Alfredo D. Vallota*

Las matemáticas y el nacimiento de la modernidad

RESUMEN

El trabajo pretende mostrar, luego de un breve repaso de la evolución de las matemáticas en Occidente en la primera mitad de este milenio y de algunos factores que contribuyeron a ella, cómo, a partir de su desarrollo, se imponen ciertas concepciones que están en el centro de las propuestas de la modernidad. Entre ellas consideramos en especial la noción de representación, la nueva manera de interpretar el conocimiento y la concepción de la razón como cálculo contrapuesta a la noción tradicional.

Palabras clave: MODERNIDAD, MATEMÁTICAS, HISTORIA, REPRESENTACIÓN, RAZÓN, CONOCIMIENTO, ENTENDIMIENTO.

ABSTRACT

This work intends to show, after a short review of the evolution of Mathematics in Western culture in the first half of this millennium and of some factors that contributed to it, how certain conceptions that are in the centre of the proposals of the Modernity are imposed because of its development. Among them we especially consider the notion of representation, the new way of interpreting knowledge and the conception of the reason as calculation as opposed to the traditional way of considering it.

Keywords: MODERNITY, MATHEMATICS, HISTORY, REPRESENTATION, REASON, KNOWLEDGE, UNDERSTANDING.

* Escuela de Filosofía, Universidad Central de Venezuela.

Todos conocen la enorme influencia que tuvieron las matemáticas en la filosofía del siglo XVII, el siglo del nacimiento de la modernidad, de cuyas ideas Occidente se nutrió durante los siguientes 250 años. Al siglo XVII se lo ha llamado el *Siglo del Genio*, y para corroborar lo acertado de este nombre basta mencionar que en ese siglo se publicó *El Quijote de la Mancha*, que en 1616 murieron Cervantes y Shakespeare, el mismo año en que Harvey propuso la circulación de la sangre, que Galileo Galilei murió en 1642, el mismo año en que nació Newton. Fue el siglo en que Descartes, Bacon, Hobbes, Locke, Kepler, Pascal, Boyle, Spinoza, Leibniz, Huyghens, Napier, Pascal, Torricelli, Malebranche, Fludd, Grotius, Arnauld, Charron, Newton, Mersenne, Quevedo, Rubens, Racine, Purcell y Couperin desarrollaron su actividad creadora, y fue el siglo de Richelieu, Jan de Witt, Cromwell y la reina Cristina de Suecia. Descartes, Kepler, Napier, Huyghens, Hobbes, Spinoza, Pascal, Newton, Leibniz fueron estudiosos de las matemáticas, hicieron de ella un paradigma y un modelo del conocimiento, y algunos de ellos, como Descartes, Napier, Newton o Leibniz, contribuyeron de manera significativa a su desarrollo. Pero si las matemáticas fueron una fuerte influencia en la formación de las propuestas filosóficas de la modernidad, este impacto de las matemáticas en la cultura en general, y en la filosofía en particular, fue el resultado de un conjunto de acontecimientos relativamente recientes para el año 1600 y casi impensables un siglo antes, como lo dice Alfred Whitehead: «Durante este largo período [desde Pitágoras y Platón hasta el siglo XVII] las matemáticas nunca se recuperaron como elemento formativo en el desarrollo de la filosofía del abandono sufrido en manos de Aristóteles y la filosofía no recibió fresca inspiración de un avance firme de las ciencias matemáticas»[1].

Las matemáticas en los primeros siglos del milenio

Durante la mayor parte de la Edad Media las matemáticas fueron algo ajeno al interés de los sabios y aun de los técnicos, así como una fuente de tantas dificultades como lo es hoy para nuestros alumnos de bachillerato. Su participación en la vida de la gente era casi nula, a pesar de que aritmética, geometría, astronomía y música constituían el *quadrivium* de las siete artes liberales. De los

---

1 Whitehead, A.: *Science and the Modern World*, New American Library, Nueva York, 1962, p. 34.

diversos textos utilizados para la enseñanza, el más difundido y representativo fue *Originum sive etymologicarum libri viginti*, llamado usualmente *Etimologías*, de Isidoro de Sevilla (*ca* 560-635), que nos puede dar una buena medida del alcance del saber matemático. Aunque debemos agradecer el esfuerzo de Isidoro y otros enciclopedistas latinos por tratar de conservar algo de la antigua ciencia, que ya en el año 300 había alcanzado considerable jerarquía con los trabajos de Herón de Alejandría, Nicómaco, Teodosio, Menelao y Ptolomeo, Edward Grant dice respecto del apartado de las *Etimologías* dedicado a la aritmética: «Enfrentado a algo que es un poco más que una colección inconexa de definiciones inútiles, complementada por algunos ejemplos triviales, el lector de la sección de aritmética de Isidoro no podría sacarle provecho alguno»[2]. Y el mismo comentarista opina que el aporte en geometría era menor todavía.

Hacia mediados del siglo X, Gerberto de Auxerre (946-1003), que sería el papa Silvestre II, inició contactos a través de España para obtener algunos tratados árabes. Entre los primeros que logró figuraban uno sobre el ábaco y otro sobre el astrolabio, acerca de los cuales posteriormente escribió sendos tratados para introducirlos en Europa. Pero el nivel de las matemáticas se mantenía muy bajo, como lo muestra la famosa polémica entre Raginaldo de Colonia y Rodolfo de Lieja en 1025, desarrollada a lo largo de 8 cartas, en las que se plantearon una serie de problemas matemáticos. La discusión evidenció una total ignorancia de las matemáticas griegas y arábigas, un escaso conocimiento de la geometría y de sus demostraciones, así como un ínfimo conocimiento geográfico[3]. No cabe duda que las matemáticas no formaban parte del bagaje cultural de los personajes más encumbrados, y aun en los manuales de tecnología, como el *De diversis atribus* publicado alrededor de 1100, «se despreciaba sorprendentemente la capacidad de los números para asegurar precisión y exactitud y se utilizaban en su lugar expresiones como 'un poco más' o 'un trozo de tamaño mediano'»[4].

La situación comenzó a cambiar con la entrada de la ciencia griega y los comentarios árabes en la segunda mitad del siglo XII gracias, entre otras cosas, a la caída de Toledo en 1085 y la captura de Sicilia en 1091 que permitió a los cristianos acceder a una gran producción intelectual conservada en ambas

---

2 Grant, E.: *La ciencia física en la Edad Media*, FCE, México, 1983, p. 32.
3 *Ibid.*, p. 37.
4 Pratt, V.: *Thinking Machines*, Basil Blackwell, Oxford, 1987, p. 20 (traducción propia).

plazas, iniciándose un afiebrado proceso de traducción. Gerardo de Cremona (m. 1187) fue el más notable de los traductores del árabe al latín, y entre las obras que puso a disposición de los lectores de Europa (alrededor de 70 en total) se encuentran el *Almagesto* de Ptolomeo, la *Física*, la *Meteorología*, *Del Cielo*, *De la generación y la corrupción*, y los *Analíticos posteriores* de Aristóteles, el *Canon* de Avicena, los *Elementos* de Euclides y el *Algebra* de Al-Khwarizmi. Asimismo, otro personaje destacado en las labores de traducción fue el dominico flamenco Guillermo de Moerbecke (1215-1286), amigo de Tomás de Aquino y el más grande traductor del griego al latín, con casi 50 obras traducidas, que hacia 1269 vertió al latín casi toda la obra de Arquímedes y numerosos comentarios. Europa demoró todo el siglo XIII en absorber la gran masa de traducciones y recién en el siglo siguiente aparecieron las primeras elaboraciones propias con algunas innovaciones. Fue tal la magnitud de la irrupción de erudición que no exageramos al decir que la universidad nació y creció para digerir aquel caudal de conocimientos.

La fuente directa de donde proviene todo este material es el imperio árabe que se extendía desde España hasta la India y que había recopilado la sabiduría de todos los pueblos bajo su dominio, además de hacer aportes propios. Así, en el siglo VII, el sirio Severo Seboth ya había traducido a Aristóteles y es el primer escritor que menciona las cifras hindúes, que en el siglo siguiente verán acentuado su predominio con la traducción de los *Siddhanta*, una de las primeras obras hindúes vinculadas con las matemáticas que se tradujeron al árabe. Los árabes usaron tanto el sistema griego y judío de numeración por letras como el de cifras hindú hasta que desarrollaron el propio, basado en este último, y que se incorpora a Occidente y conocemos como *cifras arábigas*. Las primeras traducciones al árabe de las obras matemáticas griegas fueron las de Al-Haggag, que tradujo en Bagdad, hacia fines del siglo VIII, los *Elementos* de Euclides, pero la primera figura importante de la matemáticas musulmanas es Al-Khwarizmi a mediados del siglo IX, autor de una aritmética y de un escrito en 5 libros de matemática aplicada a la astronomía titulado en su versión latina *Liber ysagogarum Alchorismi in artem astronomicum a magistro A compositus*[5]. Al-Khwarizmi

5 La deformación de Al-Khwarizmi a Alchorismi será el origen del término algoritmo, y la A probablemente corresponda al traductor Adelardo de Bath.

contribuyó a la difusión de las cifras hindúes y al uso del cero al mostrar su utilidad en las cuatro operaciones elementales con números enteros y fracciones. El libro más importante de Al-Khwarizmi es *Hisab al-jabar wa-al-muqabala*, de no fácil traducción, en el que trata el problema de las ecuaciones cuadráticas, algunos temas geométricos y una colección de problemas[6]. Los trabajos de Al-Khwarizmi fueron perfeccionados por Abu Kamil en el siglo IX y X, y ambos tuvieron fuerte influencia en Fibonacci.

Puede decirse que entre los árabes no hay matemáticos puros sino que, ante todo, son astrónomos y entre sus contribuciones más importantes figuran la introducción y ampliación de las funciones circulares, así como el perfeccionamiento de sus tablas. Cabe mencionar a Al-Mahani, muerto en 874, que puso en ecuación el problema arquimediano de dividir una esfera en dos segmentos de razón dada, y Habash en el siglo IX, con Al-Battani y Abu-al-Wafa en el X, que contribuyeron a establecer las seis funciones circulares actualmente en uso[7]. Al-Battani desarrolló el teorema del coseno para triángulos esféricos y Abu-al-Wafa perfeccionó el método para construir una tabla de senos de hasta 9 decimales exactos, y escribió un libro de construcciones geométricas con compás que estuvo muy de moda en Europa varios siglos después.

Entre otros grandes matemáticos, o al menos entre quienes hicieron aportes a las matemáticas dado el carácter enciclopédico de los sabios árabes, merece mencionarse a Omar Khayyam, el poeta de las *Rubaiyat*, que hizo una clasificación completa de las ecuaciones de primero, segundo y tercer grado, resueltas aritméticamente las dos primeras y geométricamente por intersección de cónicas las de tercer grado. Con Omar Khayyam el álgebra árabe llega a su culminación[8]. También Ibn Sina (el Avicena latino) trató cuestiones aritméti-

---

6 En *Hisab al-jabar wa-al-muqabala* la expresión *al-jabar* corresponde al reordenamiento de los términos de una ecuación por pasaje de un miembro a otro, y es el origen de nuestra palabra *álgebra*. Todavía en el Quijote se usa *algebrista* para designar al que «reordena», recompone, los huesos descoyuntados.

7 El nombre hindú para el seno era el de cuerda, pero la palabra en sánscrito carecía de sentido para los árabes, por lo que la sustituyeron por la palabra árabe que se corresponde a pecho de mujer, traducida al latín como *sinus* de donde deriva nuestra expresión seno. La función seno aparece entre los árabes por primera vez en la obra de Al-Khwarizmi y las restantes probablemente en la obra de Maslama, hispanoárabe muerto en 1007.

8 Cfr. Rey Pastor, J. y J. Babini: *Historia de la matemática*, vol. I, Barcelona, Gedisa (1997), p. 171.

cas, como la «regla del 9»[9], Ibn Al-Haytham trató ecuaciones de cuarto grado que resuelve geométricamente, Jaber b. Aflah, Geber (aunque no se debe confundir con el alquimista) hizo importantes contribuciones en el campo de la trigonometría en el siglo XII. Este es el momento del despertar de la ciencia de Occidente, al par que el progresivo oscurecimiento de la ciencia árabe.

El esfuerzo que inició Gerberto de Auxerre dio sus frutos ya que, gracias a la difusión del ábaco, paulatinamente se fue ampliando el número de aquellos que pudieron acceder a la aritmética y a calcular con grandes números, así como a usarlos con velocidad. A mediados del siglo XII otra gran innovación se haría presente con la difusión en Europa de los números arábigos, planteándose una rivalidad entre los abaquistas y los algoristas que culminaría con la invención de la imprenta y la difusión masiva de números impreso,s que dio finalmente el triunfo a los algoristas. Entre los matemáticos que más contribuyeron al desarrollo de los algoritmos debe mencionarse a Leonardo Pisano, llamado Fibonacci (hijo de Bonaccio, que era el apellido del padre), autor de *Liber abaci* en 5 tomos publicado en Pisa en 1202 en el que, a pesar del título, se dedica a combatir el ábaco[10]. El acceso a textos teóricos y la posibilidad de mejores cálculos hicieron ganar a las matemáticas, a partir del siglo XIII, una aceptación de la que carecía en los dos primeros siglos del milenio[11]. Sin embargo, faltaba aún un factor decisivo para lograr su gran desarrollo y difusión: los grandes viajes de los siglos XV y XVI.

---

9 La Regla del 9 o de la expulsión de los 9 como la llama Avicena, dice: Todo número que, dividio por 9 da por rresto 1, 4 6 7, su cubo, dividido por 9, da siempre por resto 1.

10 Fibonacci fue uno de los más grandes matemáticos medievales. Propulsor del sistema de numeración decimal, en el primer tomo de su *Liber abaci* se refiere a las 9 cifras hindúes a las que recomienda agregar el 0, *zephirum*, del árabe *sifr*, que significa vacío y de donde deriva nuestra palabra cifra. En sus otros tomos trata de las operaciones con los números enteros, con fracciones, las reglas de tres simple y compuesta, problemas de progresiones como la del ajedrez, la suma de cuadrados, sistemas lineales de hasta 6 incógnitas, el problema que dio lugar a la sucesión recurrente llamada hoy de Fibonacci (1, 1, 2, 3, 5, 8, 13...), la extracción de raíces, y otros temas de geometría y álgebra. También escribió *Practica geometricae* en 1220 y *Liber quadratorum* en 1225, en el que aparece la solución de los problemas que le lanzó Juan de Palermo, de la corte de Federico II.

11 A Campano se le debe, en el siglo XIII, una traducción de la obra de Euclides que será impresa en 1482 con algunas mejoras.

La importancia de los grandes viajes

La aplicación de las matemáticas a la navegación ha sido probablemente el factor más importante en su desarrollo y lo que le permitió integrar el corazón de la revolución científica y del nacimiento de la modernidad. Podemos situar el inicio de los grandes viajes a finales del siglo XIII, con las travesías italianas de Vivaldi y Lancelloto Mallocello[12] que llegaron a las islas Canarias y a la costa africana, y su culminación con los viajes de Colón y su descubrimiento de América, de Vasco de Gama y su giro por el Cabo de Buena Esperanza, de Magallanes-Elcano alrededor del mundo. Sin duda que estas empresas movilizaron en muchos sentidos a todo Occidente y alteraron su desarrollo en todas las formas imaginables, desde el comercio que las motivaban, pasando por la fabricación de barcos hasta el punto que nos interesa destacar, que son los sistemas e instrumentos de navegación[13]. Basta citar que los registros de la Armada Real Británica en 1607 señalan 40 buques ingleses cruzando el Atlántico, y en 1695, 200 contando sólo los de más de 50 toneladas. Con los grandes viajes el mundo occidental daría un vuelco que trasformaría radicalmente toda su cultura.

Durante siglos se tomó a la Biblia casi como exclusivo fundamento de la imagen del mundo hasta que se conocieron las fuentes clásicas. El resultado de esta confluencia se refleja en el Medioevo cuando, incluyendo tanto concepciones grecorromanas como elementos bíblicos, se producen mapas abigarrados y fantásticos[14]. Sin embargo esto comienza a cambiar cuando en el siglo XIII aparecen los portulanos, mapas italianos y mallorquines en los que se reproducen con asombrosa fidelidad los accidentes físicos del Mediterráneo y la costa norte de África. Destinados a la navegación, en ellos se atendía principalmente y con cuidado la línea de la costa pero no detalles del interior del territorio. Era lo que se conoce como *cartas de marear*, que junto con la brújula, calamita o *bussola*, el astrolabio y el reloj de arena pasaron a constituir la dotación básica de los navegantes.

---

12 A Lancelloto Mallocello debe su nombre la isla Lanzarote de las llamadas Islas Afortunadas o Islas Canarias.

13 Cfr. Morales F: *Historia del descubrimiento y conquista de América*, Madrid, Editora Nacional, 1973, cap. I, pp. 11 y ss.

14 *Ib.*, p. 28.

El siglo XIV, incorporada toda la ciencia griega y árabe, ve aparecer con vigor *la ciencia de la esfera o cosmografía*, con su principio central de que la elevación del polo sobre el horizonte expresa el valor de la latitud del observador, que estará destinada a regir la navegación de altura, llamada por los catalanes *arte de navegar* y luego náutica, derivada de *nauchero* o *naochero*, los pilotos que la desarrollaron. Durante años la navegación se había mantenido pegada a las costas con la ayuda de las *cartas de marear*. Los marineros navegaban de promontorio a promontorio, casi sin instrumentos, apoyados en su experiencia y unas muy cotizadas y secretas guías que informaban de las señales más importantes, como accidentes en la costa, rocas sobresalientes, canales, mareas, profundidades y otras informaciones. Pero la presión comercial obligaba a ser más audaces y adentrarse en el mar para alcanzar nuevos mercados y fuentes de aprovisionamiento. Con la posibilidad de establecer la posición gracias a la referencia de la Estrella Polar y la latitud se facilitó alejarse de la costa. En el siglo XV el procedimiento era: a intervalos regulares, medidos con un reloj de arena, se tomaba nota de la dirección de marcha, la fuerza y dirección del viento, la velocidad del barco estimada a ojo, el estado del mar, la aparición de corrientes y las particulares maneras de conducirse el barco. Con todos estos datos se hacían estimaciones de la posición, no muy buenas por cierto, como lo reconocieron los marinos portugueses en cuanto se aventuraron por las costas de África y por ello, entre otras razones, su rey Enrique *El Navegante* habría de fundar una *Escuela de Náutica* que dirigió personalmente hasta 1460. Eran necesarios mejores puntos de referencia, que fueron progresivamente provistos por el desarrollo de la *cosmografía* ya que, gracias a la Estrella Polar y a la geometría de la esfera, se establecieron como principales referencias la longitud y la latitud para definir la posición relativa de un barco en cualquier punto de la superficie de la Tierra. Pronto comienzan a aparecer los primeros mapas con líneas de latitud y longitud.

Pero cuando a fines del siglo XV, en 1481, se cruza el ecuador, la Estrella Polar deja de ser útil para medir latitudes pues queda oculta desde el hemisferio sur, por lo que se tuvo que recurrir al Sol, midiendo su elevación al mediodía, aunque con un procedimiento más complicado que la simple medición ya que el plano en que gira el Sol no es el plano del ecuador y existe entre ambos el llamado ángulo de declinación, o declinación, que obliga a correcciones. Estas correcciones se debían realizar diariamente mediante complicados cálculos y con la ayuda de tablas, entre las que destacaron las portuguesas, en especial las provistas por el rey Juan II. Pero si el problema de medir la latitud se mostraba complicado, en nada se aproximaba a la complejidad de la determinación de la longitud, en especial luego de dar vuelta al cabo de Buena Esperanza en 1487 o para cruzar el Atlántico luego de 1492, ya que nada en el cielo permitía su determinación. La manera de medir longitudes era midiendo cuidadosamente la hora: puesto que el sol da un giro de 360º en 24 horas, estableciendo la diferencia horaria entre el mediodía en el puerto de partida y el mediodía en el barco se podía determinar la longitud. Pero para esto eran necesarios buenos relojes, excelentes relojes, de los que no se disponía, al punto que el problema no tuvo visos de solución hasta la invención del cronómetro marino en el siglo XVIII. El modo frecuente de navegar era buscar la latitud apropiada y luego cruzar el océano siguiendo el paralelo elegido hasta encontrar el meridiano deseado, lo que a todas luces implica una solución muy práctica en el papel pero de muy difícil realización en el mar, ya que era altamente dependiente de vientos y corrientes marinas.

El paso siguiente en esta pequeña historia de la solución a los problemas planteados por los grandes viajes, desde el punto de vista que nos interesa, fue la incorporación, desde mediados del siglo XV de la trigonometría al arte de navegar. Gracias a la trigonometría y sus funciones se pueden calcular los lados de triángulos semejantes y de esta manera se facilitaba el establecimiento de las posiciones de los barcos. Se iniciaba lo que podríamos llamar la navegación aritmética, y hacia fines del siglo XV se había desarrollado lo suficiente como para que Puerbach y Regiomontus[15] prepararan tablas con los valores de las funciones más significativas con fines de navegación[16]. Sin embargo, esto implicaba que los navegantes tenían que conocer trigonometría y aritmética con fluidez para poder realizar los correspondientes cálculos y dibujos, además de sus conocimientos de cosmografía y del manejo del instrumental. Pocos podían hacer todo esto, y para solucionarloen el siglo XVI se crearon los primeros

---

15 Cfr. Pratt, V: *Thinking Machines*, Oxford, Basil Blackwell, 1987, p. 32.

16 Regiomontus o Regiomontano es el autor del primer tratado de trigonometría de influencia duradera, el *De triangulis omnimodis*, en 5 tomos compuesto hacia 1464 e impreso en 1533. Cfr. Rey Pastor, J. y J. Babini: *Historia de la matemática*, vol. I, Barcelona, Gedisa (1997), p. 193.

colegios para la educación matemática de los navegantes, como el Gresham College en Inglaterra.

Mientras tanto los matemáticos se esforzaban en crear instrumentos que facilitaran el cálculo, lo que llamaríamos las primeras máquinas de calcular, de las que el ábaco había sido un pionero. El principio trigonométrico de que los lados de los triángulos similares guardan sus proporciones, se tradujo en un instrumento denominado sector, que consiste en una escuadra de carpintero con la hipotenusa suelta en un extremo y pivotando en el otro, de manera que pueda desplazarse a distintas medidas del cateto mayor. Galileo construyó un instrumento así en 1598 y fue adaptado por Edmund Gunter a la navegación, construyendo diferentes instrumentos con variadas escalas representativas de los diferentes tipos de problemas que involucraban proporciones, no ya solamente marineras: escalas de superficies, escalas de sólidos, escalas de cuerpos inscriptos, escalas de metales (para aleaciones), de cuadraturas, y otras[17]. El uso de la trigonometría, y su evidente utilidad, obligó a tener mejores representaciones bidimensionales del globo terrestre, y esta presión por mejores mapas fue resuelta por Mercator en 1569, al diseñar una nueva manera de proyectar la esfera en la superficie de un cilindro, que adquirió rápida popularidad. Pero la proyección de Mercator a su vez obligó a más cálculos pues en ella las escalas varían de punto a punto y lo hacen según la secante del ángulo de latitud, y sólo teniéndola en cuenta se pueden calcular distancias.

La solución de esta ingente cantidad de cálculos, que espero haber esbozado, se vio altamente facilitada por la invención del logaritmo por parte de John Napier, barón de Merchiston, en 1594, que transforma multiplicaciones y divisiones en sumas y restas, quien publicó sus primeras tablas en *Mirifici Logarithmorum Canonis Descriptio* en 1614. Los destinatarios de los esfuerzos de Napier eran los astrónomos, pero Henry Briggs, que había sido profesor del Gresham College, vio su potencial uso en la navegación para lo que cambió la base del cálculo a 10.[18] A su vez Napier había inventado un sistema de 12

---

17 *Ib.*, p. 34.

18 Cfr.: Rey Pastor, J. y J. Babini: *Historia de la matemática*, vol. II, Barcelona, Gedisa (1997), p. 13.: «Los actuales logaritmos decimales surgieron de una entrevista entre Napier y Briggs. Al insinuar Briggs la conveniencia de adoptar los logaritmos al sistema de numeración y tomar para ello la base 1/10 Napier replicó diciendo que ya había pensado en esa

cilindros con números grabados colocados en paralelo con lo que primero transformó una multiplicación en una suma gracias a los logaritmos y luego la suma en la manipulación de una máquina sencilla.

El logaritmo fue el paso final de la marcha de la navegación, de ser un arte de experimentados marinos a una ciencia tal como la conocemos hoy en día. Las necesidades de cálculo hicieron que se sucedieran los inventos para facilitarlos, y el más notable fue el que realizó Edmund Gunter, que había trabajado intensamente en el desarrollo del sector, quien junto con otro profesor de Gresham College inventó la regla de cálculo, llegando a fabricar una de 6 pies en 1624. William Oughtred complementó la idea haciendo una regla circular, es decir, un disco de cálculo. Tanto la regla como el disco de cálculo estuvieron en uso hasta la llegada de las calculadoras portátiles que hoy todos conocemos, hace sólo 25 años.

La navegación entonces fue la gran impulsora de las matemáticas y a su vez sentó la utilidad de la precisión en las medidas y, gracias a ello, el gran progreso de los viajes en cantidad y distancia, así como el consiguiente incremento de seguridad en vidas y mercaderías. Estas ventajas hicieron que esta conducta rápidamente se trasladara a otros quehaceres, concretamente a las obras de ingeniería que florecían por doquier, haciendo que las matemáticas y las mediciones justas se incorporaran a la construcción de puertos, de acueductos, diques, drenajes, edificios ambiciosos, jardines, juegos de agua. También las matemáticas pasaron a ser parte importante de la formación de los artilleros y fusileros en el cálculo preciso de los disparos de cañones y arcabuces, armas que se habían impuesto definitivamente en el siglo XVI. En la solución de estos problemas participaron insignes matemáticos como Tartaglia y Cardano en el

---

conveniencia, pero que aconsejaba tomar la base 10. Briggs se dedicó a la tarea de construir la tabla de acuerdo al nuevo sistema, y en 1624 aparecieron las tablas de los llamados también 'logaritmos de Briggs' con catorce cifras, de los números de 1 a 2.10^4 y de 0.10^4 a 10^5, donde ya aparece la palabra *característica* (la palabra *mantisa* fue utilizada por primera vez por Wallis en 1693)». Los números faltantes los completó el matemático y editor Adrian Vlacq en 1628. Se cuenta que durante la entrevista Napier-Briggs, que tuvo lugar en Edimburgo, hasta donde viajó Briggs, los dos personajes permanecieron los primeros 15 minutos contemplándose con admiración sin decir palabra, al cabo de los cuales Briggs dijo: «Mi señor, he emprendido este largo viaje con el propósito de ver a Ud. y conocer mediante qué rasgos de saber y de ingenio ha llegado Ud. a pensar en esa excelente ayuda para los astrónomos, es decir los logaritmos».

siglo XVI y más tarde Galileo, Euler y Newton en el siglo XVII. A su vez las matemáticas y el enorme provecho de sus cálculos ingresaban con grandes beneficios en la vida civil y de los estados a través del manejo de los problemas monetarios y de acuñación de moneda, de la manipulación de las cuentas de ganancias y pérdidas, en el cálculo de los intereses y en los impuestos que imponían los nacientes gobiernos estatales[19]. Precisamente, una de las principales aplicaciones de los logaritmos, en la versión de Briggs, fue el cálculo del interés compuesto, así como el desarrollo de los libros de contabilidad de doble entrada. En el siglo XVI se produjeron importantes olas inflacionarias y se dieron los primeros intentos de interpretación macroeconómica del fenómeno, como los de Juan Bodino en 1568, que a su vez permitirían los ensayos de planificación estatal de la economía del siglo siguiente, en especial en Francia[20]. Paralelamente, de la mano de Galileo Galilei, se introducían en la física los métodos experimentales y matemáticos, apoyados en observaciones, mediciones y algoritmos. Esta nueva física culmina con la identificación que hace Descartes del espacio físico con el geométrico y de lo material con la noción matemática de extensión, identificando las propiedades primarias de los cuerpos con propiedades matemáticas[21].

En pocas palabras, a comienzos del siglo XVII, las matemáticas entraban con vigor y eficiencia en la vida de la gente, pasando a ser un asunto cotidiano, hasta indispensable, que afectaba a todos los órdenes de la vida, habiendo perdido el carácter misterioso y esotérico de un par de siglos atrás. En este contexto es fácil de explicar la famosa afirmación de Galileo de que toda la creación es un libro escrito en lenguaje matemático. Con ello no sólo molestó a la iglesia romana sino señalaba que se abandonaba a Aristóteles, quien había sostenido que la matemática, aunque útil para definir las relaciones entre ciertos acontecimientos, no podía expresar la naturaleza esencial de las cosas y procesos

---

19 En 1494 apareció el primer tratado impreso de contabilidad por partida doble. Cfr. Kellenbenz, H.: *El desarrollo económico de la Europa continental* (1500-1750), México, Siglo XXI, 1978, p. 5.

20 *Ibid.*, pp. 195 y ss.

21 Cfr. Descartes, R.: *Los principios de la filosofía*, I, 53: «la extensión en largo, ancho y profundidad constituye la naturaleza de la sustancia corpórea».

físicos[22]. Y, como consecuencia, se iniciaba también el reemplazo en la ciencia de la lógica clasificatoria de Aristóteles por la medición.

La noción de representación

Pero hay algo más en las matemáticas que su utilidad práctica inmediata para calcular la posición de un barco en el medio del mar, o el mejor ángulo de disparo. Cuando nos enfrentamos con un cálculo de intereses, o de construcción, o de alimentos, los números toman el lugar del dinero, de los ladrillos o de la carne salada y, luego de operar con ellos, podemos volver a la acción con los resultados precisos de lo que hay que hacer y de lo que podemos esperar derivados de su cálculo. Los números toman el lugar de dinero, ladrillos, barcos, y la matemática permite que unos objetos, los números, tomen el lugar de otros a quienes representan y a los que se puede manipular operando con los primeros, sus representantes.

Aquí es donde cobra importancia una de las mayores contribuciones del Renacimiento a las matemáticas como es el desarrollo del álgebra. En la Edad Media hubo un pequeño avance del álgebra, como una técnica tendiente a resolver algunos problemas de la naciente economía del dinero. Pero las verdaderas innovaciones, a partir de las cuales el algebra deja de ser una colección de técnicas y se transforma en una disciplina que ha de tener un fulgurante progreso, son responsabilidad de Francisco Vieta[23], con quien nace la idea de tipos de ecuaciones, y quien transforma al álgebra en el estudio de las formas de la expresión matemática, abstracción hecha de cualquier número particular. Frente a lo que llamaba logística *numerosa*, centrada en los números Vieta proponía una nueva logística, la logística *speciosa*, abriendo la posibilidad del uso sistemático de las letras, letras vacías como las llamará Descartes, que permiten llenarse con cualquier contenido. Con ello se hace posible una nueva forma de pensar los números y, aunque no se tuviera claro en qué consistía su naturaleza, dejaron de considerarse como meras colecciones de cosas para adquirir una independencia que daría origen a logros como los números imaginarios creados por Alberto Girard a comienzos del siglo XVII. Durante la Edad Media los

---

22 Crombie, A. C. : *Historia de la ciencia*, t. 2, Madrid, Alianza Editorial, 1980, p. 121.

23 Vieta era un hombre de la corte, magistrado, y fue famoso por haber descifrado los mensajes secretos que el rey de España enviaba a sus ejércitos en Flandes.

números fueron pensados como colecciones, seguramente debido a la manera en que se realizaban las operaciones matemáticas. Como fácil es de ver en el ábaco, los cálculos matemáticos se realizaban mediante la manipulación de pequeños objetos, como lo señala el uso de la palabra *cálculo* para nombrar una operación matemática, que es la misma que se usa para piedra, como aún lo hacemos en expresiones como cálculo renal. Tanto el uso de los dedos, como el del ábaco o del rosario, identifican contar con contar objetos, y las sumas o restas eran agrupamientos de objetos. En cambio, cuando se introduce la numeración arábiga y sus algoritmos, las operaciones se realizan mediante marcas en un papel que representan esos objetos, y paulatinamente adquieren independencia. Este progresivo desplazamiento del cálculo, desde la manipulación de objetos hasta operar mediante signos, abrió la puerta para el uso de los números como representación y, posteriormente, al desarrollo del álgebra como la ciencia del análisis de las propiedades de las funciones de argumentos indeterminados.

En este desplazamiento Vieta debe haber aprovechado su experiencia como abogado, en donde era frecuente el uso de un nombre, Juan Pérez diríamos nosotros, para nombrar en forma genérica a cualquier persona no identificada a la que pudiera concernirle un asunto. Ese nombre, Juan Pérez, representaba a la persona independiente de que fuera conocida o no. Pareciera que Vieta transfirió esta noción de representación a los números. Pero además, amplió esa representación de los signos para usarla no sólo en el caso de un número individual sino también para un rango amplio de números. Claro es que esto, en parte, tampoco era nuevo, y en Euclides se encuentran ejemplos de este tipo. La novedad de Vieta estuvo en usar letras como símbolos no meramente como representantes de un número sino de una categoría completa de números con lo que, a la vez de generalizar el cálculo, permitía centrarse en la forma del cálculo y abría la posibilidad de pensar los números en condiciones no referenciales, así como en condiciones generales, trascendiendo cualquier conjunto particular de entidades, que es la base para la entrada en las matemáticas y en la lógica matemática, de la noción de variable[24] . Paralelamente Stevin[25]

---

24 Ver Whitehead, A.: *Science and the Modern World*, Nueva York, New American Library, 1962, p. 31 (traducción propia).

25 Stevin, en su *La Thiende* (en flamenco), introdujo los números decimales y propuso un sistema métrico decimal.

y Descartes optimizaban el simbolismo matemático con la notación de potencias e introducían los exponentes fraccionarios[26]. Descartes sería también el que completaría la idea de Vieta y Cardano de concebir a los objetos matemáticos como integrando una totalidad y no como miembros de clases irreductibles, al crear la *geometría analítica*, aunque con ayuda no reconocida de la obra de Nicolás de Oresme y la de Pierre Fermat[27]. Fue Descartes el que mostró todas las posibilidades de expresar los problemas geométricos en forma algebraica, dando origen a la primera de las nuevas ramas de las matemáticas nacidas en el siglo XVII[28]. La equivalencia entre una longitud y un número era algo que desde los griegos hasta Tartaglia, ningún matemático hubiera aceptado[29].

De esta manera las matemáticas iniciaban el camino para constituirse en un saber autónomo de gran precisión y certeza, del cual el mismo Descartes[30] esperaba que se pudieran lograr grandes cosas y que en el siglo XX le permitieron

---

26 Las contribuciones de Descartes al simbolismo se pueden resumir en: conoce pero no usa el 0 sino un símbolo parecido al actual de infinito; el uso de letras minúsculas; indica los datos conocidos con las primeras letras del alfabeto y las incógnitas con las últimas; el uso de los exponentes, excepto el cuadrado que repite el factor (quizás por razones tipográficas); introduce el símbolo de raíz anteponiendo una C si es cúbica; utiliza un asterisco cuando el coeficiente de un término en una ecuación es nulo. Cfr. Rey Pastor, J. y J. Babini: *Historia de la matemática*, vol. II, Barcelona, Gedisa (1997), p. 54.

27 El único escrito matemático que publicó Descartes, además de correspondencia y papeles póstumos, fue la *Geometría*, Adam y Tannery VI, p. 369, cuyo primer párrafo del Libro Primero titula *Cómo el cálculo de la aritmética se relaciona con las operaciones geométricas.* El recurso de Descartes, que elimina la diferencia esencial entre los elementos geométricos y los elementos algebraicos, es superar la limitación de las operaciones con segmentos que imponen su dimensión recurriendo a la idea simple del segmento unitario. Cfr. Rey Pastor, J. y J. Babini: *Historia de la matemática*, vol. II, Gedisa, Barcelona (1997), pp. 41-51.

28 Sin duda que la creación de la geometría analítica se funda en aquella concepción cartesiana expresada en la primera de sus *Reglas para la dirección del espíritu:* «Como todas las ciencias no son más que la sabiduría humana, que es siempre una y la misma por más que se aplique a diferentes objetos, como la luz del sol es una, por múltiples y diferentes que sean las cosas que ilumina». Adam y Tannery X, p. 360.

29 Cfr. Whitehead, A.: *Science and the Modern World*, Nueva York, New American Library, 1962, p. 120 (traducción propia).

30 Cfr. Descartes, R: *Discurso del método*, Primera Parte, Adam y Tannery VI, p. 7: «Sobre todo me gustaba la matemática por la certidumbre y evidencia de sus razones; pero todavía no advertía su verdadera utilidad y pensando que sólo servía para las artes mecánicas me asombraba de que siendo tan firmes y sólidos sus fundamentos no se hubiera construido sobre ellos nada más elevado».

decir a Alfred Whitehead que «La ciencia de las matemáticas puras, en su desarrollo moderno, puede aspirar a ser la creación más original del espíritu humano»[31]. Primero los números se constituyeron en representantes de lo numerado y luego, al independizarse de su representado, las matemáticas pudieron constituirse en un saber independiente y convertirse en la creación más original del espíritu humano que serviría para conformar una nueva imagen de mundo. Esta misma evolución habrían de seguir los otros ámbitos en los que la noción de representación, derivada del álgebra, sería utilizada, como en la palabra, que es el signo de nuestro pensamiento[32], o el soberano que representa a una *multitud* de hombres que se ponen efectivamente de acuerdo y pactan *cada uno con cada uno*, que a un cierto *hombre o asamblea de hombres* se le concederá por mayoría el *derecho a representar* la persona de todos ellos (es decir, el derecho a ser su *representante*)[33].

Como un ejemplo del efecto del desarrollo abstracto de las matemáticas en el conocimiento y la ciencia del siglo XVII, podemos apelar a la noción de *periodicidad*. Las nociones abstractas que conforman la noción de *periodicidad* habían sido elaboradas a partir de la trigonometría, de la que se tomaron las relaciones entre los ángulos y los lados de un triángulo rectángulo y, mediante la recién elaborada teoría del análisis de funciones obtenida del álgebra, su estudio se amplió al de funciones abstractas periódicas simples de las que estas relaciones trigonométricas son una instancia concreta de aplicación. Con la noción de periodicidad así desarrollada, Kepler estableció las leyes que vinculan los ejes de las órbitas planetarias con los períodos en los que describen sus órbitas, Galileo estudió el péndulo, Huyghens explicó la luz como vibraciones transversales periódicas del éter, Mersenne estudió el sonido del violín relacionando los períodos de vibración con la densidad, tensión y longitud de las cuerdas, y Newton explicó el sonido como vibración del aire debido a la perturbación del aire por el pasaje de ondas periódicas de condensación y rarefacción. Whitehead dice al respecto que *el nacimiento de la nueva física dependió de la aplicación de la idea abstracta de periodicidad a una variedad de instancias concretas*[34].

---

31 Whitehead, A.: *Science and the Modern World*, Nueva York, New American Library, 1962, p. 25 (traducción propia).

32 Hobbes, T.: *Leviatán*, I, 6.

33 *Ibid.*, I, 18 (destacado en el original).

34 *Ibid.*, p. 36.

Las matemáticas, el conocimiento y el pensar

El último elemento que hemos de considerar, para destacar el lugar tan preponderante que las matemáticas ocupan en el nacimiento del pensamiento moderno, es su contribución a cambiar la concepción heredada del conocimiento. Podríamos resumir que el conocimiento, tal como tradicionalmente se lo consideraba, consistía esencialmente en un *ver,* y el *ver* era la vía para aprehender la forma de las cosas, que se mostraban como directamente accesibles aunque, por supuesto, con todas la dificultades que puedan imaginarse. Las cosas parecen acercarse al sujeto que, al percibirlas, queda impresionado por ellas y así las conoce, como en la famosa imagen de la tablilla de cera que crearon Platón y Aristóteles. Este acceso directo a la cosa señalaba a su vez una inmersión del hombre en el mundo como uno más entre los entes que lo integran, formando parte de una totalidad de seres. Adquirir conocimiento era, en consecuencia, tratar de ver por nuestros medios lo que otros ya habían visto, y en todo este proceso no se consideraba prioritaria ni importante ni digna de consideración la adquisición de conocimiento nuevo, es decir, tratar de ver lo que nadie había visto. En todo caso, si hubiera nuevos conocimientos, éstos deberían surgir de la actividad de la razón operando sobre lo visto. Tomás de Aquino concibe el proceso racional como la capacidad de sentar ciertos principios, los primeros principios, a partir de los cuales se pueden derivar otros mediante la lógica y las matemáticas[35]. Estos principios primeros, y sus principios derivados, son los que establecen, en todo caso, la base de los nuevos descubrimientos o la medida con que se han de evaluar a los que aspiran a serlo[36]. Pero a partir del siglo XVI, o un poco antes, se despierta un interés por lo nuevo, por tratar de establecer las maneras de lograr nuevos saberes midiendo la valía de los principios precisamente por la capacidad para alcanzarlos, algo que tímidamente habían anticipado Abelardo y Roberto Grosseteste. Será la voz de Bacon en 1620 la que reclamará

---

35 Tomás de Aquino, *Summa teológica* ,I, A 79,8.

36 Francis Bacon caracteriza muy bien esta actitud a la que critica con ironía, diciendo en *La gran restauración,* Alianza Editorial, Madrid 1985, p. 57: «todos los que con anterioridad a nosotros se entregaron al descubrimiento de las ciencias, efectuada una breve mirada a las cosas, a los ejemplos y a la experiencia, inmediatamente —como si el descubrimiento no fuera otra cosa que un simple ejercicio de imaginación— invocaron a sus propios espíritus para recibir de ellos los oráculos».

como prioritaria la tarea del descubrimiento y reclamará que el conocimiento y las capacidades intelectuales se vuelquen a la tarea de cambiar al mundo mediante los descubrimientos[37].

Frente a esta inquietud por nuevos saberes, se produce un reacomodo en la lógica, que había brillado en la Edad Media, y que podemos resumir en tres posiciones centrales. Por un lado quienes despreciaban esta tarea descubridora, al par que asignaban a la lógica un papel central en la obtención del éxito personal, por lo que su enseñanza había perdido el rigor de antaño mezclándose con la *retórica,* posición que sirvió para que personajes como Petrus Ramus se hicieran muy famosos. Un segundo grupo se mantenía en la posición tradicional de que todos los elementos necesarios para los descubrimientos estaban en la correcta aplicación de la lógica. Y una tercera que, despreciando la lógica tal como la entendía el primer grupo y considerando inútil a la segunda, perseguían un nuevo método que permitiera el progreso del conocimiento. En este grupo encontraremos alineados los grandes filósofos del siglo XVII como Bacon, Locke, Descartes y científicos como Boyle[38].

Ahora bien, el fundamento para tal oposición a lo que podríamos llamar la tradición se fundaba en una nueva manera de concebir el pensar, que tenía una clara influencia de las matemáticas. En ese giro copernicano que constituye la *modernidad*, comenzando por Descartes y siguiendo con Hobbes, Locke y Leibniz, pensar se ha de identificar con tener representaciones ante la conciencia y poder establecer conexiones entre esas representaciones, abriendo la cuestión acerca de lo representado por esas representaciones[39]. Pensar no es concebido

---

37 *Ibid.*, p. 56, «todo lo que hasta el presente se ha descubierto en las artes y en las ciencias es de tal carácter que hubiera podido ser descubierto con el uso, la meditación, la observación y la argumentación, pues se trata de cosas muy cercanas a los sentidos y casi inmediatamente debajo de las nociones comunes. Para que sea posible a arribar a ámbitos más remotos y ocultos de la naturaleza se requiere necesariamente que se introduzca un uso mejor y más perfecto de la mente y del entendimiento humanos».

38 Cfr. Descartes, R: *Discurso del método*, Segunda Parte, Adam y Tannery VI, p. 17: «Pero al examinarlas noté que en cuanto a la lógica sus silogismos y la mayoría de sus demás instrucciones sirven más bien para explicar a otros las cosas que se sabe o incluso [...] para hablar sin juicio de las que se ignora, más que aprenderlas».

39 Locke, J.: *Ensayo sobre el entendimiento humano*, IV, 17: «lo que llamamos ilación o inferencia[función de la razón], y que no consiste en otra cosa que en la percepción de la

como un ver y quedar impresionado sino que pensar es operar con los contenidos inmanentes de la conciencia según reglas que le son propias y que hay que descubrir, como se descubrieron las estructuras y reglas que norman las relaciones entre los objetos matemáticos, como bien lo sienta Locke: *Desde el momento en que la mente, en todos sus pensamientos y razonamientos, no tiene ningún otro objeto inmediato que sus propias ideas, las cuales ella sola contempla o puede contemplar, resulta evidente que nuestro conocimiento está dirigido sólo a ellas...Creo que el conocimiento no es sino la percepción del acuerdo y la conexión, o del desacuerdo y el rechazo en cualesquiera de nuestras ideas*[40]. Hobbes resume esta perspectiva en forma radical cuando sostiene que pensar no es otra cosa que la suma y resta de palabras con las que significamos nuestros pensamientos: *Pues la razón, en este sentido, no es sino cálculo (esto es, adición y sustracción) de las consecuencias de los nombres generales convenidos para caracterizar y significar nuestros pensamientos*[41]. En ultima instancia, pensar es calcular, y así como se fabrican máquinas para calcular, se abre para el futuro la posibilidad de fabricar una máquina que piense, una inteligencia artificial.

Pensar y conocer dejan de centrarse en la percepción y se los concibe primariamente como un operar con los contenidos de la conciencia, sean que los llamemos representaciones, ideas, concepciones internas o palabras significativas, proceso en el que las otras facultades sólo tendrán un papel complementario[42]. Como en el caso de los números que, al separarse de lo numerado, permitió que los matemáticos iniciaran un proceso que independizó a las matemáticas del mundo hasta construir un universo propio, así el pensar se libera de su dependencia de los correlatos de lo pensado para concebirse como

---

conexión entre las ideas en cada paso de la deducción». Y en I, «Introducción», Locke define la *idea* como: «el objeto del entendimiento cuando un hombre piensa [...] aquello que se ocupa la mente cuando un hombre piensa». También Leibniz sostiene en *Of the mathematical determination of syllogistic forms:* «la parte de la lógica que trata con los modos y las figuras de los silogismos puede reducirse al rigor geométrico» (en Parkinson, G. H. R.: *Leibniz Logical Papers*, Oxford, Clarendon Press, 1966, p. 105)

40 Locke, J.: *Ensayo sobre el entendimiento humano*, IV, I, 1-2.

41 Hobbes, T.: *Leviatán*, I, 5 (destacado en el original).

42 Cfr. Descartes, R.: *Los principios de la filosofía*, I, 8.: «Con el término pensamiento entiendo todo lo que se produce en nosotros mientras estamos conscientes, en tanto tenemos conciencia de ello. Y así no sólo entender, querer, imaginar sino también sentir es lo mismo aquí que pensar».

las operaciones que pueden hacerse con los contenidos de la conciencia, la inspección de esas ideas o representaciones y su manipulación. En esa actividad tendrá su lugar la lógica, pero entendida ahora como la ciencia que estudia esas operaciones de la mente, aportando la claridad y sistematización necesaria a esos procesos, como bien lo dice Leibniz en su *Of the mathematical determination of syllogistic forms*:

> si se alaba a los hombres que han determinado el número de cuerpos regulares —que es algo que no tiene uso, excepto que es agradable de contemplar— y se piensa que es un ejercicio merecedor de un genio matemático haber sacado a la luz las más elegantes propiedades de un concoide o un sicoide, o alguna otra figura que raramente se usa, cuánto mejor será poner al razonamiento humano bajo leyes matemáticas, que es la cosa más útil y excelente que tenemos[43].

Queda abierta como interrogante la relación que puedan tener esas representaciones con lo que representan, con lo representado en esas representaciones. Pero al igual que con la utilidad de los números, en que lo numerado debe adaptarse al número iniciando una progresiva cuantificación de lo cualitativo[44], Kant concluirá que es lo representado lo que deberá adaptarse a la representación que lo representa, completando la gran inversión de la *modernidad* que la evolución del conocimiento matemático hizo posible y a la que le impuso su sello.

---

43 Parkinson, G. H. R.: *Leibniz Logical Papers*, Oxford, Clarendon Press, 1966, p. 105.

44 Cfr. Locke, J.: *Ensayo sobre el entendimiento humano*, IV, I, 26: «Por el color, la forma, el gusto y el olfato, y demás cualidades sensibles, tenemos ideas tan claras y distintas de la salvia y de la cicuta como las que tenemos de un círculo y un triángulo; pero como no tenemos ideas de las cualidades primarias particulares de las partículas de esas dos plantas, ni de otros cuerpos que podríamos aplicarles, no podríamos decir qué efectos podrían producir, ni, cuando llegamos a advertir esos efectos podemos adivinar, y menos todavía conocer, de qué manera se producen».