que, de la exposición hecha por Galileo de sus investigaciones, no resulta siempre muy clara la distinción entre los "cuatro momentos" señalados por el autor de *Il problema della causalità* (máxime, el relativo a las dos fases del segundo, vale decir, la *hipótesis lógica* y la *hipótesis técnica*), pero, aunque él no los subraye, expresamente, esos "momentos" están presentes en cada caso y se los descubre ni bien se analiza cualquiera de sus "experimentos". Galileo — según lo hemos indicado en páginas anteriores — pasa de la observación empírica de los hechos (experiencia) a la idea de su conexión (hipótesis) y vuelve de la idea a los hechos (experimento) vinculados mecánicamente, formando un sistema deductivo cuya natural necesidad es fácilmente explicable. Más aun, es factible distinguir dentro de sus hipótesis, una fase puramente lógica (la que proporciona el *modelo teórico*, que anticipa la relación), y otra, de carácter *técnico* (que es la realización práctica del modelo). La primera fase, es pensamiento abstracto; la segunda, es máquina. Ya lo dijimos: el modelo técnico — expresión física de la hipótesis lógica — es la objetivación de la idea. La máquina, por un lado, reproduce la idea de su autor, y, por otro, reproduce la necesidad natural de

los hechos, vale decir, de la realidad. Como sistema de un grupo de antecedentes, vinculados de una manera firme a un grupo de consecuentes, la máquina constituye en sí misma una causación natural; y, como expresión de un pensamiento, envuelve, en su unidad constitutiva, la doble — y al propio tiempo única — exigencia de la realidad cognoscible, a saber, la forma activa y deductiva del "ser" y del "conocer". Por lo tanto, este complejo factor contribuye, primero, a vincular los hechos contingentes y sucesivos obtenidos por la observación (en forma tal que uno sigue al otro sin intervalos dentro de la unidad de un solo proceso); luego, enlaza las relaciones necesarias de la deducción (que se manifiesta de acuerdo con la naturaleza de la realidad) obteniéndose, de ese modo, que una cierta necesidad lógica subsista en el orden de una determinada sucesión física, asiendo la cual se alcanza la esencia de la misma causalidad. Tal es la función que la máquina desempeña dentro del método de Galileo, método que — lo repetiremos una vez más — consiste en una marcha que se eleva de la contingencia propia del dato empírico, a la necesidad racional de la demostración, pasando por el intermediario (indispensable) del artificio hipotético-técnico, que la hipótesis crea.

Agregaremos, ahora, que ninguno de estos momentos puede ser suprimido. Cada uno de ellos realiza una función insubstituible, dentro del método galileano. Si la experiencia aporta la materia prima, la hipótesis valoriza y da vida, por así decir, a esta materia haciéndola inteligible; a su vez, el experimento da una forma concreta a esa vida, actualizándola. Con todo, no dejamos de reconocer que es en la hipótesis donde reside el momento esencial. Esa *creación* repentina que constituye la característica del razonamiento inductivo y que encierra el secreto de la perenne fecundidad de la Ciencia, señala el grado más alto asequible por la mente humana e indica el *genio* del investigador.

A poco que observemos descubrimos, en efecto, que dicho acto importa un verdadero salto en lo ignoto; así, por ejemplo, en el último caso citado, aunque sea la *experiencia* la que ofrece a Galileo los dos "términos" de *tiempo* y *espacio*, es su mente la que *intuye* la existencia de una relación necesaria y constante entre la velocidad del cuerpo que cae y uno de esos dos

elementos. ¿Nos preguntaremos, acaso, a qué se debe esa idea experimental? La respuesta es obvia. A la originalidad de Galileo: a su imaginación creadora "Il n'y a pas de règles à donner pour faire naître dans le cerveau, à propos d'une observation donnée, une idée juste et féconde qui soit pour l'expérimentateur une sorte de anticipation intuitive de l'esprit, vers une recherches heureuse" (1). "An hypothesis — observa Stuart Mill (2) — being a mere suposition, there are no other limits to hypotheses than those of the human imagination."

No es el método experimental el que suministra a Galileo — ni a nadie — ideas nuevas; el método experimental sirve tan sólo para orientarlas, cuando la mente del investigador es capaz de producirlas, y, a desenvolverlas, para obtener de ellas el mejor resultado posible.

Y si ahora — después de tanto análisis — pensamos que "la razón no aprende si no lo que ella misma produce según sus propios planes" (3) (principio que cobra una luz especial a través de la obra de Galileo) no resultará desacertada, creemos, esta modesta convicción: la esencia del método experimental, hállase en el factor racional.

VII

Hemos intentado rastrear el método de Galileo a través de su obra, sabiendo — según es notorio — que el gran físico no dejó construída la doctrina del método, en un sistema orgánico y autónomo, como lo hicieron Bacon y Descartes. En verdad, podemos afirmar que, aunque no lo vimos surgir como *un cuerpo de doctrinas*, lo hemos, sin embargo, visto *vivir* como una *preocupación* y como un *hecho* en sus admirables investigaciones. Y, con ello, no entendemos decir, tampoco, que falten dentro de su obra, las reflexiones de carácter técnico acerca del método; lo que afirmamos es que, éste, no existe como "sistema hecho", y bastará, para probar lo primero, recordar (entre otras muchas que podrían citarse y que han sido objeto de análisis en este trabajo) sus consideraciones

(1) CLAUDIO BERNARD, *obra cit.*, pág. 59.

(2) STUART MILL, *System of Logic*, pág. 322.

(3) KANT, *Crítica de la Razón Pura*, prefacio de la segunda edición.

sobre la tarea del filósofo (1); los ataques al principio de autoridad; el enaltecimiento de la experiencia y de los procedimientos matemáticos; la crítica y superación del sensismo; la descripción del razonamiento inductivo, la exposición de las condiciones de la investigación científica; la función asignada a la hipótesis y al experimento; el papel de la Lógica entendida como "organo col quale si filosofa" (2); la importancia atribuida a la confirmación de los principios; etc. La preocupación del método — común a todos los espíritus de su época — está, pues, presente en la obra de Galileo, pero, más que un problema teórico, lo está como un programa en acción. Ese programa — según vimos — en su fase crítica o negativa, se traduce, fundamentalmente, en la negación de la esencia (por ende, de la Lógica aristotélica) y en la superación del principio de autoridad; en su fase constructiva consiste en una feliz combinación de experiencia y matemática. En tal sentido, constituye la expresión fiel de la posición histórico-filosófica de su autor; en efecto, Galileo, toma de los antiguos el ideal de una ciencia matemática, y de los modernos (sus contemporáneos) la experiencia. Después de haber fijado en la búsqueda y prueba de las relaciones causales el verdadero fin de la Ciencia, realiza ese objeto valiéndose — según vimos — de un instrumento en el cual fusiona, en rigor, tres procesos metodológicos de diversos y, hasta cierto punto opuestos. Es que Galileo concibió, con toda claridad, que tanto la experiencia como la deducción son insuficientes para alcanzar las relaciones causales; la *experiencia*, porque si bien proporciona la sucesión temporal de los hechos, no alcanza su necesidad (siendo relativamente fácil separar los antecedentes de los consecuentes, pero, difícil, muy difícil, si no imposible, descubrir y probar su conexión necesaria); la *deducción*, porque no puede aplicarse más que al campo de la Lógica pura o de la Matemática, siendo, por lo tanto, la necesidad que así se revela, una necesidad puramente formal, que se traduce en verdad de razón pero nunca en verdades de razón y de hecho a la vez, como ocurre con las relaciones causales. No reduciéndose éstas ni a una simple relación de razón necesaria ni a una mera relación

(1) GALILEO, *Dialogo dei Massimi Sistemi*, págs. 275 y 355, V.

(2) *Ibidem*, pág. 294, V.

de hecho (contingente), siendo, en cambio, un producto de ambos, pues los dos concurren a formar el alma concreta, racional y temporal de la Naturaleza, era necesario — para alcanzarlas — disponer de un instrumento capaz de asir los dos aspectos de la unidad orgánica de un solo proceso. Y a ello, respondió en forma perfecta el método de Galileo, tomando de la experiencia el dato concreto de la demostración; la fuerza de necesidad y vinculando esos dos extremos mediante los modelos hipotéticos, forjados por la razón. Fué Galileo el primero que supo obtener consecuencias prácticas de las operaciones teóricas de las hipótesis; fué el primero también que atribuyó a la deducción — según observa Pastore (1) — un nuevo sentido, empleando la “lógica de las máquinas” (utilizándolas como substituto racionalizado de la Naturaleza) y, en la máquina (que es, a la vez, un artificio lógico y un hecho físico) encontró, simultáneamente, la expresión de la Lógica y de la Naturaleza. En la coincidencia que en ella se opera, de la hipótesis abstracta a la técnica, halló Galileo, la fusión de la idea con el hecho.

Antes de terminar este capítulo, y, a simple título de curiosidad histórica, recordaremos un documento redactado por los discípulos de Galileo, que contiene los preceptos fundamentales del método del maestro. Es a la Academia del Cimento — fundada en 1651 por el gran duque Fernando de Toscana — a quien debe la posteridad la transmisión de dicho documento. En el proemio de los *Saggi di naturali esperienza* (dictado por el ilustre Lorenzo Magalotti, secretario de la Academia, y publicado en Florencia el año 1666) hállase compendiada en cinco preceptos la metódica de Galileo. He aquí dichos preceptos (2).

Reconocer, ante todo, *i primi lumi della verità*, esto es, los axiomas y los principios evidentes de la razón que adornan el alma como “piedras preciosas”. Pero, teniendo en cuenta que “accade bene per nostra sventura che queste gioie finissime... escono dalle lor commessure e s'intridono nel fango, deve l'uomo colla sua industria e coll'assiduità di sollecito studio

(1) PASTORE, obra cit., pág. 36.

(2) Ver: ROSSI, *Galileo Galilei ed il suo metodo*. Zanicheli, Bologna, 1880, pág. 206.

ritornarle ai loro luoghi; e a ciò bisogna confesare che non v'ha miglior mano che quella della *geometria*, la quale dando alla bella prima nel vero, ne libera in un subito da ogni altro più incerto e faticoso rintracciamento". Y, donde la geometria no alcanza, dado su carácter abstracto, "non vi a cui meglio rivolgersi che alle fede *dell'esperienza*, la qualle addattando effetti a cagioni e caggioni ad effetti, se non di primo lancio, come la geometria tanto fa che, provando e riprovando, le riesce talora di dar nel segno". Mas, la experiencia podría hacernos tomar como verdaderas, cosas que no lo son, de allí que, en la búsqueda científica "fa di mestiere l'intendersi da maestro delle maniere del vero e del falso, e usare *dell'ultima perspicacia del propio giudizio* par discernere bene s'ella è o non è". Por otra parte, debe tenerse en cuenta que, como cada edad ha realizado — bien o mal — sus experiencias y raciocinios, conviene conocer a las unas y a los otros "non essendo meno giovevole del tentare nuove esperienze il cercare tra le già fatte". Mas, como "il credito dei grandi autori nuoce spesso agli ingegni, i quali per soverchia fidanza o per reverenza a aquel nome non ardiscono revocare in dubbio ciò che da quelli autorevolmente si rafferma" es menester "*riscontrare il valore delle loro asserzioni*, e, conseguitane la riprova o il disinganno, farne un desiderabil e prezioso dono a chiunque è più ansioso degli scoprimenti del vero".

En síntesis, los elementos del método galileano son: las nociones primeras, la Geometría, la Experiencia, el Razonamiento y la autoridad bien fundada; sus momentos, como proceso son: la observación o "sensata experiencia", la hipótesis (artificio hipotético técnico del modelo) y la demostración. No hay, por lo tanto, en la Ciencia que Galileo construye, ni los extravíos cartesianos de un método puramente matemático, ni las deficiencias que la exclusión de la Matemática engendra en el método puramente experimental de Bacon. El método de Galileo es un método compuesto o comprensivo, vale decir, experimental-especulativo.