


Mujeres de ciencia

Sophie Germain Marie Curie Lise Meitner Emmy Noether


$$D = \frac{1}{c} \frac{1}{l} \frac{dl}{dt} = \frac{1}{c} \frac{1}{P} \frac{dP}{dt}$$
$$D^2 = \frac{1}{P^2} \frac{P_0 - P}{P} \sim \frac{1}{P^2}$$
$$D^2 = \frac{KG}{3} \frac{P_0 - P}{P_0} \sim \dots$$
$$D^2 \sim 10^{-33}$$
$$\dots \sim 10^{-26}$$
$$P \sim 10^8 \text{ g. y}$$
$$t \sim 10^{10} (10^{11}) \text{ y}$$
$$E = mc^2$$

Prólogo de
Clara Grima

RBA

© del prólogo: Clara Grima, 2019.

© del texto Sophie Germain: una innovadora en la teoría de los números: Clara Grima y Alberto Márquez, 2016.

© del texto Marie Curie: la radioactividad y los elementos: Adela Muñoz Páez, 2012.

© del texto Lise Meitner: la fisión nuclear: Roger Corcho Orrit, 2013.

© del texto Emmy Noether: la creación del álgebra abstracta: Antonio Jesús López Moreno, 2017.

© de las fotografías de Sophie Germain: una innovadora en la teoría de los números: Album: 55; Archivo RBA: 30, 33, 35ai, 35ad, 35b, 37, 43, 50, 57, 63, 65a, 69, 84, 91, 92, 97, 101, 103ai, 103ad, 103bi, 103bd, 113, 115, 116, 137, 139ai, 139ad, 139bd, 151, 157ai, 157ad, 157bi; Central Intelligence Agency (CIA): 133; Miek Messerschmidt: 139bi; Arad Mojtahedi: 79; C. J. Mozzochi, Princeton, N.J.: 99; Rodrigo Tetsuo Argenton: 65b; Bert Seghers: 157bd.

© de las fotografías de Marie Curie: la radioactividad y los elementos: Aci Online: 177ai, 177b, 185a, 185bd, 207b, 259, 273ai, 289ai, 289ad, 289bi, 289bd; Album: 247, 251ad, 270; Archivo RBA: 177ad, 178, 251b, 273b, 292; Getty Images: 248, 251ai, 273ad; Museo Curie, Archivos Curie & Joliot-Curie: 185bi, 207a, 210; Universidad de Manchester: 233.

© de las fotografías de Lise Meitner: la fisión nuclear: Age Fotostock: 313a, 403a; Archivo de la Universidad de Leipzig: 420; Archivo RBA: 328a, 328b, 334, 351, 369, 374; Archivos Federales de Alemania: 313bd; Archivos Nacionales de Estados Unidos: 365bd, 391; Biblioteca Nacional de Medicina de Estados Unidos: 339ai; Churchill College, Camdridge: 339; Corbis: 413, 425b; Paul Ehrenfest/Instituto Danés de Cinematografía: 365bi; Fundación Nobel: 309; Getty Images: 339b, 364a, 403b, 425a, 415; Ferdinand Schmutzer/Museo de Historia de Berna: 415; Smithsonian Institution: 313bi; The Ultimate Science Fair Projects Resource: 337; James E. Westcott/Museo Americano de Ciencia y Energía: 418.

© de las fotografías de Emmy Noether: la creación del álgebra abstracta: Album: 571ad; Archivo RBA: 457, 462, 473, 496, 499i, 499d, 509a, 571ai, 572, 575, 577; Natascha Artin: 561a; Bundesarchiv: 571b; Bundesarchiv/P. Loescher y Petsch: 473ad; Jürg-Peter Hug: 563; Konrad Jacobs: 534; Janericloebe: 450; 123RF: 473, 509, 561b.

Infografías: Joan Pejoan.

Diseño de cubierta: Elsa Suárez.

© RBA Coleccionables, S.A.

© de esta edición: RBA Libros, S.A., 2019.

Avda. Diagonal, 189 - 08018 Barcelona.

www.rbalibros.com

Primera edición: marzo de 2019.

REF.: RPRA517
ISBN: 9788491873693

Queda rigurosamente prohibida sin autorización por escrito del editor cualquier forma de reproducción, distribución, comunicación pública o transformación de esta obra, que será sometida a las sanciones establecidas por la ley. Pueden dirigirse a Cedro Español de Derechos Reprográficos, www.cedro.org) si necesitan fotocopiar o escanear algún fragmento de esta obra (www.conlicencia.com; 91 702 19 70 / 93 272 04 47). Todos los derechos reservados.

Índice

Prólogo, por Clara Grima

Sophie Germain: una innovadora en la teoría de los números

Introducción

Primeros años en un París revolucionario

Teoría de números

El premio de la Academia de las Ciencias

Vuelta a la teoría de números

Filosofía y psicología

Últimos años

El legado de Sophie Germain

Marie Curie: la radioactividad y los elementos

Introducción

Una polaca en París

Polonio y radio

Gloria y tragedia

La vida sin Pierre

Lise Meitner: la fisión nuclear

Introducción

Un paseo por la nieve

La radiactividad

El descubrimiento de elementos radiactivos

La fisión nuclear

La reacción en cadena

Emmy Noether: la creación del álgebra abstracta

Introducción

Una mujer entre dos mundos

De la «cacería de invariantes» al sueño de Gotinga

Los anillos «noetherianos» y el método que revolucionó el álgebra

Un adiós en la cumbre de las matemáticas

Bibliografía

Álbum fotográfico

Prólogo

por

CLARA GRIMA

Que la ciencia es la mano que mece el progreso de la humanidad, es algo que no debería ser necesario recordar a estas alturas del siglo XXI. La investigación científica es uno de los pilares fundamentales sobre los que construiremos nuestro bienestar futuro, y para esa tarea no podemos despreciar ningún aporte; necesitamos la ayuda de todos.

Por desgracia, como reflejo indudable de la sociedad, tradicionalmente se ha venido marginando a la mitad de la población: las mujeres. Hoy en día todo parece dominado por la economía y ésta, en buena medida, es impulsada por el desarrollo científico y tecnológico. Así las cosas, parece absurdo que se infrutilice a la mitad de los recursos disponibles de uno de los bienes más importantes a la hora de generar riqueza: el cerebro humano. Nadie se plantea que una fábrica con gran demanda de su producción autolimita ésta a la mitad sin ningún motivo real u objetivo. Sin embargo, en ciencia y tecnología esto ha sido la norma durante siglos. Y, aunque cada vez en menor medida, se sigue haciendo en la actualidad.

Una forma simple de contrastar lo dicho en las líneas anteriores consiste en pedir en cualquier encuesta que se nombre a algún científico. Difícilmente encontraremos entre las respuestas nombres de mujeres, con la posible excepción de Madame Curie. A veces, mis amigos físicos se quejan de que cuando dicen que lo son la gente les responda con la frase manida de «mira, como Einstein» o «mira, como Stephen Hawking». Yo les respondo que más triste es que, como me ocurre a mí, cuando digo que soy matemática mis interlocutores se queden en un «mira, como...» sin que les venga a la cabeza el nombre de una matemática de la historia.

Los referentes son necesarios. Por muchas razones. Por justicia histórica, por supuesto, y para que sirvan de eso, de referentes, a futuras generaciones de mujeres que quieran dedicar su vida al maravilloso y apasionante mundo de la investigación científica.

Aunque solo fuera por esta razón, estas cuatro biografías son casi eso: una necesidad, una deuda. Pero es que, además, las vidas y las obras de estas cuatro mujeres, de estas cuatro científicas, son apasionantes en sí mismas. De todas ellas podemos extraer grandes enseñanzas. Para ello, sus aportaciones científicas se tratan con un lenguaje riguroso y comprensible, cosa que no abunda incluso en muchas de las biografías de científicos más conocidas, en las que se suele incidir, principalmente en datos biográficos sin entrar en detalle en sus aportaciones intelectuales.

Con este libro, podemos adentrarnos en el tiempo, en la vida y en la obra de cuatro grandes mujeres. Entre el nacimiento de la primera, Sophie Germain, 1776, año de la Declaración de independencia de Estados Unidos y la muerte de la última, Lise Meitner en 1968, han transcurrido dos siglos que han visto muchos cambios a

todos los niveles, tanto políticos, como sociales o científicos. Los acontecimientos que rodearon a estas cuatro mujeres fueron de capital importancia en sus vidas: la Revolución francesa y la época napoleónica en el caso de Sophie Germain, la ocupación de Polonia por parte del Imperio ruso y la Primera Guerra Mundial para Marie Curie, el nazismo tanto para Emmy Noether como para Lise Meitner y la Segunda Guerra Mundial, en el caso de esta última, marcaron el mundo en el que les tocó vivir y desarrollar su ciencia.

Confío en que el lector, a estas alturas, haya abandonado la lectura de este prólogo abalanzándose sobre la primera parte del libro para saber sobre la vida, la obra y la sociedad en la que vivió Sophie Germain. Pero para los más rigurosos o remisos creo que toca glosar cada una de las figuras que quedan recogidas en esta selección.

Sophie Germain nació en París, en 1776, en el seno de una familia burguesa. Vivió su niñez y adolescencia durante la Revolución francesa, y para refugiarse de la inseguridad de las calles optó por la tranquilidad de la nutrida biblioteca familiar. Allí descubrió su amor por las matemáticas y decidió dedicar el resto de su vida a estudiarlas. Naturalmente, el camino no iba a ser fácil: la universidad le estaba vedada a las mujeres y tuvo que contar siempre con el apoyo de compañeros generosos, en primer lugar de alumnos que le proporcionaron las notas de clase de ilustres profesores, posteriormente, mediante la vía epistolar, con estos últimos, con los que, para disimular su condición femenina, usaba el seudónimo de Monsieur Le Blanc. Con dicho nombre consiguió cartearse, propagando así algunos de sus logros, con los matemáticos más conocidos de su época, hasta llegar a Carl Friedrich Gauss. Sus estudios no se limitaron a la Teoría de Números sino

que participó y llegó a conseguir el prestigioso Premio de la Academia de Ciencias con su estudio sobre vibraciones.

La segunda de las biografiadas, en orden cronológico, es la más conocida de todas, la primera mujer en conseguir un Nobel, y la primera persona en conseguir dos galardones: Marie Curie, nacida en Varsovia en 1867. En cada una de las páginas de su biografía descubrimos facetas que no son fáciles de encontrar en otros textos. Por favor, no deje el lector de leer la introducción y no podrá parar hasta haber concluido el resto del perfil en el que viajará desde el descubrimiento de los primeros fenómenos radiactivos y la síntesis de elementos químicos, hasta llegar a comprender qué eran dichos fenómenos, encontrando así el núcleo atómico y las partículas que lo constituyen. Todo ello acompañada por Émile Zola y los hermanos Lumière, en el marco de un efervescente París en los comienzos del siglo xx, hasta llegar a la ruptura de la Gran Guerra en la que la Curie se involucró muy activamente.

La tercera de nuestras científicas es Lise Meitner (Viena, 1878). Una mujer que, a pesar de su origen judío, lideró un grupo de científicos en la Alemania nazi que realizó un descubrimiento fundamental: en los experimentos que había realizado poco antes el italiano Enrico Fermi bombardeando uranio con neutrones, no se había obtenido un nuevo elemento, sino que había fisionado el núcleo de uranio en dos núcleos menores. Ella fue la primera en observar la fisión nuclear en un estudio tan importante que mereció el premio Nobel. Aunque, curiosamente, en la academia prefirieron dárselo a su colega Otto Hahn. En un mundo de hombres su entusiasmo y persistencia hicieron que se acabase convirtiendo en una figura de primer nivel en el campo de la Física Nuclear.

Por último, pero no menos interesante es la figura de Emmy Noether, nacida en Baviera en 1882. Fue considerada por muchos la mujer más importante en la historia de las matemáticas. Revolucionó por completo el campo de las estructuras algebraicas, no solo dando fundamento y definiendo rigurosamente algunas de dichas estructuras, sino mostrando su conexión con otros campos como la física. A pesar de ello, por su condición de mujer, siempre se le negó la posibilidad de un puesto digno en la universidad. Emmy Noether fue, sin duda, una de las mentes más brillantes del siglo xx. Fue quien nos enseñó una nueva forma de entender nuestro universo: nos mostró que todo es simetría. La física actual no tendría sentido sin la participación de Noether para clarificar puntos esenciales de nuestro entendimiento de los fenómenos físicos. Ahora, el aroma de Noether impregna todos los rincones de las teorías físicas de vanguardia y reinterpreta las teorías clásicas desde Newton hasta nuestros días.

Como he dicho anteriormente, solo las vidas de estas cuatro mujeres ya fueron apasionantes, pero es que además sus aportaciones contribuyeron a mecer la cuna de la Ciencia y lo hicieron en un mundo que no estaba preparado aún para rendirse a su evidente talento científico. Disfruten la lectura y no se priven de compartir estas fascinantes historias en cualquier sobremesa. Es de justicia.

CLARA GRIMA
Doctora en matemáticas y divulgadora

Sophie Germain

Una innovadora en la teoría de los números

Introducción

Entre finales del siglo XVIII y principios del XIX Francia sufrió numerosas transformaciones: desde la monarquía de Luis XVI hasta la Revolución para desembocar en el gobierno de Napoleón y la vuelta a la monarquía. En el campo de las ciencias o, más general, de las ideas, también los cambios fueron notables. Gran parte de lo ocurrido en este terreno es el producto de la *Enciclopedia* de D'Alembert y Diderot editada entre 1751 y 1772. La burguesía de dicho país fue en gran medida la responsable de todas esas transformaciones y la beneficiaria de ellas. Mejor dicho, los miembros masculinos de la burguesía fueron los protagonistas de todo. Sin embargo, en el seno de una de dichas familias burguesas, en el París de 1776 nació una mujer que durante toda su vida lucharía por ser valorada según sus méritos y no por su condición.

Efectivamente, el día 1 de abril de 1776 nació Sophie Germain, a la que muchos consideran la primera mujer de la historia que realizó investigaciones matemáticas originales, ya que las anteriores féminas interesadas por las matemáticas se dedicaron, principalmente, a su estudio

o enseñanza. Pero para ello hubo de superar numerosas dificultades.

Sophie Germain contó con la ventaja de que su casa albergaba una espléndida biblioteca donde se encontraba el libro *Histoire des mathématiques* (*Historia de las matemáticas*) de Montucla y este fue el primer contacto de la matemática con la disciplina. Se cuenta que la historia de la muerte de Arquímedes a manos de un soldado romano que se puede encontrar en esta obra marcó profundamente a la joven, que se había refugiado en la biblioteca de su padre para evitar las calles durante los disturbios que acompañaron a la Revolución (tenía ella trece años cuando estalló la Revolución francesa). Sophie se preguntaba cómo podía ser una disciplina tan interesante como para hacer que alguien como Arquímedes estuviera tan absorto en ella que le condujera a su muerte y, por ello, decidió que merecía la pena dedicarse a su estudio.

Para dicho estudio empezó con algunos de los libros que estaban en su biblioteca familiar y parece ser que se dedicó a ello con tanto ahínco que sus padres, preocupados, le prohibieron o le limitaron las horas de lectura. Posteriormente tuvo acceso a las notas que algunos profesores proporcionaban a sus alumnos de la Escuela Politécnica (creada cuando Sophie Germain tenía dieciocho años) ya que ella, por su condición de mujer, tenía vedado el acceso a las aulas. A raíz de dichas notas empezó a relacionarse con algunos de los matemáticos más importantes de la época; primero, y principalmente, por vía epistolar y en algunas ocasiones a través de visitas que gestionaba su madre.

En sus cartas, empleaba un nombre masculino, Monsieur Le Blanc, del que se sabe realmente poco y no se tienen los detalles precisos de su relación con Sophie

Germain, para intentar que se le abrieran algunas puertas que estaban cerradas para todas las mujeres. Poco a poco fue labrándose un nombre entre la comunidad científica y llegó a cartearse con Carl Friedrich Gauss, considerado el matemático más importante de la época y uno de los más decisivos en toda la historia de las matemáticas.

Pero no se limitó a relacionarse con otros matemáticos; ya en sus primeras cartas con ellos les exponía el fruto de sus estudios y la solución de algunos problemas. Naturalmente, al estar inclinada hacia la investigación, se planteó retos en este sentido y durante años estuvo embarcada en intentar ganar uno de los premios especiales que la Academia de Ciencias proponía. Así, en 1811 Germain participó en un concurso de la Academia para explicar los fundamentos matemáticos de los patrones que el músico y matemático alemán Ernst Chladni había obtenido al hacer vibrar distintas placas. Después de ser rechazada por dos veces y tras muchas vicisitudes, en 1816 ganó el concurso, lo que la convirtió en la primera mujer en conseguirlo. Realmente, eran tantas las dificultades, que también fue la primera en intentarlo. Sin embargo, no fue invitada a la ceremonia de entrega del premio ya que ninguna mujer que no fuera esposa de un académico podía asistir a las sesiones de la Academia. En el caso de Sophie Germain, esto se solucionó a raíz de su amistad con Joseph Fourier, quien cuando fue elegido secretario permanente de la Academia, una de las primeras gestiones que realizó fue enviarle una carta para que Sophie pudiera estar presente, como invitada, en todas las reuniones de la Academia.

Con respecto a sus aportaciones matemáticas, se pueden agrupar en dos categorías: las relacionadas con el premio de la Academia y aquellas que tienen que ver con la teoría de números. Su trabajo sobre elasticidad comenzó en

1809 y contó con el apoyo y el asesoramiento de Legendre. Sin embargo, Germain no tenía los conocimientos suficientes para desarrollar con rigurosidad toda la maquinaria necesaria para resolver el problema de interpretar matemáticamente los patrones de vibración que se habían observado en las demostraciones de Chladni, y su primer intento fue rechazado en 1811 ya que no justificaba cómo se llegaba a las ecuaciones que proponía. Cabe destacar que uno de los académicos, Lagrange, usando algunas de las ideas de ese trabajo, consiguió dar una ecuación válida que predecía los patrones. A partir de la ecuación de Lagrange, Sophie Germain elaboró su segundo intento, que tampoco consiguió el premio pero que corregía algunos de los errores de la primera memoria y mostraba predicciones acerca del comportamiento de placas vibrantes que se vieron cumplidas. Finalmente, en su tercer intento, en 1816, la Academia le concedió el premio especial. Sin embargo, en contra de lo que había ocurrido con otros premios, la Academia no publicó su obra y lo tuvo que hacer ella a sus expensas cinco años más tarde. A lo largo de dicho trabajo, lo que destaca es la relación que encuentra entre las fuerzas involucradas para devolver una placa o una superficie elástica a su estado de reposo original con la curvatura de la superficie. Para ello, introdujo el concepto de «curvatura media», que aún hoy en día se sigue estudiando y que tiene una gran importancia en problemas de optimización.

Sus trabajos en teoría de números empiezan con la lectura del libro de Adrien-Marie Legendre *Ensayo sobre la teoría de números*, publicado en 1798 (aunque ella ya conocía la disciplina pero de una forma mucho más superficial), y, sobre todo, a raíz de la publicación de la obra de Carl Friedrich Gauss *Disquisitiones arithmeticae*,

que llegó a sus manos en 1801. En principio se limitó a realizar los ejercicios que se proponían en dicho libro y a intentar demostraciones alternativas a algunos de los resultados y que no siempre eran válidas. Posteriormente, demostró algunos resultados relativamente menores en teoría de residuos, los restos de las divisiones enteras. Pero tras conseguir el premio de la Academia de Ciencias, volvió a algunas de las ideas que había apuntado antes y desarrolló un plan para intentar probar el último teorema de Fermat, que es uno de los grandes problemas de la matemática, que llevó de cabeza a numerosos matemáticos durante más de 350 años. Fue conjeturado por Pierre de Fermat en 1637 y dice que $x^n + y^n = z^n$ no tiene soluciones enteras en x , y y z para n mayor o igual a 3. Hasta el intento de Sophie Germain, lo único que se habían conseguido eran demostraciones parciales para unos cuantos, muy pocos, exponentes particulares (los casos interesantes aparecen cuando n es primo) y nadie había propuesto ni siquiera algún plan para intentar conseguir una demostración general. La primera propuesta en este sentido la realizó esta matemática francesa y partía de la base de intentar encontrar unos primos auxiliares para cada primo. Aunque la propia Sophie Germain vio que no para todos los primos existían dichos primos auxiliares, su razonamiento era válido para todos los primos que los tuvieran. Tras el trabajo de Germain, fue necesario que pasaran casi otros doscientos años para que un matemático británico, Andrew Wiles, diera una demostración correcta y completa del último teorema de Fermat utilizando técnicas y conceptos que no existían, en absoluto, en la época de Germain y mucho menos en la de Fermat.

Al margen de esos avances, las propuestas de Germain permitieron profundizar en un campo, como es el estudio

de los primos, que aún hoy en día sigue presentando muchas incógnitas y que ha probado su gran actualidad al ser muy utilizados en los sistemas criptográficos actuales.

Desde dos años antes de su muerte, Sophie Germain fue consciente del advenimiento de esta al serle diagnosticado un cáncer de mama y, muy característico de ella, aun admitiendo que la ciencia del momento no podía hacer nada por sanarla ni casi por aliviar los terribles dolores que la acechaban, se dedicó a tratar de poner en orden los trabajos y pensamientos que había ido acumulando a lo largo de su existencia. Gracias a esa labor, también ha llegado hasta nuestros días una obra fuera de las matemáticas y que se podría decir que está enmarcada entre la filosofía de la ciencia y la psicología. Curiosamente, durante parte del siglo XIX, este fue el trabajo más conocido de Sophie por parte del público no especialista.

Murió el 25 de junio de 1831 a los cincuenta y cinco años de edad. Y puede considerarse como eje fundamental de su vida la lucha por ser considerada una persona y por ser valorada por sus méritos independientemente de su sexo. Desgraciadamente, aunque la mujer fue ocupando poco a poco parcelas de igualdad con respecto al hombre, es posible decir que todavía se presentan numerosas injusticias, que los hombres y las mujeres siguen siendo juzgados en muchas ocasiones más por su procedencia, el color de su piel o su sexo. Sigue haciendo falta más gente como Sophie Germain.

No tuvo la vida que quiso, pero luchó por ella y ese combate se vio recompensado con algunos éxitos de los que no solo ella se benefició. Pero, como la misma Sophie Germain escribió: «No hay duda de que la felicidad del sabio desagrada a los malvados; el espectáculo de la paz

perturba su alma agitada, como la vista de un buen día
entristece al desgraciado que no lo disfruta».

CRONOLOGÍA

- 1776** El 1 de abril nace en París en el seno de una familia burguesa Marie-Sophie Germain.
- 1789** El 14 de julio estalla la Revolución francesa. Sophie Germain se refugia en la biblioteca de su padre y comienza sus estudios en matemáticas.
- 1794** Se funda la Escuela Politécnica y, aunque Sophie Germain tiene prohibido el acceso a sus aulas por ser mujer, se hace con las notas de algunos de los profesores.
- 1795** Comienza la correspondencia de Sophie Germain con Joseph-Louis Lagrange, en la que le plantea sus avances en matemáticas.
- 1803** Comienza la correspondencia de Germain con Carl Friedrich Gauss, quien había publicado años antes sus *Disquisitiones arithmeticae*.
- 1809** Se convoca el premio especial de la Academia de Ciencias sobre la vibración de superficies elásticas.
- 1811** Sophie Germain entrega la primera memoria para el premio de la Academia de Ciencias, que queda desierto y se prorroga dos años más.
- 1813** Sophie intenta, por segunda vez, conseguir el premio de la Academia de Ciencias.
- 1816** Gana el premio de la Academia de Ciencias, por su tercer trabajo en la vibración de superficies elásticas. Es la primera mujer que lo consigue.
- 1816** Vuelve a sus estudios en teoría de números, especialmente en el último teorema de Fermat.
- 1823** Se le permite asistir, como invitada, a las sesiones de la Academia de Ciencias de París.
- 1829** Le diagnostican un cáncer de mama.
- 1830** Publica sus últimos trabajos: una recopilación sus logros en la

vibración de superficies elásticas y sobre las soluciones enteras de una ecuación.

- 1831** En mayo escribe su último texto: una carta al matemático italiano Guglielmo Libri. El 27 de junio muere en París a la edad de cincuenta y cinco años.
- 1833** Se publica la primera edición póstuma de sus escritos filosóficos, recuperados por su sobrino Armand Lherbette.

Primeros años en un París revolucionario

El 4 de julio de 1776 fue el día de la proclamación de la independencia de Estados Unidos. Francia había sido derrotada poco antes por los británicos en la guerra de los Siete Años, así que, tras la Declaración de Independencia, el movimiento separatista estadounidense fue bien recibido en Francia. Aunque el soporte del pueblo llano podría pensarse como más natural, no deja de ser paradójico que la aristocracia, en un grave error de cálculo que posiblemente le costaría la vida a muchos de sus miembros, también lo apoyara. Naturalmente, desde Estados Unidos, la alianza con una nación poderosa como Francia fue considerada una prioridad y así Benjamin Franklin (1706-1790), uno de los padres fundadores de Estados Unidos, fue nombrado embajador en París al final de ese mismo año. Pero un poco antes, durante la primavera de 1776, había llegado ayuda material y financiera a los rebeldes desde el otro lado del Atlántico. En definitiva, y en ello radica el error de cálculo de la aristocracia francesa, la revolución americana sirvió como un estímulo a las propias aspiraciones de los descontentos con el régimen imperante

en Francia y fue uno de los principios de los acontecimientos que acaecerían trece años después.

Durante la primavera de 1776, más concretamente el 1 de abril, nacía Marie-Sophie Germain, la segunda hija de Ambroise-François Germain y Marie-Madelaine. El padre de Sophie era un comerciante de sedas y otros tejidos, aunque algunas fuentes lo señalan también como joyero, y poseía un establecimiento en la Rue Saint Denis, cerca del cruce con la Rue des Lombards. La Rue Saint Denis, aunque en esa época era la calle que usaban los reyes para entrar triunfalmente en la ciudad, desde la Edad Media hasta nuestros días se ha caracterizado por albergar toda forma de negocio relacionado con el sexo, por lo que no podía ser considerada una zona totalmente noble, aunque sí muy céntrica y propicia para los comercios. En el mismo edificio en el que tenía Ambroise su tienda vivía la familia, entonces compuesta por el matrimonio y la mayor de las hermanas de Sophie, nacida el 20 de mayo de 1770 y llamada Marie-Madelaine igual que su madre. Tres años después del nacimiento de Sophie vino al mundo la última de las hermanas, Angelique-Ambroise.

Así pues, Sophie Germain nació en el ámbito de una familia de la burguesía acomodada y culta, clase social que desempeñó un papel protagonista en la historia de Francia durante toda la vida de la matemática. Además, aunque había una cierta diferencia de edad entre las tres hermanas, se puede afirmar que la vida más o menos convencional de las otras dos permitió a Sophie dedicarse en cuerpo y alma a su gran pasión: las matemáticas. Debido a que los matrimonios de sus hermanas mejoraron la economía familiar, que nunca fue mala, Sophie no tuvo necesidad de trabajar. La hermana mayor, Marie-Madelaine, se casó con el notario Charles Lherbette. Fruto

de este matrimonio nació Armand, el 16 de septiembre de 1791, quien estuvo muy ligado con su tía Sophie. La menor de las hermanas, Angelique-Ambroise, tuvo dos matrimonios, ambos con doctores. Su primer marido, René-Claude Geoffroy, tenía una amplia y selecta clientela y ello hizo que disfrutaran de una posición muy acomodada que, junto con la situación de su hermana mayor, repercutió en la de sus padres y en Sophie. Así, en 1798 la familia se trasladó al número 23 de la Rue Sainte-Croix de la Bretonnerie, a una casa muy cercana a la anterior aunque todavía relativamente modesta, pero más amplia y en una calle más tranquila. Finalmente Sophie y sus padres tuvieron otra mudanza y en 1816 se instalaron en la gran mansión en la que vivían Angelique-Ambroise y su familia, en el número 4 de la Rue de Braque.

DESCUBRIMIENTO DE LAS MATEMÁTICAS

Todos estos cambios tuvieron lugar cuando Sophie ya era adulta, así que su niñez y su juventud se desarrollaron en el ambiente mucho más modesto del piso situado encima de la tienda de su padre, quien tenía una gran pasión por todo lo que significara la cultura, como tantos de los de su clase. La razón de esa fascinación hay que localizarla en la *Enciclopedia* del matemático Jean le Rond D'Alembert (1717-1783) y el filósofo Denis Diderot (1713-1754). Esta obra, que empezó a aparecer en 1751 y se concluyó en 1772, ejerció una influencia tremenda sobre la burguesía francesa ya que su propósito fue reunir y difundir los frutos del conocimiento acumulados hasta entonces y, además, exponer la ideología laicista, pragmática y materialista que

sentaría la base ideológica de la Revolución. Uno de los editores principales de la *Enciclopedia* fue D'Alembert, que era uno de los matemáticos más destacados de su época, por lo cual esa disciplina se consideraba parte fundamental del bagaje cultural en toda familia burguesa. Así, es sabido que en la biblioteca de Ambroise-François Germain había varios textos matemáticos y entre ellos destacaban el *Cours de mathématiques à l'usage des gardes du pavillon et de la marine* (*Cursos de matemáticas para el uso de la los guardias del pabellón y de la marina*) de Étienne Bézout (1730-1783), publicado a partir de 1766 e *Histoire des mathématiques* de Jean-Étienne Montucla (1725-1799), que se editó en 1758. El primero de ellos fue el producto del nombramiento de Bézout como profesor del cuerpo de artillería y constaba de varios tomos que contenían buena parte del conocimiento matemático de la época. Tanto es así que se llegó a convertir en el principal libro de referencia para los candidatos a ingresar en la prestigiosa Escuela Politécnica. Pero no menos interesante era el libro de Montucla, que era una de las obras más notables del siglo XVIII por la amplitud y profundidad de los temas tratados, así como por la claridad y la precisión con la que eran discutidos, tanto las aplicaciones como la partes más abstractas.

Parece ser que en el libro de Montucla, Sophie leyó una de las historias que más profunda huella le dejaría, la de Arquímedes de Siracusa, que se relata de este modo:

Tal era la pasión de Arquímedes por estas ciencias (matemáticas y mecánica) que se olvidaría de la comida y la bebida, sus siervos tendrían que recordárselas y casi tendrían que obligarlo a satisfacer estas necesidades humanas. Ni siquiera la confusión de la invasión romana de Siracusa podía distraerlo de sus estudios favoritos. Todo ello le ocasionó la muerte, ya que un soldado romano no atendió las órdenes de proteger su

vida cuando Arquímedes fue insolente con él, abstraído como estaba, con unos cálculos geométricos.

Se dice que Sophie, impresionada con esta historia, quiso aprender esa disciplina que había apasionado tanto a un gran hombre como Arquímedes hasta llevarlo a la muerte. La misma anécdota hizo temer a la matemática que Carl Friedrich Gauss (1777-1855) corriera la misma suerte cuando el ejército napoleónico invadió Prusia y ello motivó que usara sus influencias para tratar de preservar la integridad del ilustre matemático alemán.

IDENTIDAD DE BÉZOUT

Étienne Bézout fue un matemático prestigioso que legó para la posteridad varios resultados que aún se siguen utilizando, como la «identidad de Bézout», que figura en su *Cours de mathématiques à l'usage des gardes du pavillon et de la marine*, uno de los primeros libros que estudió Sophie. En dicho resultado se afirma que si a y b son números enteros diferentes de cero con máximo común divisor d , entonces existen enteros x e y tales que

$$ax + by = d.$$

Aunque la identidad toma el nombre de Étienne Bézout, este lo que hizo fue generalizar para polinomios en una variable dicho resultado que ya aparecía en la obra de otro matemático francés, Claude-Gaspard Bachet (1581-1638), más de un siglo antes. Sin embargo, la de Bézout no ha sido la última de las generalizaciones del resultado de Bachet y, por ejemplo, el llamado «teorema de los ceros de Hilbert» (*Hilbertsche Nullstellensatz*, en alemán), del prestigioso matemático David Hilbert (1862-1943), puede ser considerado también como una generalización a cualquier número de polinomios con varias indeterminadas del resultado de Bézout. Aunque el teorema de Hilbert suele ser enmarcado como una generalización del teorema fundamental del álgebra y de otro resultado de Bézout (conocido como «teorema de Bézout»), también es verdad que admite un enunciado (y demostración) que sustenta una afirmación que generaliza la identidad de Bézout. En particular,

si se tienen n polinomios sin soluciones en común, el *Nullstellensatz* afirma que el 1 es un elemento de la estructura algebraica que genera dichos polinomios.

Sin embargo, parece ser que la familia de Sophie no aprobaba totalmente su entusiasmo por el estudio de las matemáticas. En una de las fuentes sobre su vida a las que más verosimilitud se da, un obituario escrito por el matemático italiano y amigo suyo Guglielmo Libri (1803-1869), se describe esta situación:

[...] superó todos los obstáculos con los que su familia trató primero de impedir un gusto tan extraordinario para su edad, no menos que para su sexo, levantándose por la noche en una habitación tan fría que la tinta a menudo se helaba en el tintero, trabajando cubierta de mantas bajo la luz de una lámpara, incluso cuando, para obligarla a descansar, sus padres habían apagado el fuego y le habían quitado su ropa y las velas de la habitación.

Todo ello se producía a pesar de que Sophie había nacido en el mejor de los ambientes posibles: una familia burguesa cultivada, con un padre liberal y en cuya casa se respiraba el ambiente de cambio debido al paso por ella de numerosos filósofos y economistas que departían con su padre.

REVOLUCIÓN FRANCESA

Un suceso que marcó completamente la vida de Sophie Germain fue la Revolución francesa. Los antecedentes ideológicos de dicho movimiento hay que buscarlos a partir de 1751 en un grupo de filósofos franceses, los «enciclopedistas», cuyos pensamientos y enseñanzas

contribuyeron a minar los cimientos del Derecho Divino en el que se sustentaban los reyes. Ello motivó que la corriente de pensamiento que se impuso en Francia fuese «la Ilustración», cuyos principios se basaban en la razón, la igualdad y la libertad. Este movimiento había servido de impulso a las Trece Colonias norteamericanas para la independencia de su metrópolis europea coincidiendo con el nacimiento de Sophie. Tanto la influencia de la Ilustración como el ejemplo de Estados Unidos sirvieron de «trampolín» ideológico para el inicio de la revolución en Francia, que tuvo sus cimientos en la burguesía acomodada como Ambroise-François Germain, muy implicado políticamente. Por su casa pasaron algunos de los protagonistas de la época que impulsarían los cambios que iban a suceder.

Tanto se involucró su padre en política, que fue elegido miembro de la llamada «Asamblea Nacional» (en francés, *Assemblée nationale*). Esta fue una institución enmarcada en la Revolución francesa, justo previa a ella, que existió desde el 17 de junio de 1789 hasta el 9 de julio de ese mismo año. La toma de la Bastilla, usada como una prisión estatal por los reyes de Francia, fue el 14 de julio de 1789 y se considera la fecha clave de la Revolución. A pesar de su corta duración, se la considera un precedente fundamental de todo lo que vendría posteriormente, ya que por primera vez el pueblo, o buena parte de él, representado en la Asamblea Nacional plantó cara al rey. Cabe destacar el «juramento del juego de pelota», un compromiso en el que los miembros de la Asamblea prometieron no separarse y reunirse, cualesquiera que fueran las circunstancias, hasta que la Constitución del reino estuviera establecida y fundada sobre base firme. Fueron 576 diputados, entre los

que se encontraba Ambroise-François Germain, los que firmaron el juramento, y solo uno rehusó hacerlo.

Posteriormente, el padre de Sophie volvería a ser elegido miembro del Parlamento, más concretamente de la «Convención Nacional» (en francés, *Convention Nationale*). Esta cámara, formada desde el 19 de septiembre de 1792 hasta el 30 de octubre de 1795, llegó a concentrar los poderes, tanto legislativo como ejecutivo, aunque este último pasó en septiembre de 1793 a manos del «Comité de Salvación Pública» (en francés, *Comité de salut public*, entendiendo «*salut*» en su significado latino de «salvación») que acabó implantando la época conocida como «el Terror». Dicho período se caracterizó por una brutal represión, la cual motivó cierta psicosis de peligro e incertidumbre entre gran parte de la población francesa y, más concretamente, la parisina.

Es evidente que la época que le tocó vivir a Sophie Germain marcó profundamente su vida, y existen tres factores que conviene destacar. Por una parte, ser miembro de una familia culta, burguesa y acomodada le permitió tener acceso a algunos de los textos más actualizados sobre matemática y física. Por otra parte, la misma Revolución que empezó cuando Sophie tenía trece años, pero sobre todo la época del Terror, cuando ella ya había cumplido los diecisiete, hicieron aconsejable una cierta reclusión en su casa que fomentó sus estudios. Y, por último, su condición de mujer supuso un freno terrible contra el que hubo de luchar toda su vida.

ESCUELA POLITÉCNICA Y MONSIEUR LE BLANC

Así pues, la formación de Sophie Germain fue totalmente autodidacta y tras la lectura de los libros de Bézout y Montucla, estudió otros textos. Entre ellos destaca *Leçons de calcul différentiel et de calcul intégral* (*Lecciones de cálculo diferencial y de cálculo integral*), del matemático Jacques Antoine Joseph Cousin (1739-1800). Este libro, al igual que ocurría con el de Bézout, es fruto del trabajo de Cousin como instructor en la Escuela Militar de París, donde ejercía de profesor de Matemáticas desde 1769. Posiblemente el padre de Sophie tuvo algún contacto con Cousin, que también estuvo involucrado en labores políticas y fue encarcelado durante la época del Terror. Esto significó que Cousin fuera uno de los primeros matemáticos con los que Sophie se encontró en persona, ya que se sabe que fue a visitarla a su casa para animarla a continuar con sus estudios.

Uno de los muchos ejemplos de la fuerza de voluntad y del afán de instruirse de Sophie Germain es que, después de leer los libros mencionados, se animó a aprender latín y griego, cosa que hizo también de forma autodidacta y en relativamente poco tiempo. Decidió estudiarlos porque estos idiomas, sobre todo el latín, eran los de difusión de la ciencia en su época. Una vez dominadas ambas lenguas, también afrontó la lectura de algunas obras de Isaac Newton (1643-1727) o Leonhard Euler (1707-1783). Ambos son considerados dos de las tres cumbres de las matemáticas, junto con Carl Friederich Gauss.

UN CALENDARIO PARA UNA REVOLUCIÓN

El calendario republicano francés (*Calendrier républicain*, en francés) es un calendario propuesto durante la Revolución francesa y