

LA MATEMATIZACIÓN DE LA NATURALEZA COMO VÍA ÚNICA DE LA CIENCIA

JOSÉ MONTESINOS SIRERA

Fundación Canaria Orotava de Historia de la Ciencia

«¿Podemos pensar en un mal mayor para una Ciudad que aquello que la divide y de uno hace muchos o un bien mayor que aquello que la une y la hace una sola?»

(PLATÓN, *La República*)

«Una sola es la sabiduría perfecta, dada por un solo Dios a un solo género humano, para un único fin, que es la vida eterna».

(ROGER BACON, *Opus Tertium*)

«La mirada del hombre está ofuscada por la oscuridad en la que el cuerpo la mantiene, pero la matemática le procura claridad y luz... El hombre está confinado en los angostos límites del cuerpo como en una prisión, pero la matemática lo libera y lo hace más grande que el Universo entero»

(PIERRE DE LA RAMÉE, *Dialecticae Institutiones*)

«Las ciencias todas, no son más que la inteligencia humana, que es siempre una y siempre la misma, por grande que sea la variedad de su objeto, como la luz del sol es una, por múltiples y distintas que sean las cosas que ilumina»

(RENÉ DESCARTES, *Reglas para la dirección del espíritu*)



«El hombre es así realmente la imagen de Dios. En un sentido análogo a como la matemática habla de puntos, rectas, etc, infinitamente alejados, cabe decir aquí comparativamente: Dios es el «hombre infinitamente alejado». En cierto modo, correlativamente a la matematización del mundo y de la filosofía, el filósofo se ha idealizado, en efecto, matemáticamente a sí mismo y, simultáneamente, a Dios»

(HUSSERL, *La crisis de las ciencias europeas*)

«Hubo una vez en que sentimos la necesidad de venerar algo que estuviera más allá del mundo visible. Comenzando en el siglo XVII, intentamos sustituir el amor a Dios por el amor a la verdad, tratando el mundo descrito por la ciencia como una cuasi-divinidad»

(RORTY, *Conferencias Northcliffe*)

INTRODUCCIÓN (HUSSERLIANA)

Edmund Husserl impartió en 1935 una conferencia, en el Círculo Cultural de Viena, con el título de «La filosofía en la crisis de la humanidad europea» en la que anticipa algunos de los temas de su gran obra «La crisis de las ciencias europeas». En aquel texto se encuentran valiosas consideraciones sobre el nacimiento de la filosofía en la Antigua Grecia y la radical novedad que este pensamiento filosófico introduce en la Historia respecto a las civilizaciones y culturas precedentes. En estas, los seres humanos estaban animados de un sentido *práctico* que implicaba un conjunto de tareas *finitas* en relación con necesidades limitadas de un grupo étnico o de una comunidad nacional.

Sólo la filosofía rompe con los límites de un sistema cultural cerrado, en virtud de la transformación radical que ella conlleva: el paso a un sentido *teórico* desconocido hasta entonces.

«Se apodera de los hombres la pasión de una consideración y de un conocimiento del mundo que vuelve la espalda a todos los intereses prácticos y que en el círculo cerrado de sus actividades cognitivas y de los tiempos a ellas dedicados no produce otra cosa que teoría pura».

La perspectiva filosófica apunta a establecer verdades universales, que trasciendan los objetivos práctico-finitos. Surge una concepción hasta entonces desconocida de la *infinitud*: los resultados conseguidos, verdaderos, sirven de base para la producción de idealidades de grado superior y así sucesi-



vamente, en una infinidad que se preanuncia como un campo universal de trabajo, como el «ámbito» de la ciencia.

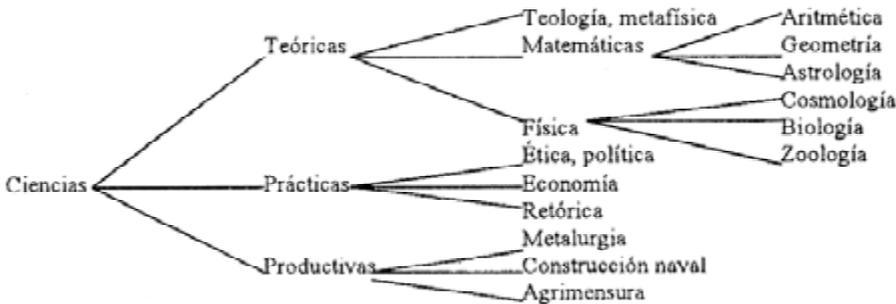
«[...] lo más esencial de la actitud teórica del hombre filosófico es la peculiar universalidad de la actitud crítica, una actitud que parte de la negativa a asumir, sin problematizarlas, opiniones y tradiciones previamente dadas, y, a la vez, plantea, a propósito del universo entero tradicionalmente dado de antemano, la cuestión de lo verdadero en sí, de una idealidad. Pero lo que con esto está en juego no es solo una nueva actitud cognoscitiva. En virtud de la exigencia de someter la totalidad de la empiria a normas ideales, concretamente a las de la verdad objetiva, tiene lugar muy pronto una amplísima mutación del conjunto de la praxis de la existencia humana, o lo que es igual, de toda la vida cultural».

Así pues, para Husserl, *ciencia significa la idea de una infinidad de tareas*, de las cuales un cierto número finito de ellas gozan ya de una permanente validez.

«La verdad científica quiere ser una verdad incondicionada. Radica aquí una infinidad que a cada confirmación fáctica y a cada verdad le confiere el carácter de una mera aproximación, siempre en referencia al horizonte infinito en el que la verdad en sí vale, por así decirlo, en un punto infinitamente alejado».

Siempre según Husserl, esta exigencia de una ciencia universal e infinita no consigue realizarse plenamente en el mundo antiguo¹.

¹ Aristóteles intentará una clasificación de las ciencia según el siguiente esquema:





Las disciplinas científicas se mueven todavía en ámbitos teóricos limitados que no están ligados entre ellos por un método unitario. La idea de una *totalidad infinita y unitaria* del ser, tal que pueda venir dominada por una *única ciencia universal*, se propone sólo a partir del Renacimiento. Esta idea presupone una compleja evolución histórica que concierne a la entera concepción de la realidad natural. Husserl no pretende explicar esta evolución pero resalta que a través del largo debate sobre la teoría copernicana, se disuelve la antigua oposición entre el mundo terrestre y el inmutable mundo celestial y se impone una visión unitaria del universo, caracterizado por una naturaleza uniforme sometida a las mismas leyes físicas. La nueva idea de un espacio uniforme, definido por las tres dimensiones de la extensión y al menos potencialmente infinito se refleja en la geometría moderna. Esta última aparece guiada por un método coherente, que le consiente «construir en univocidad deductiva cualquier forma delimitable en el espacio».

En la elaboración de este método juega un papel esencial la *nueva matemática*. El empleo del álgebra permite a Descartes construir la geometría analítica, mediante la cual las relaciones geométricas se convierten en relaciones algebraicas. La nueva ciencia de Descartes aspira a reducir todas las ciencias a las matemáticas y a la unidad de su método. La idea dominante en el mundo científico es que «la totalidad infinita de aquello que es, sea en sí una totalidad racional» y que una ciencia universal de tipo matemático puede abarcar cualquier dimensión de la realidad.

Pero es a Galileo a quien tocará la tarea de una «racionalización» matemática de la naturaleza física. La materia sensible y física era el obstáculo que se oponía a la aplicación de la matemática pura a la realidad empírica. Se trataba de la vieja oposición aristotélica entre materia y forma. Para Galileo la materia será absolutamente homogénea y sus diferencias cualitativas dadas por las sensaciones son eliminadas, conservándose sólo aquellas susceptibles de ser medidas cuantitativamente. Lo que significa, según Husserl, que para los científicos y filósofos modernos está claro que «en este mundo, aquello que tiene color, sonido, olor, aquello que es visible, palpable, etc, no es el

Cada ciencia tiene un objeto de estudio distinto, es decir, estudia un cierto tipo de seres o cosas bajo un determinado aspecto. Cada ciencia consta de principios comunes a todas las ciencias, más un conjunto de axiomas o principios propios y de definiciones. En general, las ciencias usan dos métodos principales: la deducción (lógica o matemática) y la inducción. Todos los sistemas posteriores de clasificación de las ciencias –griegos, romanos, bizantinos, árabes y cristiano-medievales– son variaciones del modelo platónico o del aristotélico.)



mundo verdaderamente real», así como es también «obvio» que detrás de la común y constante certeza con la que el mundo nos aparece, debe esconderse «un ser objetivo del mundo que debe ser mediante la razón, independientemente de cualquier subjetividad y relativismo²».

PLATÓN Y LAS MATEMÁTICAS

El primer y radical cambio en ese largo proceso descrito por Husserl lo protagoniza el pensamiento socrático y platónico, que en clara oposición al escepticismo y relativismo de los sofistas, se propone fundar una ciencia filosófica universal y única, capaz de integrar el conjunto de todas las verdades definitivas³. Protágoras, el más destacado de los sofistas, fue un hombre de extraordinaria cultura y un orador elocuente. Fue contemporáneo de Demócrito, su compatriota, el cual influyó en su doctrina. Protágoras sostenía que «el hombre es la medida de todas las cosas, de las que son en cuanto que son y de las que no son en cuanto que no son»: el hombre es la norma de todo lo real, límite y juez de las cosas, y por ello sólo se admite lo fenoménico-subjetivo, deduciéndose así lo relativo de la verdad, al ser todas las representaciones y opiniones válidas para cada uno de los individuos⁴.

Platón dedica en sus *Diálogos* especial atención a la figura e ideas de Protágoras, para combatirlos a la manera de Sócrates. En particular en el *Protágoras*, uno de los diálogos más brillantes de su producción en el que se

² La oposición entre apariencia y realidad había sido planteada por primera vez, en el mundo antiguo, por Parménides: tras las apariencias sensibles se oculta el *ser uno*, accesible solo mediante la razón. Demostrará las propiedades de éste mediante el método deductivo más antiguo, la demostración indirecta o reducción al absurdo. La permanente influencia de Parménides sobre Platón hará que este le dedique su diálogo más complejo, un estudio lógico de los principios fundamentales de la realidad racional.

³ Este impulso se extiende a otras actividades cognitivas pre-existentes que serían «formas preliminares» de la ciencia y que mediante la adopción del ideal filosófico comienzan a transformarse en ciencias auténticas. Los Elementos de Euclides serían en el marco de la geometría la realización, primero, y el modelo, después, de esta nueva concepción y de esta voluntad unificadora.

⁴ Según Aristóteles en la *Metafísica* (k6, 1062b, 12) «[...] esto no quiere decir sino que lo que le parece a cada uno es efectivamente lo real. De lo que se deriva que una misma cosa puede, al mismo tiempo, ser y no ser, o ser buena y mala, y que las demás proposiciones contrarias son igualmente verdaderas, puesto que muchas veces lo que parece bello a unos es lo contrario para otros, y el parecer de cada uno es la medida».



desarrolla un intenso duelo dialéctico entre Sócrates y el sofista, éste se presenta a sí mismo de la siguiente manera:

«[...] y confieso que soy sofista y educador de los hombres.

[...] Joven, he aquí lo que obtendrás si estás junto a mí: cuando hayas pasado un día a mi lado, volverás a tu casa más perfecto. Lo mismo te ocurrirá al día siguiente, y así cada día, sin interrupción, prosperarás hacia la perfección. Los demás sofistas corrompen a los jóvenes, pues, cuando dichos jóvenes tratan de evitar las ciencias técnicas, los sofistas les obligan a lanzarse sobre ellas, aunque no lo deseen, enseñándoles cálculo, astronomía, geometría y música. Por el contrario, el que venga a mi lado sólo encontrará aquello que haya venido a buscar. Y este aprendizaje versará sobre cuestiones familiares, para que se administre excelentemente la propia casa, y sobre el gobierno del Estado, para que cada uno sea muy eficaz en los asuntos públicos, tanto con la acción como con la palabra»⁵.

Para Platón las estructuras matemáticas expresan «la naturaleza del alma humana» y al mismo tiempo las del «alma que gobierna el mundo» y en consecuencia quiere matematizar la ética y la política. Hacia el 380 a.C., expone en el libro *Republica* su Teoría de las Formas/Ideas en la que presenta a las Matemáticas como el largo y necesario camino⁶ para acceder a la Dialéctica

⁵ En 1944 decía Alexandre Koyré en su *Introducción a la lectura de Platón* que los lectores modernos tienden a estar de acuerdo con las tesis de Protágoras y a sentir simpatía por su figura. Hoy, a comienzos del siglo XXI, inmersos en el relativismo cultural, las tesis de Protágoras son aún más atractivas. En un artículo aparecido en *The New York Review* del 24 de septiembre de 1998, Martin Gardner analizaba la situación creada en la enseñanza de las matemáticas en USA, tras la aparición de la llamada New New Math o Fuzzy Math, y en los libros de texto de matemáticas, llenos de fotocopias y dibujos en color, pero en los que es difícil reconocer el contenido matemático: lo que prima es el multiculturalismo y la equidad de sexos y de razas. Las matemáticas y sus libros de texto, al servicio de la formación de ciudadanos ejemplares que no discriminen por cuestión de raza, religión o sexo. Para ello no es necesario, piensan los nuevos pedagogos, que sepan multiplicar o resolver ecuaciones.

⁶ El largo periodo de enseñanza de las matemáticas para un ciudadano, según Platón, comenzaría en la infancia hasta los 18 años, edad en la que se haría el servicio militar hasta los 20 años (¡exento de matemáticas!). De los 20 a los 30 años se estudiarían de nuevo como preludeo a la dialéctica. De los 30 a los 35 el ciudadano se entrenaría en discusiones dialécticas. De los 35 a los 50 emplearía su tiempo en el servicio a la Ciudad. Y finalmente a partir de los 50, tendría el acceso final a la contemplación del Bien.



(nombre del saber supremo, método de ascenso de lo sensible a lo inteligible, ciencia de la realidad como tal). Ambas, son ciencias teóricas, apodícticas y deductivas. Ciencias de lo que es por *necesidad* y no puede ser de ninguna otra manera. Avanzan paso a paso deductivamente a partir de unos principios sobre cuya evidencia hay consenso⁷.

La matemática sería imprescindible en la educación de los ciudadanos como: a) formadora de una disciplina mental; b) para desarrollar el pensamiento abstracto; c) como hábito para la precisión; y finalmente d) para el conocimiento del Bien.

En la *República*, Platón había concebido el Bien como el objeto supremo del conocimiento, comparándolo con el Sol, pues al igual que éste hace vivir a los seres naturales y los hace visibles, así, el Bien hace subsistir y cognoscibles a las ideas. El Bien, para el hombre, es una forma de vida, una vida compuesta por placer e inteligencia⁸. Pero la cuestión está en la *medida*, en la justa proporción en la que placer e inteligencia deben mezclarse. Platón recurre a los conceptos pitagóricos de límite y de ilimitado. El placer es un ilimitado y puede ser aumentado o disminuido indefinidamente. Es necesario imponer un orden, una medida al placer y ésta es la función del límite. El ilimitado que mediante un límite adquiere un orden o una medida se convierte en algo armónico, proporcionado, en un *número*, y quien impone el límite es la inteligencia.

⁷ Platón consideraba que la formación matemática y dialéctica era imprescindible para la clase dirigente. Así, dice respecto a la Aritmética en el libro VII de la *Republica*: «Será entonces conveniente, Glaucón, establecer por ley esta enseñanza, y convencer a quienes en la ciudad vayan a desempeñar los más altos menesteres de que se dediquen al cálculo y a que lo estudien no de una manera superficial, sino hasta que alcancen con la sola inteligencia a contemplar la naturaleza de los números, no ya como los comerciantes y los tenderos con miras a las compras y a las ventas, sino con vistas a la guerra y para facilitar a la propia alma la posibilidad de volverse de lo sensible a la verdad y a la esencia».

En relación con la Geometría, la segunda de las disciplinas que deben aprender los jóvenes, dice Platón: «Hace falta, sin embargo, examinar si la parte mayor y más avanzada de esa ciencia tiende de alguna manera a este otro objetivo: a hacer que se contemple más fácilmente la idea del bien [...]. Y en fin si esta ciencia obliga al alma a contemplar el ser, entonces nos conviene; pero si obliga a contemplar el devenir no conviene. [...] Hay, por tanto, que imponer sobre todo, en la medida de lo posible, que los ciudadanos de nuestro Estado perfecto no se aparten en modo alguno del estudio de la geometría; porque las ventajas que se derivan de ella tampoco son despreciables. [...] Y así, por lo que toca a comprender mejor las otras disciplinas, sabemos que en este respecto hay una enorme diferencia entre quien sabe de geometría y quien la desconoce».

⁸ *Filebo*.



El intento de Sócrates de hacer de la virtud una ciencia, culmina con Platón en esta reducción de la virtud a una ciencia de la medida. Cuenta Aristógeno, discípulo de Aristóteles, en *Elementa Harmonica* II, que los que acudían a las lecciones de Platón, en sus últimos tiempos, quedaban desilusionados cuando, habiéndose anunciado que se hablaría del Bien, lo escuchaban disertar sobre números y medidas.

Esta pulsión infinita de teoría y de unicidad, con la matemática como medio para alcanzar el Bien, es moderada por Aristóteles, que, alejado de la ensoñación platónica, pisa firme en la Tierra y acepta la matemática como un bello producto de la inteligencia humana, en donde la Lógica encuentra un terreno fértil al que acudir para desarrollarse, pero inútil para la Física, terrenal, que no puede ser tratada con la divina matemática.

En Arquímedes se muestra la tensión teoría-práctica, contemplación-acción, finito-infinito, y es él quien consigue por primera vez la conjunción de la matemática euclídea con la física, iniciándose así lo que más adelante se llamará físico-matemática. Pero los romanos terminan con la vida de Arquímedes y con aquella peculiar manera de hacer y entender las matemáticas. Los romanos no producen filósofos ni matemáticos, aunque fabrican magníficos puentes y acueductos; y es con el cristianismo con el que se retorna al culto a lo infinito, con la Teología como madre de todas las disciplinas. El encuentro de la teología cristiana con las matemáticas se vislumbra poco a poco en el horizonte europeo y cristiano. Con Nicolás de Cusa es ya una fructífera unión. El retorno de Arquímedes y de Platón, esta vez en el marco de la cristiandad, va a ser decisivo en lo que sigue.

LAS MATEMÁTICAS Y LOS JESUITAS

Durante el Concilio de Trento (1543-1564) tiene lugar el rearme moral e intelectual de la Iglesia Romana frente a las ideas de la Reforma Protestante, y uno de los principales resultados –desarrollado especialmente por los Jesuitas en la segunda mitad del siglo XVI y la primera del XVII– es la necesidad de establecer un conocimiento RACIONAL de Dios y de la Naturaleza para luchar contra dos amenazas que se cernían en el mundo católico.

- a) Una de ellas era el neoplatonismo, la magia y el conocimiento hermético, especialmente cultivados en Italia por Marsilio Ficino, Pico della Mirandola y Giordano Bruno, cuyo objeto era conseguir una verdadera reforma religiosa y educativa a través del conocimiento y cultivo de



las armonías ocultas existentes entre el mundo creado y el alma humana, mediante las cuales acercar el hombre a Dios.

- b) La otra amenaza, expandida especialmente en Francia con Michel de Montaigne y Pierre Charron, era el escepticismo, negador de la posibilidad de conocimiento humano cierto, científico y teológico⁹.

Se apela a la racionalidad, a la Razón, para afirmar la posibilidad de un conocimiento verdadero, que, obviamente, tendrá que ser *único y excluyente*, que supere el estéril escepticismo y el pluralismo que confunde. La razón matematizante y platónica, cobra entonces un protagonismo unificador que vamos a personalizar en la figura de Christóforus Clavius (1538-1611), jesuita alemán, matemático autodidacta y reputado astrónomo que es un decidido impulsor de la enseñanza de las matemáticas en los colegios de la Orden y formador de los futuros jesuitas en el Colegio Romano, casa matriz de la Compañía en Roma¹⁰.

A comienzos de 1580, las matemáticas constituyen una disciplina inferior en los curricula educativos, no comparable a la Filosofía, la Medicina o a la Teología. Es una materia que no pasa examen, lo que contribuye a desvalorizarla delante de los alumnos. Clavio critica a sus colegas de Filosofía por no saber suficientes matemáticas, y lo que es peor, por no saberlas hacer atractivas. Para él «el profesor de matemáticas debe ser un maestro de una *cultura* y de una *autoridad* fuera de lo común». El decenio de 1580 es importantísimo para la constitución de la *Ratio Studiorum* esto es, el plan de estudios que deberá seguirse en los colegios de la Orden. Este proceso de elaboración de un programa de estudios, en un momento de profunda crisis

⁹ Véase el artículo «Los Jesuitas y las ideas de Galileo» (CROMBIE y CARUGO, 1983) en *Annali dell'Istituto e Museo di Storia della Scienza di Firenze*. Anno VII, fasc. 2.

Por otra parte, hay que observar un cierto paralelismo con la situación actual, presentada por el Papa Juan Pablo II en la Introducción a su encíclica *Fe y Razón* (1998). En ella se previene también contra los «peligros» que acechan al pensamiento occidental de hoy día: de una parte, la «ola de esoterismo que nos invade», puesta de manifiesto por la proliferación de sectas, etc; y de otra, la ola de Relativismo, esto es, de un neo-escepticismo predicado por los Filósofos de la Ciencia.

¹⁰ La Compañía de Jesús, creada por el español Ignacio de Loyola en 1540, es una orden religiosa que fue expresamente creada para contrarrestar la influencia de las doctrinas luteranas y calvinistas que se expandían por Europa en el siglo XVI. A la muerte del Fundador en 1566 son ya un millar los jesuitas repartidos por todos los continentes, dedicados fundamentalmente a la educación. En 1626 el número de jesuitas ascendía a 15.500, entre los cuales se contaban ilustres astrónomos y matemáticos.



del aristotelismo, contribuye a que este periodo sea una fase esencial en la recomposición de los campos del saber. De aquí sale la reflexión sobre el *status* y papel de las matemáticas en su doble relación con la teología y la «filosofía natural¹¹».

No sin dificultades logró Clavius el realce del papel de las matemáticas en la Educación, en contra de la opinión de otros destacados jesuitas que, siguiendo las directrices aristotélico-escolásticas, veían las Matemáticas como un tema periférico, abstracto y bello, pero alejado de la realidad y de la utilidad. Clavio es decididamente platónico y considera a las matemáticas como una disciplina formadora de mentes bien estructuradas.

En su *Opera Matemática* publicada en 1611, un año antes de su muerte, hizo una apasionada defensa de las Matemáticas y, en particular, de *Los Elementos* de Euclides, apelando a la firmeza y *unanimidad* de las opiniones de los matemáticos, en contraste con los filósofos y practicantes de otras ciencias, en las que había *multitud de puntos de vista diferentes* y en definitiva, donde habitaba la incertidumbre.

En 1594, el jesuita sienés Vincenzo Figliucci, alumno de Clavio y profesor de matemáticas del Colegio Napolitano escribió tres *Praefationes in laudem mathematicarum scientiarum*¹² en las que se refleja un interesante debate epistemológico centrado en la Matemática y en sus relaciones con el resto de la filosofía natural, que en esos momentos tenía lugar en el seno de la Orden. Figliucci, con clara influencia platónica y reuniendo ideas de Cusa, Ramus y del propio Clavius, elaboró un documento con voluntad de decidir cuál debiera ser la posición exacta de la Matemática en el sistema del saber. Esta tenía en sí cualidades que eran emanación directa del cumplimiento de un proyecto divino. La comprensión de la matemática, de hecho, acercaba al hombre al conocimiento divino permitiéndole descubrir los principios de la naturaleza y remontarse a la causa de los fenómenos. La mente del geómetra era semejante a la divina, si bien era cierto que Dios con un solo acto cognitivo podía distinguir todo cuanto sucedía o podía ser comprendido por la mente creada, como si estuviera allí presente para contemplarlo, también era cierto que el geómetra, investigando, por su parte, *simulacra* de las cosas mismas, igualmente los asumía sin peligro de error ni de engaño.

¹¹ Véase ANTONELLA ROMANO, *La contrarreforme mathématique. Constitution et diffusion d'une culture mathématique jésuite à la Renaissance*, École Française de Rome, Roma 1999.

¹² Véase ROMANO GATTO, *Tra Scienza e immaginazione: le matematiche presso il collegio gesuitico napolitano (1552-1670)*, Leo Olschki, Florencia 1994.



Para Figliucci, el modelo a seguir era el método hipotético-deductivo, propio de la geometría euclídea, y no la silogística de la lógica medieval. El método matemático tenía en sí un valor intrínseco que permitía restituir el estudio de la naturaleza a la dimensión científica, «de otro modo destinada a las interpretaciones sobrenaturales del ocultismo y la magia».

En la tercera *Praefatio* Figliucci se centra en la función de la matemática en la práctica, y Arquímedes es el protagonista de todo el preludio. Hombre de ciencia e ingeniero al mismo tiempo, en él se realizaba la síntesis más perfecta entre la matemática pura y aplicada. Ciencia racional, abstracta, pero al mismo tiempo pragmática, capaz por ello, como ninguna otra, de producir realizaciones prácticas útiles a la vida humana.

Hay que destacar que en esos momentos, esta apuesta por las matemáticas en la Educación y el realce de la misma en el organigrama de las disciplinas del conocimiento era una postura arriesgada; pero había llegado el momento del siglo XVII en que se daban las condiciones para que ese ansia de precisión de los seres humanos y su voluntad de dominio de los fenómenos naturales eclosionara a través de las matemáticas con el concurso de aquellos gigantes del pensamiento que fueron Galileo, Descartes y Newton.

LA MATEMATIZACIÓN GALILEANA DE LA NATURALEZA

«La filosofía está escrita en ese inmenso libro que tenemos abierto ante los ojos, quiero decir, el Universo, pero no se puede entender si antes no se aprende a entender la lengua, a conocer los caracteres en los que está escrito. Está escrito en *lengua matemática* y sus caracteres son triángulos, círculos y otras figuras geométricas, *sin las cuales es imposible entender ni una palabra*; sin ellos es como girar vanamente en un oscuro laberinto»

Esta conocida y terminante reflexión galileana, en la que se otorga al lenguaje matemático la *exclusiva* lectura del «libro» de la Naturaleza se encuentra en *Il saggiatore*, que un Galileo ya maduro publicó en 1623. En él expone por primera vez su método científico, la nueva manera de «preguntar» a la Naturaleza¹³.

¹³ Véase JOSÉ L. MONTESINOS, *Historia de las matemáticas en la enseñanza secundaria*, Síntesis, Madrid 2000, pag. 82.



Galileo había sido profesor de matemáticas hasta 1610, fecha clave en su biografía. Admiraba el rigor y la precisión de la geometría euclídea y veneraba la figura de Arquímedes, a quien trataría de emular durante toda su vida. De él aprendió a usar las matemáticas para resolver problemas físicos: en *Sobre el equilibrio de las figuras planas* y en *Sobre los cuerpos flotantes*, Arquímedes había logrado un conjunto de resultados y proposiciones que seguían un orden inspirado en el modelo deductivo euclídeo. Galileo aplica el mismo método y consigue geometrizar el movimiento, algo impensable según los cánones aristotélicos; consigue las leyes de caída de los cuerpos, construyendo previamente una teoría matemática que consta de definiciones, axiomas y teoremas, y una vez establecida la pretendida ley la pone a prueba mediante la experimentación¹⁴.

El método galileano presupone una verdad ultrafenoménica que puede ser objeto de demostración y que al mismo tiempo deberá estar de acuerdo con el propio fenómeno, esto es, «salvar las apariencias». Como dice Federico Enriques «La vía galileana es un *juicio de Dios* en el que se desafía a la Naturaleza a que muestre algo distinto a la previsión teórica, cuando se le pregunta convenientemente».

En 1610, Galileo es nombrado «Primer Matemático y Filósofo del Gran Duque de Toscana». Previamente había descubierto cosas portentosas en los cielos que fortalecían las tesis copernicanas del heliocentrismo. Ahora es un Filósofo de la Naturaleza que pretende explicar el Mundo tal como es, y un cortesano al que le esperan tiempos duros, de gloria y sufrimiento, pues no en vano estaba en juego la mismísima concepción del Mundo. La teoría copernicana y la experiencia visual conseguida con el telescopio artesanal construido por el propio Galileo invalidan prácticamente la concepción aristotélico-ptolemaica. Pero Galileo no tiene pruebas fehacientes del movimiento de la Tierra, y las suple con su persuasiva prosa y con su poco convincente teoría de las mareas; a él le basta su poderosa intuición, alimentada en largas noches de vela en que contempla aquellos fenómenos celestes que le reafirman en el heliocentrismo. En su obra capital *Dialogo sopra i due massimi*

¹⁴ Alexandre Koyré, en su brillante ensayo *Galileo y Platón*: «[...] comprendemos el orgullo del Galileo platónico que en su libro *Discursos y demostraciones sobre dos nuevas ciencias* anuncia que “desarrollará una ciencia del todo nueva en torno al más antiguo de los temas”, y demostrará algo que nadie había demostrado hasta entonces, esto es, que el movimiento de caída de los cuerpos está sometido a la ley de los números. El mundo está gobernado por números; la objeción aristotélica ha sido finalmente refutada».



sistemi del mondo (1632), Galileo expresa su admiración hacia Aristarco y Copérnico, que mantuvieron su discurso teórico a pesar de que las «experiencias sensibles» eran claramente opuestas a aquél:

«Ya hemos visto que los argumentos contra la rotación diurna de la Tierra, ya examinados por vos, tienen una enorme verosimilitud, y el que los tolemaicos, los aristotélicos y todos sus seguidores los hayan aceptado como concluyentísimos es un grandísimo argumento de su eficacia. Pero las experiencias que claramente contradicen el movimiento anual son de tanta mayor repugnancia aparente, que no puedo hallar límite a mi admiración de cómo, en Aristarco y Copérnico, la razón haya podido hacer tanta violencia a los sentidos que, contra éstos, se haya adueñado de su credulidad¹⁵».

Galileo cree que la razón geométrica, la geometría, en cuanto teoría de las formas espaciales exactas, es la vía que permite establecer un nexo entre la matemática pura y el mundo empírico material del que se ocupa la física. Habiendo observado que en el mundo de la experiencia se hacen diversas valoraciones y se tienen distintos puntos de vista acerca de las cualidades de las cosas que nos rodean y que solamente las matemáticas y la geometría son capaces de construir conceptos objetivamente verificables, *válidos para todos*, Galileo «ingenuamente» geometriza la Naturaleza. Para ello despoja a los objetos de las cualidades sensibles no cuantificables. En *Il saggiatore* (1623) explicita su manera de actuar en ciencia:

«Digo que en el momento en que imagino una materia o sustancia corpórea, me siento en la necesidad de imaginar, al mismo tiempo, que esta materia está delimitada y que tiene esta o aquella forma, que en relación con otras es grande o pequeña, que está en este o en aquel lugar, en este o en aquel tiempo, que se mueve o que está en reposo,

¹⁵ Koyré en *Galileo y Platón* dice: «[...] estamos tan acostumbrados a la ciencia matemática, a la física matemática, que no nos percatamos de cuán extraño es acercarse al Ser por la vía matemática, de cómo es paradójica la audacia de la expresión galileana de que el libro de la Naturaleza está escrito en caracteres geométricos. Para nosotros, hoy, es una conclusión obvia. Pero no para los contemporáneos de Galileo. Por tanto, el verdadero objeto del *Diálogo de los dos máximos sistemas*, mucho más que el de la oposición entre dos sistemas astronómicos, es el derecho de la ciencia matemática, de la explicación matemática de la Naturaleza en contraposición a la explicación no matemática del sentido común y de la física aristotélica».



que está o no en contacto con otro cuerpo, que es una, pocas o muchas; ni con gran imaginación puedo separarlas de estas condiciones; pero que deba ser blanca o roja, amarga o dulce, sonora o muda, de olor agradable o desagradable, no me siento en la necesidad de forzar mi mente para tener que representármela acomodada con tales condiciones; mas bien, si los sentidos nos las hubieran advertido, tal vez la razón o la imaginación por sí mismas no lo hubieran logrado nunca. Por todo ello pienso que estos sabores, olores, colores, etc., por parte del sujeto en el que parece que residen, no son más que meros nombres, y tienen únicamente su residencia en el cuerpo sensitivo, de manera que, eliminado el animal sensitivo, se eliminan todas estas cualidades».

... Y muerto el perro, se acabó la rabia.

Galileo es un genio *descubridor* y al mismo tiempo *encubridor*, que abre el camino a la físico-matemática y a los portentosos logros obtenidos por ésta mediante una exclusiva y exhaustiva cuantificación de lo real, pero que enmascara el *mundo de vida*, que es el olvidado fundamento de sentido de la ciencia natural¹⁶.

DESCARTES: LAS MATEMÁTICAS Y YO

Rene Descartes, aventajado alumno de los jesuitas en el colegio de La Flèche ha leído a Michel de Montaigne, en particular su famosa *Apología de Raimundo Sabunde*¹⁷. La tesis del libro de Montaigne es que la razón humana

¹⁶ Husserl, *Crisis de las ciencias europeas*: «El ropaje de ideas que conocemos como ciencia natural matemática ocupa el lugar del mundo de vida, lo disfraza. El ropaje de símbolos de las teorías matemáticas hace que tomemos por ser verdadero lo que es un método, destinado a corregir en un *progressus in infinitum* las toscas predicciones».

¹⁷ Poco se sabe de Sabunde (o Sibiuda), filósofo catalán que estudió Artes, Medicina y Teología, que fue profesor en la Universidad de Toulouse y que murió en 1436. Escribió una obra: el *Liber creaturarum seu de homine*, que gozó de gran difusión en la época renacentista: la revelación estaba contenida en el libro de la Escritura y su verdad competía a los teólogos. Pero, además, sostenía Sabunde, había otro libro, el de las criaturas, que Dios había puesto a la disposición de los hombres para que por medio de la razón pudieran llegar a conocer las verdades reveladas. En el prólogo al *Liber creaturarum* afirmaba incluso que el libro de la Naturaleza, al estar más próximo a los orígenes, superaba en importancia al de las Escrituras, lo que le costó su inclusión en el Índice.



no puede alcanzar certidumbre¹⁸ alguna, y que al hombre le debe bastar solamente con vivir en la incertidumbre. Esta desesperanzada conclusión a la que había llegado el ex alcalde de Burdeos tras largas meditaciones en su retiro del castillo de Eyquem, no es fácilmente aceptable por el común de los mortales; y menos aún lo fue para el joven Descartes, a pesar de la admiración que sentía por la prosa de aquél.

En su autobiográfico *Discurso del Método* (*Discours de la méthode pour bien conduire sa raison et chercher la vérité dans les sciences*) (1637), Descartes nos describe la insatisfacción que sentía al terminar sus estudios en el colegio:

«[...] desde la niñez se me acostumbró al estudio de las letras, y sentía un apasionado deseo de conocerlas, pues me persuadían de que mediante tales estudios se podía adquirir un conocimiento claro y al abrigo de dudas sobre todo lo que es útil en la vida. Pero modifiqué por completo mi opinión tan pronto como hube concluido mis estudios [...]. Tantas dudas y errores me embargaban que, habiendo intentado instruirme, me parecía no haber alcanzado resultado alguno si exceptuamos el progresivo descubrimiento de mi ignorancia [...]».

Recientemente, en *Philosophie et perfection de l'homme* de Emmanuel Faye (Vrin, 1998) se ha mostrado la gran influencia de esta obra en autores como Bovelles, Montaigne, Charron, Descartes y Pascal. Sabunde preanuncia la Metafísica de Descartes: «Creatura non potest ascendere supra suum creatorem, ideo impossibile est, quod homo per suum intelligere et cogitare ascendet supra deum, qui creavit esse, et etiam eum creavit, et dedit ei omnia ista». ¿Hasta dónde llega la capacidad de intelección del hombre? Sabunde muestra que el hombre no puede elevarse por encima de su Creador, que le dio el ser. Pero con ello no pretende limitar esa capacidad de intelección. Por el contrario, el hombre experimenta por sí mismo un poder de intelección virtualmente sin límite, en el mismo sentido que *la serie de los números naturales*. Este poder ilimitado del intelecto lo extiende Sabunde a las potencias del deseo y de la voluntad, concluyendo que si pensamiento y voluntad humanas pueden crecer infinitamente, es necesario que el Creador, que ha dotado al hombre de esta capacidad, sea él mismo infinito.

¹⁸ Sirva como ejemplo, la opinión de Montaigne sobre el tema geocentrismo-heliocentrismo: «El cielo y las estrellas se movieron durante tres mil años; nadie dejó de creerlo, hasta que Cleantes el sabio o Nicetas de Siracusa defendieron que la Tierra era la que se movía por el círculo oblicuo del Zodiaco dando vueltas alrededor de su eje. En nuestra época, Copérnico ha demostrado tan satisfactoriamente semejante doctrina, que la ha puesto en armonía con todas las consecuencias astronómicas.

¿Qué deducir de aquí sino que no debe preocuparnos demasiado cuál sea el cuerpo que realmente se mueva? ¡Cualquiera sabe si de aquí a mil años una tercera opinión refutará los dos pareceres precedentes!»



Concluyendo que de todas las materias que le habían enseñado, únicamente las Matemáticas le producían un especial deleite, dada la *certeza* y evidencia de sus razonamientos, aunque sin percatarse de su verdadera función y utilidad. Especialmente confuso e irritante le han parecido las enseñanzas de filosofía: «Pero ya en el colegio aprendí que nada por raro y extravagante ha dejado de ser defendido por algún filósofo». (Obsérvese el parecido con la frase de Montaigne «[...] nada hay, en suma, por loco e insensato u horrible que sea que no se encuentre vigente en alguna nación [...]» en la citada *Apolo-gía de Raimundo Sabunde*).

Descartes comienza a pensar en un método que reúna las ventajas de la Lógica, el Análisis de los Antiguos (la Geometría) y el Álgebra de los modernos, y que excluya sus defectos¹⁹.

En la noche del 10 de noviembre de 1619, nos dice en su *Discurso*, tuvo tres sueños en los que se le revelaba el proyecto de una «ciencia admirable». Son bien conocidas las reglas de ese método maravilloso:

«La primera consiste en no admitir cosa alguna como verdadera, si no se la había conocido evidentemente como tal; es decir, con todo cuidado debía evitar la precipitación y la prevención, admitiendo exclusivamente en mis juicios aquello que se presentara tan clara y distintamente a mi espíritu que no tuviera motivo alguno para ponerlo en duda.

La segunda exigía que dividiese cada una de las dificultades a examinar en tantas parcelas como fuera posible y necesario para resolverlas más fácilmente.

La tercera requería conducir por orden mis reflexiones comenzando por los objetos más simples y más fácilmente cognoscibles, para ascender poco a poco, gradualmente, hasta el conocimiento de los más complejos.

¹⁹ «[...] con respecto a la lógica, sus silogismos y la mayor parte de las demás instrucciones sirven más bien para explicar a otros las cosas que ya se saben [...] en relación con la geometría y el álgebra, aparte de no extenderse sino a materias muy abstractas y que parecen carecer de todo uso, la primera está siempre tan constreñida a la consideración de figuras que no puede ejercitar el entendimiento sin fatigar en mucho la imaginación; y en la última, de tal modo se está sometido a ciertas reglas y a ciertas cifras que ha llegado a ser un arte confuso y oscuro, que confunde al espíritu en lugar de ser una ciencia que lo cultive».



Según el cuarto y último de estos preceptos debería realizar recuentos tan completos y revisiones tan amplias que pudiese estar seguro de no omitir nada».

Y así, el correcto uso de estas reglas conducirían a que, al igual que los geómetras llegan a alcanzar las demostraciones más difíciles, mediante largas cadenas de razones simples y fáciles, de igual manera:

«[...] se entrelazan las cosas que pueden ser objeto del conocimiento de los hombres, y que, absteniéndome de admitir como verdadera alguna que no lo sea y guardando siempre el orden necesario para deducir unas de otras, *no puede haber algunas tan* alejadas de nuestro conocimiento que no podamos finalmente *conocer*, ni tan ocultas que no podamos llegar a descubrir [...]».

Es impresionante la seguridad en sí mismo y la audacia de Descartes, aunque no publica su *Método* en Leyden hasta 1637, después de haberlo probado con éxito en materias como Geometría, Óptica y Meteorología. Pero años antes, en el otoño de 1627, en una reunión en casa del nuncio papal en París, se había encontrado Descartes con el influyente cardenal Berulle, perteneciente a la orden de los oratorianos²⁰. A esta reunión asistían algunos de los más destacados «sabios» de la época, incluido Mersenne²¹ y hablaba el químico Chandoux. Este dio una conferencia que debió de ser bastante típica de las opiniones de gran parte de la vanguardia de la época, atacando a la filosofía escolástica. En esta ocasión pronunció un discurso para refutar la manera en que se enseñaba la filosofía en las escuelas. Dijese lo que dijese, casi todo el mundo aplaudió sus ideas excepto Descartes. El Cardenal Berulle lo notó y preguntó a Descartes qué le había parecido aquel discurso «que tanto había

²⁰ La Congregación del Oratorio es una institución religiosa fundada por S. Felipe Neri en Roma en el año..., destinada a fomentar la vida espiritual. El cardenal Berulle, el más importante pensador religioso de la Contrarreforma en Francia, fundó una congregación del Oratorio en París en 1611.

²¹ Marin Mersenne (1588-1648), clérigo de la orden de los Mínimos, teólogo y matemático. Una de sus mayores contribuciones a la Ciencia fue el de servir de comunicador de resultados y de nexo entre numerosos científicos y pensadores de su época como Descartes, Fermat, Desargues, Pascal y Galileo.



gustado al público». Según la versión que tenemos²², Descartes empezó por hablar en favor del antiescolasticismo de Chandoux. Pasó luego a atacar el hecho de que tanto el orador como el público estaban dispuestos a aceptar la probabilidad como norma de la verdad, pues, si así fuera, en rigor podrían tomarse falsedades por verdades. Para mostrarlo, Descartes tomó algunos ejemplos de verdades supuestamente irrefutables, y mediante algunos argumentos aún más probables que los de Chandoux, demostró que eran falsos. Luego, presentó una muy aparente falsedad, y mediante argumentos probables, la hizo parecer una plausible verdad.

Ante esta evidencia de cómo «nuestros espíritus son engañados por la probabilidad», los allí reunidos preguntaron a Descartes si no había «algunos medios infalibles» para evitar estas dificultades. El contestó hablándoles de su *METHODE NATURELLE* y mostrándoles que sus principios «son mejor establecidos, más ciertos y más naturales que cualesquiera otros que hayan sido aceptados por los sabios».

Berulle quedó muy impresionado por la charla de Descartes y lo invitó a ir a verle para seguir hablando del tema. Descartes acudió y explicó al Cardinal por qué creía que los métodos comúnmente empleados en filosofía eran inútiles, y lo que, en cambio, pensaba que podía hacerse. Berulle quedó muy complacido y pidió a Descartes ir y aplicar su método a los problemas a los que se enfrentaba la humanidad en sus búsquedas cotidianas²³.

Poco tiempo después, en 1628, Descartes escribe las *Regulae ad directionem ingeni*, que no serán publicadas hasta 1701. Especialmente interesante es la regla IV: «El Método es necesario para la investigación de la verdad». En ella proclamaba Descartes la *unidad* de las ciencias y sentenciaba que *no había otra forma* de avanzar en ellas que la de su método:

«Mejor que buscar la verdad sin método es no pensar nunca en ella, porque los estudios desordenados y las meditaciones oscuras turban las luces naturales de la razón y ciegan la inteligencia».

²² Véase Richard H. Popkin, *The history of Scepticism from Erasmus to Descartes*, Nueva York 1968.

²³ Por otra parte, uno de los objetivos del Oratorio en esos momentos era el de combatir el naturalismo renacentista que veía en el Universo un juego de fuerzas ocultas. Una física mecanicista que redujese todo fenómeno a las leyes del movimiento permitiría librarse de ese paganismo latente y reconocer que solamente el hombre y Dios poseen consciencia y voluntad.



El YO cartesiano, el MUNDO matematizado y el DIOS garante²⁴ forman una terna que rellena el universo entero. En la huída hacia adelante más espectacular y fructífera (?), Descartes va a dudar de todo, excepto de las matemáticas y de Dios, ese Dios cristiano, dotado positivamente de los atributos de la infinitud, que le garantizaba los razonamientos claros y distintos alcanzados con su Método, concebido a partir de las Matemáticas, mediante el cual:

«[...] conociendo la fuerza y la acción del fuego, del aire, de las estrellas, de los cielos y de todos los demás cuerpos que nos rodean, tan nítidamente como conocemos el oficio de nuestros artesanos, podamos de la misma manera utilizarlos en todos aquellos usos para los que están adaptados y, por tanto, convertirnos en los dominadores y poseedores de la Naturaleza.»

²⁴ Descartes reinventa a Dios para usarlo en su entramado. Paul Valery resume así el argumento cartesiano:

«Je doute
 mais douter est inférieur à ne pas douter
 je suis donc imparfait
 j'ai donc une idée de non-imparfait
 de celui qui ne peut douter
 je l'appelle *Dieu*».

Un Dios racional y garante que no es más que la voluntad ilimitada del hombre.