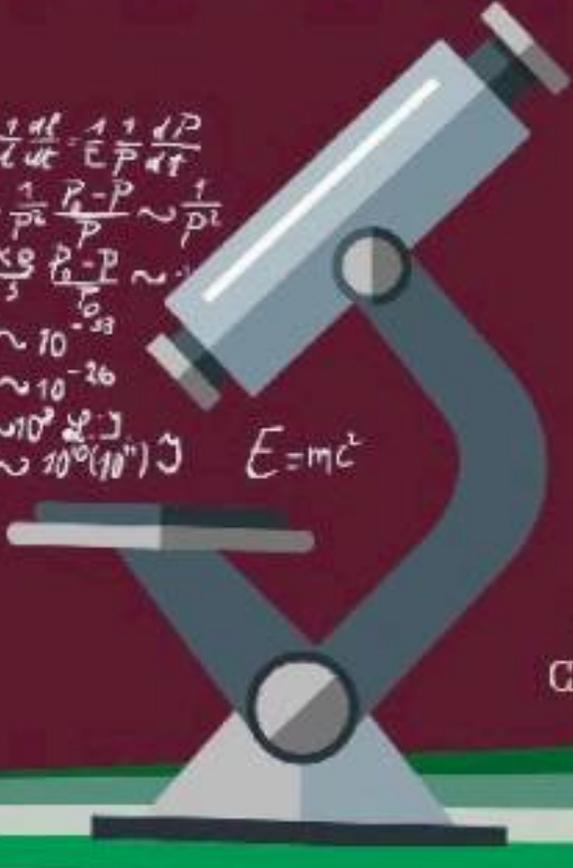


Mujeres de ciencia

Sophie Germain · Marie Curie · Lise Meitner · Emmy Noether


$$D = \frac{1}{c} \frac{d\lambda}{d\lambda} = \frac{1}{E} \frac{dP}{dP}$$
$$D^2 = \frac{1}{p^2} \frac{p_0 - p}{p} \sim \frac{1}{p^2}$$
$$D^2 \sim \frac{K^2}{\lambda^2} \frac{p_0 - p}{p} \sim \frac{1}{\lambda^2}$$
$$D^2 \sim 10^{-33}$$
$$\lambda \sim 10^{-26}$$
$$p \sim 10^9 \text{ kg} \cdot \text{m} / \text{s}$$
$$h \sim 10^{30} (10^{31}) \text{ J} \quad E = mc^2$$

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, Cambridge: 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 aconte-

cimientos 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 matemáti-*

cas) 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 llega-

ba 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