




DESARROLLO DE LA CULTURA

CAPÍTULO TRIGÉSIMO

Ciencias Exactas, Físicas y Naturales.

 A historia de las ciencias exactas, físicas y naturales, durante el último tercio del siglo décimo octavo y primera mitad del décimo-noveno, se caracteriza no sólo por el esplendor á que entonces llegan, sino por el rumbo esencialmente transcendental y filosófico que le imprimen sus grandes cultivadores, entre los que figuran la mayor parte de los científicos más geniales que ha tenido la humanidad. Esta es la época de las concepciones sintéticas, de las polémicas entusiastas, de los trabajos brillantes y sólidos á la par, en que se cultiva la ciencia por la ciencia, preparando el período moderno, menos esplendente, aunque más rico en pormenor, y en el que se desarrollan, á la vez que los principios, sus múltiples aplicaciones á la vida humana, como fruto sazonado de aquella grandiosa labor preparatoria.

El estado de la ciencia matemática era brillante al finalizar el siglo décimo-octavo. Bajo la influencia de John Bernouilli, el cálculo se había transformado en instrumento de valioso poder analítico y expresado con una admirable notación. La Mecánica, sin embargo, permaneció durante mucho tiempo en el estado que la había dejado el gran Newton, hasta que D'Alembert supo llevar á los resultados obtenidos por este sabio el lenguaje del cálculo diferencial. La gravitación universal, enunciada en los *Principios* del famoso mecánico, se aceptó como un hecho establecido, si bien los métodos geométricos que se empleaban para probarla eran difícilmente aplicables á los demás problemas análogos.

La primera mitad del siglo décimo-noveno dió matemáticos insignes, que hicieron adelantar enormemente la ciencia y crearon nuevos derroteros; pero si hemos de atendernos á la opinión de las mayores autoridades modernas, tres son las figuras que descuellan en dicho período y las tres francesas: Lagrange, Laplace y Legendre. En pocas palabras se puede dar su característica. José Luis Lagrange, sabio en realidad de la décimo-octava centuria, y el más grande de ella, aunque las más de sus obras aparecieron en el siguiente y murió en mil ochocientos trece, se distinguió por desarrollar con una incomparable genialidad el cálculo infinitesimal y la mecánica teórica en la forma que se conoce actualmente. Al mismo tiempo, Pedro Simón Laplace (mil setecientos cuarenta y nueve á mil ochocientos veintisiete), en quien con otros motivos volveremos á ocuparnos, hizo numerosas adiciones al «Cálculo infinitesimal», aplicándolo á la teoría de la gravitación universal, y creó el cálculo de probabilidades. Adriano María Legendre (mil setecientos cincuenta y dos á mil ochocientos treinta y tres) inventó el análisis armónico esférico y enriqueció la teoría de los números en una serie de trabajos que no llegó á terminar. Las obras de estas tres eminencias científicas han quedado como monumentos imperecederos, y á ellas se debe la creación de una escuela francesa de matemáticos, que produjo muchos hombres ilustres. Tomaron estos dos caminos de investigación: unos, como Poisson, autor, entre otros trabajos, de la «Teoría mecánica del calor», aparecida en mil ochocientos treinta y cinco, y Fourier, que escribió en mil ochocientos veintidós la «Teoría analítica del calor», se esforzaron en aplicar el análisis matemático á la Física; otros crearon la moderna Geometría, especialmente Monge, profesor de la Escuela politécnica, Carnot, de quien nuevamente hablaremos, y Poncelet, que dió la teoría de los polígonos. En rigor, muchos de los grandes matemáticos reputados como modernos son contemporáneos de aquellos maestros. Citaremos al famoso Gauss, natural de Brunswick, matemático, astrónomo y físico, uno de los verdaderos creadores del método analítico moderno, y al sabio noruego Abel, cuyo nombre ha quedado consagrado en la ciencia por un teorema, cuya importancia conocen bien los cultivadores de estos estudios.

Imposible nos es seguir por este camino recordando los nombres y principales trabajos de gran número de matemáticos ilustres, por lo extenso del asunto y, aún más, por su índole excesivamente técnica para las personas no familiarizadas con tan difícil ciencia. Nos bastará, por vía de síntesis, hacer una consideración de carácter general, que entendemos pondrá de relieve la importancia de la labor matemática efectuada en el período á que nos referimos.

La idea de lo infinito suscitó grandes y transcendentales discusiones entre los matemáticos del siglo décimo-octavo y principios del décimo-noveno, como que tiene inmediata relación con el análisis matemático. Cauchy, jefe en su tiempo de la escuela francesa, expuso sus ideas sobre este asunto en su «Curso de Análisis», publicado en mil ocho-

CAPILLA ALFONSIANA
BIBLIOTECA UNIVERSITARIA
U. A. N. E. I. I.

cientos veintiuno, y en varios de sus numerosos trabajos aparecidos en las «Memorias de la Academia de Ciencias de París», insistiendo en los conceptos fundamentales de la continuidad y en la teoría de las series, ideas que han adquirido notabilísimo desarrollo en nuestro tiempo. El cálculo infinitesimal, obra predilecta de la primera mitad del pasado siglo, además de la importancia que en sí tiene, ha contribuido poderosamente al adelanto de otras ciencias á que se ha aplicado, particularmente de la Astronomía, de la Mecánica y de la Física. Porque allí donde existe la ley de continuidad, donde pueda considerarse la idea de molécula, ó el concepto de elemento de energía, ó, en general, el uso de las variables con su verdadero carácter, tiene en seguida aplicación al cálculo diferencial, y más tarde á veces su inverso, el integral. Todas las ramas de la Matemática, desde las nociones de la Aritmética, están influidas por el elemento infinitesimal.

Aplicando los principios del Cálculo, consiguió Laplace producir el trabajo que quizás ha llamado más la atención, así de los sabios como de los meros curiosos, de cuantos se han escrito en los tiempos modernos. Nos referimos á la doctrina desarrollada en sus famosísimas obras «Exposición del sistema del mundo» y «Mecánica celeste». La primera, aparecida en mil setecientos noventa y seis, es una exposición general de los fenómenos siderales, con un sumario, desprovisto de detalles, referente á la historia de la Astronomía, en que se enuncia la hipótesis de que el sistema solar entero, como los demás, ha debido encontrarse en su origen en estado de nebulosa: dicho sistema surgió de una masa globular de gases incandescentes, girando en torno de un eje que atravesara el centro de su masa; contraíase á medida que se enfriaba, y por efecto de la contracción, se desprendían sucesivamente sus bordes en forma de anillos, y enfriándose estos también al mismo tiempo que giraban, acababan por condensarse, dando origen á los planetas, en tanto que el Sol, corazón del sistema, permanecía inmóvil. La moderna ciencia ha hecho varias correcciones á esta teoría y le ha opuesto muchas objeciones, que no vamos á exponer ahora. Lo esencial es que la teoría de Laplace, que en realidad había sido precedida por otra enteramente semejante concebida por Kaut en mil setecientos cincuenta y cinco, tuvo una inmensa resonancia, sorprendiendo al mundo culto por la grandiosidad de su concepción. La discusión analítica del sistema solar se encuentra expuesta en la «Mecánica celeste», publicada en cinco volúmenes, de mil setecientos noventa y nueve á mil ochocientos veinticinco, cuyos dos primeros contienen métodos para calcular los movimientos de los planetas, determinando sus figuras y resolviendo los problemas acerca de sus masas; el tercero y el cuarto se ocupan en la aplicación de estos métodos, conteniendo además muchas tablas astronómicas; el quinto, meramente histórico, va seguido de un apéndice en que figuran los resultados de las últimas investigaciones de Laplace, numerosas é interesantes, como nuevas comprobaciones de su doctrina.

Por el mismo tiempo, se realizaron muchos trabajos encaminados á esclarecer las

leyes de la estabilidad del conjunto de los planetas en medio de los movimientos de cada uno de ellos. Se planteó el problema de si en esta movilidad existe un germen de destrucción, y cuáles son las condiciones en que se basa la estabilidad de nuestro mundo planetario. Lagrange, Laplace y Poissón, demostraron que las desigualdades seculares son también oscilaciones, si bien comprendidas dentro de límites muy extensos. Lagrange descubrió una relación constante y sencilla entre las variaciones de las excentricidades y las inclinaciones de las órbitas, en un sistema planetario que gira en el mismo sentido alrededor de un cuerpo central; de modo que las excentricidades y las inclinaciones de cada órbita sólo experimentan alteraciones alternativas, que se compensarán por alteraciones en sentido contrario ocurridas en los elementos análogos de las otras órbitas. Laplace demostró después que, cualquiera que sea la masa de los planetas, por lo mismo que se mueven todos en el mismo sentido y en órbitas poco excéntricas y levemente inclinadas unas con respecto á otras, sus desigualdades seculares son periódicas y encerradas dentro de estrechos límites, de suerte que el sistema planetario no hace más que oscilar alrededor de un estado medio, del que no se separa nunca sino en muy pequeña cantidad. Lagrange y sus sucesores creían que este principio sólo era cierto á condición de que no hubiese grandes diferencias en las masas de los cuerpos planetarios del sistema; porque, en este caso, los elementos pertenecientes á los planetas más pequeños podrían crecer indefinidamente. Por esta razón dividían nuestro sistema en dos partes ó subsistencias: la primera comprendía los planetas de masa media, á saber: Mercurio, Venus, Tierra y Marte; el segundo, los grandes planetas Júpiter, Saturno, Urano, y hoy se incluiría Neptuno. En estos últimos se reconocen condiciones de estabilidad seguras y permanentes; pero no sucede lo mismo respecto de los otros, existiendo incertidumbres en punto á sus masas, particularmente en la de Mercurio, que no se escaparon á los astrónomos mencionados. En resolución, las leyes de la constitución dinámica de nuestro sistema solar fueron asunto de investigación cuidadosa por parte de los eminentes sabios de comienzos del siglo de que tratamos, los cuales veían bien clara la transcendencia del problema, sin darle, ni mucho menos, solución completa.

La índole de casi todas las investigaciones astronómicas en el período en cuestión son predominantemente mecánicas, siendo el cálculo matemático el instrumento puesto en juego para realizarlas: la Astronomía física, aunque no despreciada por aquellos sabios, carecía de los medios de investigación que más tarde se descubrieron, y de cuyos principales precedimientos y resultados hemos de tratar en breve, con ocasión de la historia de la Física, bien que sólo en su fase de iniciación. Como ejemplo de una cuestión de esta índole tratada por los astrónomos clásicos de principios del siglo décimo-noveno, citaremos la referente á las atmósferas planetarias. Laplace, inquiriendo la razón de que éstas no se desvanezcan en el espacio interplanetario, á pesar de la baja temperatura de las capas

superiores y su rarefacción, admitió que su estado físico estaba modificado de tal manera que su fuerza elástica era nula; Poissón especificó esta condición indispensable, mostrando que el equilibrio sería todavía posible con una densidad limitada muy considerable, con tal de que el fluido no fuera ya expansible; en fin, Biot, que ha resumido estas cuestiones, opina que las últimas capas atmosféricas no expansibles deben hallarse como un líquido no evaporable.

La determinación de la altura de nuestra atmósfera ha sido objeto de repetidas investigaciones; pero no se ha llegado más que á resultados probables. Se ha explicado el fenómeno del crepúsculo por la reflexión de los rayos luminosos en las últimas capas de la atmósfera cuando el sol está bajo el horizonte, y se ha determinado la amplitud del arco crepuscular y la altura del punto en que la reflexión se efectúa. De esta suerte Biot, admitiendo que el sol se halla 17° ó 18° debajo del horizonte cuando el crepúsculo aparece ó desaparece, calcula la altura del punto de reflexión, y por consecuencia de la atmósfera, en sesenta mil metros próximamente. Sin embargo, la incertidumbre de estas observaciones hace que en general se evalúe dicha altura entre sesenta ú ochenta mil metros.

En ningún ramo del saber humano los adelantos han sido más brillantes en el siglo pasado que en el campo de la Física. Los problemas que parecían insolubles, perseguidos por los filósofos de todos los tiempos, sobre la naturaleza del calor y la luz y sobre la relación íntima de todas las energías del mundo, han llegado en tan activo período á revelar sus misterios, constituyéndose una doctrina sencilla y grandiosa á la par, perfectamente comprobada, tanto por el cálculo como por la experimentación. Las concepciones sobre estas energías á fines del siglo décimo octavo y principios del décimo-noveno, no habían dado un paso respecto á las que profesaran los filósofos griegos; pues los supuestos admitidos entonces atribuyendo á una materia fluida la naturaleza del calor y la luz, admitiendo el calórico latente para explicar la producción del calor donde se realiza un trabajo mecánico ó químico y otras semejantes, eran un agregado informe de hipótesis abstractas, incapaces de sumarse en un cuerpo de doctrina.

La concepción unitaria de las energías naturales partió del estudio del calor, llegando á adquirir tal desenvolvimiento en nuestro tiempo, que constituye una *filosofía nueva*, como la ha calificado John Tyndall; porque las conexiones del agente llamado calor con todos los demás son tales, que de la investigación de éste ha surgido una gran síntesis de la energética entera. El célebre Montgolfier tuvo ya el pensamiento de la conexión que existía entre el calor y el trabajo mecánico, idea que fué desarrollada por su sobrino Seguin, en una obra sobre la «Influencia de los caminos de hierro», impresa en mil ochocientos treinta y nueve. Hay que reconocer que presentimientos claros de la misma doctrina se manifiestan en los escritos de algunos físicos del siglo décimo-octavo, y particu-

larmente en los del conde de Rumford, que combatió ya la hipótesis del calor latente, probando, de un modo teórico y práctico, que el producido en los trabajos de perforación no podía explicarse de semejante modo. Pero el docto que primeramente concibió clara y diáfana la equivalencia entre el trabajo y el calor y que llegó en esta vía á las más atrevidas concepciones, fué un médico, el doctor Mayer, de Heilbronn, pequeña ciudad de Alemania. Mayer formuló de un modo preciso la relación íntima y rigurosa que liga el calor y el trabajo, bajo la denominación ya consagrada por el uso de *equivalente mecánico del calor*, y más tarde trató de determinar éste numéricamente. Por su parte, Juhu, en Inglaterra, descubrió, de mil ochocientos cuarenta y tres á mil ochocientos cuarenta y nueve, una serie de experiencias, fruto de muchos años de trabajo, sobre el electromagnetismo, encaminadas también á determinar numéricamente el valor mecánico del calor, coincidiendo con notable aproximación con los resultados obtenidos por otro camino en mil ochocientos cuarenta y dos por el citado doctor Mayer. A estos dos grandes investigadores debe concederse, en justicia, lugar preeminente en la historia de la ciencia, sin tratar de compararlos entre sí; pues cada uno, desde un punto de vista distinto y con tendencias diferentes, según sus caracteres y educación intelectual, ha contribuido al concepto sintético que hoy poseemos de las grandes energías naturales. Sadi Carnot, posteriormente á la publicación de su célebre obra sobre el poder motor del fuego (mil ochocientos veinticuatro), no sólo imaginó también que el calor era una forma de movimiento, sino que, antes que ningún otro físico, determinó experimentalmente su equivalente mecánico, que fijó en el número trescientos setenta. En esta dirección, Hees, en sus estudios de termodinámica, mil ochocientos cuarenta; Faraday, en sus experiencias termoeléctricas del mismo año, Moho, en un notable opúsculo sobre la naturaleza del calor, de mil ochocientos treinta y siete, y, en fin, el insigne Mayer, en diversas publicaciones, proclaman la imposibilidad del movimiento perpetuo, la ley de la conservación de la fuerza en el mundo y la indestructibilidad de la materia.

Sólo hacemos aquí mérito de los trabajos fundamentales y en que se llega á las consecuencias filosóficas de mayor alcance, porque ni el espacio de que disponemos ni la ocasión es abonada para entrar en detalles históricos, que pedirían amplio desarrollo para ser expuestos; más bien se comprende que aquellas síntesis implican un rico cortejo de investigaciones auxiliares, en que se empleó fructíferamente el talento de muchos físicos. Recordaremos, por vía de ejemplo, las experiencias de Despretz sobre la conductibilidad diferente de los metales, de mil ochocientos veintisiete, y otras en que probó que los líquidos poseen un poder de conducción real, aunque muy débil; las de Molloni sobre la propagación del calor, que disminuye en intensidad en razón inversa del cuadrado de la distancia; las del mismo referentes á la diatérmana ó transparencia de los cuerpos por el calor, y otras muchas, cuya sola enunciación sería demasiado larga.