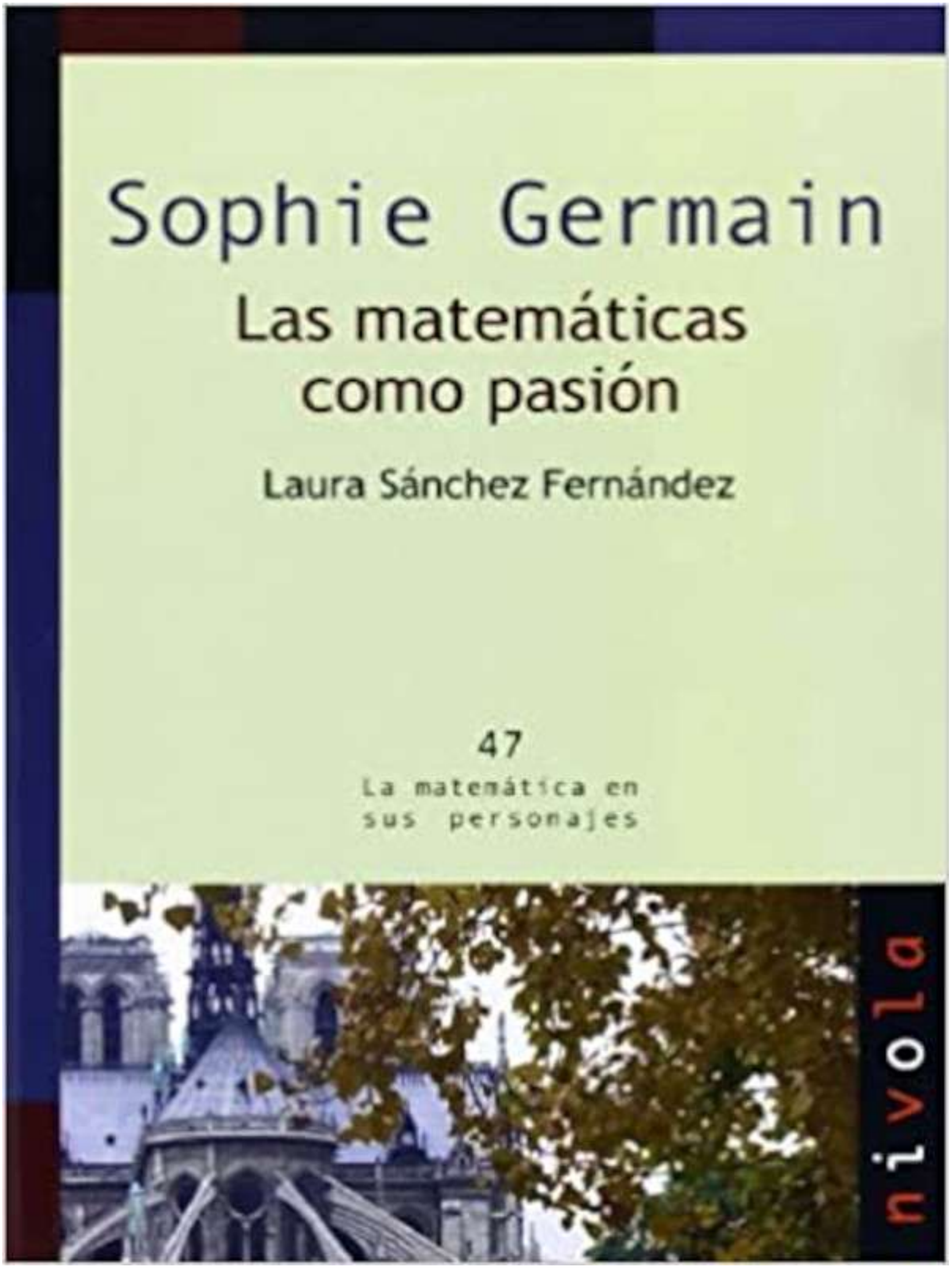

Sophie Germain
Las matemáticas
como pasión
Laura Sánchez Fernández
47
La matemática en
sus personajes
nivola

Reseña

Sophie Germain no es un personaje anecdótico en la historia de las matemáticas. Con sus errores y aciertos, como los de cualquier investigador, hizo valiosas aportaciones al desarrollo de esta ciencia, que convirtió en su pasión. Se podría escribir de ella como científica, sin más, igualándola a sus colegas de la época, como Lagrange, Legendre o Fourier, en cuyas biografías nadie se detiene a recalcar su género. Estoy segura de que Sophie hubiese deseado que no hubiese que señalar constantemente que fue una mujer. Querría decir que tuvo a su alcance todo aquello de lo que gozaron sus colegas: acceso a una formación, respeto por sus resultados y ausencia de paternalismo. Pero la realidad fue muy distinta. Como cualquier persona, fue fruto de sus circunstancias. No tuvo problemas por el dinero o por el color de su piel, los tuvo por ser mujer.

Índice

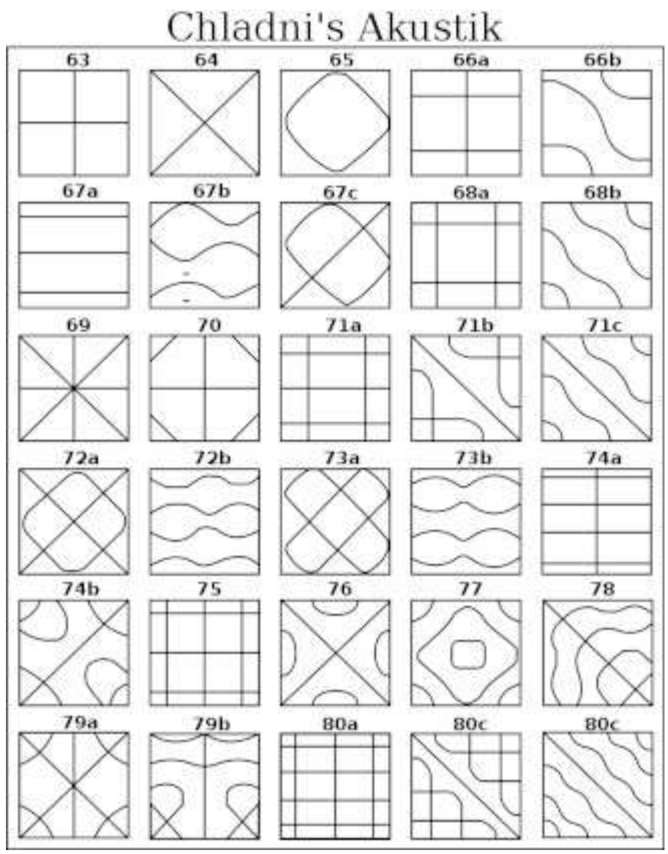
Introducción

Todo conocimiento abstracto, todo conocimiento que sea árido, advierto que se debe dejar a la trabajadora y sólida mente del hombre. "Por esta razón", que es razonada en profundidad, "las mujeres nunca aprenderán geometría".

Griffin, citando a Imrnanuel Kant

Este libro trata de la vida y la obra de la matemática Sophie Germain, conocida por un teorema, por ganar un premio de la Academia de Ciencias francesa y por ocultarse tras el seudónimo de Antoine-Auguste Le Blanc. Sophie Germain pertenece a la historia de las matemáticas por derecho, no como un personaje anecdótico del que se puedan nombrar un par de cosas. Obtuvo resultados certeros e hizo contribuciones algo menos rigurosas o inexactas, pero gracias a las cuales permitió que otros vislumbraran el camino correcto. Con sus errores y aciertos, como los de cualquier investigador, hizo valiosas aportaciones al desarrollo de la ciencia que convirtió en su pasión, las matemáticas.

Desarrolló su trabajo en dos áreas, y esta ha sido la razón de la división de este libro, cuyo orden cronológico no es exacto, ya que empezó con la teoría de números, hizo un paréntesis para dedicarse a la teoría de la elasticidad y tenemos evidencias de que años después volvió a abordar la teoría de números. Esta división no cronológica permite seguir mejor el hilo de cada una de sus investigaciones.



Diversos tipos de figuras producidas por la arena debidas a vibraciones del sonido en una placa metálica (imagen del Tratado de acústica de E. F. F. Chladni).

Se podría escribir de ella como científica, sin más, igualándola a sus colegas de la época, como Lagrange, Legendre o Fourier, en cuyas biografías nadie se detiene a recalcar su género. Se podrían evaluar cada uno de sus resultados matemáticos, pero no se le haría justicia. Estoy segura de que Sophie preferiría que no hubiese que señalar constantemente que fue una mujer. Querría decir que tuvo a su alcance todo aquello de lo que gozaron sus colegas: acceso a una formación, respeto por sus resultados y ausencia de paternalismo. Pero la realidad fue muy distinta. Como cualquier persona, fue fruto de sus circunstancias. No tuvo problemas por el dinero o por el color de su piel, los tuvo por ser mujer. Cada vez que se recalque no se tratará de un manifiesto feminista, sino el reflejo de una realidad, como las formas que se dibujaban en los platos del experimento de Chladni, que ella investigó. Sería injusto pensar, cuando se lea acerca de sus resultados erróneos, que existía en la época algún tipo de discriminación positiva y que por eso su nombre figura en esta colección. Es cierto que existía tal discriminación y seguro que Sophie hubiera rechazado cualquier beneficio derivado de ella, de saberlo. *Mademoiselle* Germain solo quería ser una más y poder dedicarse a lo que le gustaba. Pero esa *discriminación positiva* no le quita mérito a su trabajo. Es más, nos hace reflexionar acerca de qué límite hubiese podido alcanzar, ya que ese paternalismo con el que fue tratada acarreó que no le corrigieran los fallos en los que acababa incurriendo una y otra vez, restando crédito a su trabajo. Es una pena que sus colegas tuviesen esta *consideración* hacia ella, pues si realmente hubiese sabido qué estaba haciendo mal, ¡a saber hasta dónde habría llegado! Sophie Germain participó en la demostración del archifamoso último teorema de Fermat y su trabajo fue el arranque, la chispa, la idea, el atrevimiento para la teoría de superficies elásticas.

Debemos el hilo conductor de su vida a un obituario de unas pocas páginas que escribió su amigo, el también matemático Libri, tras su muerte. Durante mucho tiempo este texto fue una de las escasas fuentes para seguir su rastro, junto a un pie de página en una obra de Legendre citando el teorema de Sophie Germain, varias de sus publicaciones sobre teoría de la elasticidad llenas de errores matemáticos, su nombre en la lista de ganadores de uno de los grandes premios organizados por la Academia de Ciencias francesa y una obra filosófica. No fue hasta pasados muchos años cuando apareció un estudio digno de ella. Fueron Louis L. Bucciarelli y Nancy Dworsky quienes publicaron, en 1980, una obra que analizaba más en profundidad su trabajo en teoría de la elasticidad y que también aportaba nuevos datos para dibujar el perfil de la matemática. Investigaciones más recientes como la de Del Centina o la de Reinhard Laubenbacher y David Pengelley han examinado más manuscritos suyos y nos aportan nuevos datos sobre su trabajo y su vida. Inciden además en la cantidad de material manuscrito que duerme en diferentes bibliotecas sin trascribir y analizar. A Sophie Germain le resultó duro hacerse un hueco en el mundo científico de la época y arrastraría ese lastre a lo largo de la historia de las matemáticas.

Seguro que Sophie se hacía querer, dulce y tímida, pero con determinación. No creo que fuese una rata de biblioteca, huraña y gris, ajena a la realidad. Al contrario, la imagino preocupada como nadie por los demás. Ejemplo de ello es cómo, a pesar de no conocerlo, buscó por iniciativa propia el modo de ayudar a Gauss cuando Napoleón invadió Alemania. Esta es la imagen que me he hecho yo, este es el personaje que recorre las páginas que se pueden leer a continuación. Aunque basado en los hechos, es un personaje ficticio. No sabemos nada acerca de la mirada de Libri o de la de su padre. El libro pretende ser fiel a la realidad, pero también quería compartir mi visión de ella. Así, si alguno detecta algún rastro de subjetividad, que sepa de dónde procede: quería darle vida a Sophie más allá del rastro que podamos seguir hoy a través de sus manuscritos. Me concedo esta licencia en su honor. Si solo se hubiese mantenido fiel a la lógica matemática no hablaríamos hoy de ella, porque desde luego carece de toda lógica querer ser matemática cuando para serlo no puedes ser tú misma y tienes que hacerte pasar por un tal Augusto. Más allá de la lógica tenía una pasión, una pasión lógica: las matemáticas.

Capítulo 1
Y la revolución creó a Sophie

Nada es más admirable que este mecanismo, por el que esta combinación de fuerzas lo mueve todo: todo cambia y, sin embargo, se conserva.
Sophie Germain

Contenido:

Sophie Germain no nació en un entorno cualquiera ni en un momento cualquiera, los años de su infancia y de su adolescencia transcurrieron en un entorno muy singular: París en plena Revolución Francesa.

Podemos suponer que esta agitación social la animó a luchar contra las consecuencias de ser mujer en su tiempo, o que corría por las calles gritando esa frase que tan bien nos sabemos todos en francés: *Liberté, égalité, fraternité.* Más bien fue todo lo contrario, podría decirse que Sophie Germain vivió la toma de la Bastilla y la decapitación de María Antonieta metida en la biblioteca de su padre. Esta es la escena que nos dibuja Guglielmo Libri en el obituario que escribió tras su muerte:

> *"Desde su más tierna infancia se dedica al estudio de las matemáticas. El motivo que determina su vocación merece ser*

contado. Todavía niña, a la edad de 13 años, a la señorita Germain le impresionó la cercanía de una revolución, de la cual, desde el principio, habíamos oído hablan predecir el alcance y cuyas ideas salían recurrentemente a colación en las conversaciones en casa de su padre, miembro de la Asamblea Constituyente. Ella sintió que tan solo una ocupación grande y constante podía distraer sus temores, cuando se tropezó, por azar, con la Historia de las matemáticas de Montucla…

§. Los Germain

Tycho fue destinado a la jurisprudencia, como Copérnico lo fue a la medicina. Estas vocaciones contrariadas son las únicas verdaderas, porque son las únicas puestas a prueba. Los obstáculos las purifican, las inclinaciones dudosas y las fantasías desaparecen, y no queda más que la inclinación natural que se crece ante las dificultades.

Sophie Germain

Sophie Germain nació en París un 1 de abril de 1776. Al referirse a sus trece años, Libri nos está situando, ni más ni menos, en 1789, fecha de la toma de la Bastilla. Sophie vivía por aquel entonces en el cruce de la *rue Saint-Denis* con la *rae des Lombards,* en el centro de un París agitado y violento. Desde su casa, encima de la tienda de la familia, debió de oír gritos, llantos, horror y desesperación, así que está totalmente justificado que tuviese miedo de acercarse a la ventana. A su amigo le confesó que buscó una ocupación con la que abstraerse de la realidad en que vivía. Se sorprenderían los líderes revolucionarios de saber que el miedo que despertaron en una joven dio como resultado una excelente matemática.

Gracias a que provenía de una familia de la burguesía parisina, tuvo la suerte de encontrar su refugio en la biblioteca paterna. Su padre, Ambroise-François Germain, regentaba un pequeño negocio.

FÉVRIER 1932

SUPPLÉMENT au BULLETIN de l'Association Amicale des Anciennes Élèves de l'École Municipale Supérieure

SOPHIE-GERMAIN

FONDÉE EN OCTOBRE 1885

Par Mme Silvain DUFOUR

Officier de l'Instruction Publique, Chevalier de la Légion d'Honneur

La Famille de Sophie Germain

Les biographes de Sophie Germain ont donné peu de détails sur sa famille. Ils savaient que son père Ambroise-François Germain était né le 20 Janvier 1726 et mort le 15 décembre 1821; ils le disaient orfèvre. Moi-même, j'ai répété cette assertion dans mes causeries des 27 et 28 juin derniers. La source d'information, probablement la même pour tous, semblait sérieuse et sûre. On lit, en effet, dans le dictionnaire des parlementaires (Bibliothèque de la Chambre des Députés) : « Germain, Ambroise-François, « député en 1789, né à Paris le 20 Janvier 1726, mort le « 15 décembre 1821. Fils de Thomas Germain, orfèvre, « sculpteur et architecte, était orfèvre lui-même, rue

— 2 —

« Saint-Denis ». M. Stupuy, dans l'ouvrage qu'il a consacré à Sophie Germain, reproduit cette affirmation en note, avec prudence. Dans mes causeries, je n'ai pas répété la filiation avec Thomas Germain, le célèbre orfèvre du roi, car l'erreur semblait patente. La famille de Thomas Germain a été fort bien étudiée, elle est bien connue; elle était fort célèbre au 18e siècle; Thomas Germain a bien eu un fils en 1726 : mais celui-ci, qui s'appelait François-Thomas et non Ambroise-François n'était pas né le 20 Janvier; de plus, il est mort en 1791 sans avoir jamais été ni représentant du Tiers-Etat en 1789 ni membre de l'Assemblée Constituante. Le dictionnaire des parlementaires s'était donc trompé. Le père de Sophie Germain n'était pas le fils de Thomas Germain.

Dès lors, deux questions restaient à élucider : 1° De qui Ambroise-François Germain était-il le fils? 2° n'y avait-il pas sur le dictionnaire des parlementaires une seconde erreur concernant sa profession? était-il vraiment orfèvre?

Il était indispensable de faire table rase de tout ce qui avait été dit ou écrit jusqu'alors à ce sujet; il fallait remonter aux sources, consulter les Archives de la Seine et les actes de l'Etat-Civil reconstitués qui y sont précieusement conservés.

Je tiens à dire que les longues recherches que j'ai accomplies, ont été facilitées par la complaisance de Mme l'archiviste-adjointe à qui j'adresse mes remerciements.

L'acte de naissance, ou plutôt de baptême, d'Ambroise-François Germain porte qu'il est né le 20 Janvier 1726, de *Joseph* Germain, *marchand*, rue des Bourdonnais. Il fut baptisé à St-Germain l'Auxerrois.

Il épousa Marie-Madeleine Gruguelu, née en 1749 de Jacques Gruguelu, *marchand-mercier* rue St-Denis.

Ils eurent trois filles : Marie-Madeleine née le 20 mai 1770; Marie-Sophie, née le 1er avril 1776; Angélique-Ambroise, née le 28 février 1779. Toutes naquirent rue St-Denis et furent baptisées en l'église Ste-Opportune.

Les actes de baptême de ces trois enfants mentionnent

— 3 —

naturellement la profession de leur père : celui de Marie-Madeleine porte que Ambroise-François Germain était *marchand-mercier*; les deux autres stipulent qu'il était *négociant*.

L'acte de décès d'Ambroise Germain, dressé le 15 décembre 1821, le dit : *ancien négociant*; celui de sa femme, en date du 28 avril 1823, la dit veuve de Ambroise-François Germain, *ancien négociant*.

Donc, tous les actes de l'état civil sont concordants. Aucun n'indique qu'Ambroise-François Germain fût orfèvre; il était *négociant*, et appartenait à la Corporation des *marchands-merciers*. Les parrains dont les noms figurent aux actes, étaient souvent choisis dans la famille. Il est facile d'établir, que dans son ensemble, celle-ci faisait partie de cette même corporation. Bien des spécialités s'y rattachaient. En explorant les documents du temps je suis arrivée à une précision assez grande à cet égard.

La liste des députés du Tiers-Etat en 1789 et celle des représentants à l'Assemblée Constituante, mentionnent un seul député du nom de Germain et le disent négociant (Archives parlementaires, conservées à la bibliothèque de la Ville de Paris).

Ouvrons l'almanach royal de 1791 : il donne la liste des députés à l'Assemblée nationale avec leurs adresses; nous y trouvons : M. Germain, député de Paris, négociant, rue St-Denis, au « Cabat d'Or».

Dans la collection des portraits de la bibliothèque nationale figure celui de ce député : il s'agit bien d'Ambroise-François né le 20 Janvier 1726.

Dans un almanach de 1792 on trouve la liste des électeurs à l'Assemblée législative, nous lisons : Germain, électeur de 1789, marchand de soie en bottes, rue St-Denis. Ce Germain est toujours le seul de ce nom; les marchands de soie en bottes appartenaient à la corporation des merciers.

Enfin dans la collection des estampes du Musée Carnavalet, j'ai eu la bonne fortune de retrouver une note à l'enseigne du «Cabat d'Or». Elle datait de 1778 et portait

— 4 —

la suscription suivante : Germain et Cie, marchands de soye en bottes, rue St-Denis, près Sainte-Catherine.

La démonstration est donc faite : Ambroise-François Germain, père de Sophie Germain, n'était pas de la famille de Thomas Germain, l'orfèvre du roi; il n'était pas orfèvre; *de la corporation des marchands merciers, il exerçait son négoce sur la soie en bottes.*

Le dernier document, la note à l'enseigne du «Cabat d'Or», nous permet de retrouver l'emplacement à peu près exact de la boutique d'Ambroise-François Germain. Sainte-Catherine était un hospice tenu par les religieuses de ce nom; il servait de refuge pendant trois jours aux bonnes sans place; sis rue des Lombards, au coin de la rue St Denis, il s'élevait sur un terrain occupé aujourd'hui par les magasins de Pygmalion. La maison natale de la grande mathématicienne, était donc là, rue St-Denis, presque au coin de la rue des Lombards, en face l'église Sainte-Opportune.

Les sœurs de Sophie Germain

Nous avons vu que Sophie Germain avait deux sœurs. L'aînée Marie-Madeleine épousa un notaire, Me Charles Lherbette; de 19 ans plus âgé qu'elle, il était veuf en premières noces d'une cousine de Marie-Madeleine. Un fils, Jacques-Amant, naquit de cette union le 16 septembre 1791 Ce neveu de Sophie Germain ne reprit pas l'étude paternelle : il étudia le droit et devint avocat. Il s'occupa de politique et acquit une certaine notoriété. Il prit part avec les libéraux aux luttes politiques de la Restauration. En 1830, il fut nommé par Dupont de l'Eure procureur du roi à Bernay; désapprouvant la marche du gouvernement, il donna sa démission. En Juillet 1831, il fut élu député de l'Aisne; très actif, il aborda nombre de questions, les défendit avec véhémence à la tribune, multiplia les interpellations aux Ministres. On le taxe d'impitoyable éplucheur de budget. «Sa parole était sèche, brève, sa diction irrégulière. Un air toujours soucieux, un front toujours plissé, des yeux enfoncés dans leurs orbites, voilà l'homme. Une indépendance à toute épreuve, un patriotisme toujours en éveil, un courage que les orages

— 5 —

du centre n'ont pu ébranler, voilà le députés. Ainsi parle de lui un de ses biographes. Sportman, aimant le cheval, il était membre assidu du Jockey-Club; son allure était fière, décidée, et une mèche rebelle, qu'il cosmétiquait avec soin la rendait plus impérieuse encore. Elu en 1848 membre de la Constituante, il fit encore partie de la Législative en 1849; il ne soutint pas la politique de Louis-Napoléon Bonaparte, désapprouva le Coup-d'Etat, donna sa démission et se tint à l'écart des affaires publiques.

Il aimait beaucoup sa tante; mieux il lui portait de la vénération; il fit éditer les ouvrages philosophiques de Sophie Germain, deux ans après sa mort. Il lui ressemblait par certains traits; il n'avait pas que son immense front; comme elle, il était attaché à ses idées, les défendait avec courage. Sans atteindre comme elle au génie, il possédait une belle intelligence, lucide et claire. Il mourut le 28 mai 1864 sans laisser de descendance.

La plus jeune sœur de Sophie Germain, Angélique-Ambroise naquit en 1779; elle épousa René-Claude Geoffroy, médecin des hôpitaux; il exerçait à l'Hôtel-Dieu. Il mourut en juillet 1831. Sa veuve épousa en deuxièmes noces, en 1833, le fameux physiologiste et physicien René-Joachim-Henry Dutrochet, membre de l'Académie des Sciences. Ses travaux sont nombreux; les plus connus du grand public portent sur l'endosmose et l'exosmose; il les publia en 1828; il n'est pas de livre élémentaire de botanique qui ne relate la célèbre expérience de Dutrochet. On lui doit aussi de remarquables travaux sur l'évolution de l'œuf des oiseaux, sur l'accroissement et la reproduction des végétaux; nous ne citons que l'essentiel: car le nombre des mémoires qu'il publia fut considérable. Il mourut en 1847. La bonne Madame Dutrochet, entourée de savants qui avaient connu et admiré son mari et sa sœur, vécut encore de longues années, jusqu'en 1875. Comme son père, elle atteignit le grand âge de 95 ans. Elle s'éteignit dans le bel hôtel Le Lièvre, 4, rue de Braque, acquis en 1816 par son premier mari René-Claude Geoffroy. A cette époque, toute la famille quittant la rue Sainte-Croixde-la-Bretonnerie, vint s'y installer. Sophie Germain y travailla; son père y mourut en 1821; sa mère y mourut

— 6 —

aussi en 1823 (Actes de l'Etat-Civil). Sophie Germain le quitta peu après pour trouver rue de Savoie plus de solitude et un milieu tout à fait propice à ses profondes méditations. Mais madame Dutrochet y demeura jusqu'à sa mort; elle vécut dans ce somptueux hôtel Louis XIV, dont on peut encore aujourd'hui admirer la majestueuse porte d'entrée, le grandiose escalier de pierre avec sa superbe rampe en fer forgé, et les salons de réception qui virent tant de savants célèbres. Je n'ai point trouvé que Madame Dutrochet eût eu des enfants.

Avec elle s'éteignit cette belle famille, intéressante à plus d'un titre. Nous n'avons pu la suivre que pendant 175 ans environ, Joseph Germain étant probablement né vers 1700, un peu plus tôt peut-être. Elle apparait, pendant tout le 18e siècle, comme une famille de riches négociants dont les affaires sont prospères. Combien de siècles de labeur fallut-il pour établir cette prospérité? Nous l'ignorons; nous pouvons cependant en soupçonner le nombre assez grand: la montée est lente sous l'ancien régime; puis, tout-à-coup elle rayonne d'un grand éclat: elle fournit au monde une grande philosophe et mathématicienne, deux députés qui ne paraissent pas avoir été sans talent, ni sans honnêteté; elle s'allie à un grand savant dont le nom reste fameux dans les annales de l'Académie des Sciences; alors elle s'éteint. Rançon de trop de bonheur? Usure de la race? Q'importe! Elle fut grande car elle a bien servi. Dans cette galerie de gens de valeur, se détache notre Sophie Germain dont la vigueur d'esprit et la force morale restent un modèle et un exemple pour les femmes de bonne volonté.

H. Bureau,

Directrice de l'Ecole Sophie Germain

La empresa familiar no era la única preocupación del señor Germain. Era un hombre con muchas inquietudes políticas, que le llevaron a presentarse en 1789 a la Asamblea Constituyente, de la cual resultó elegido diputado. Moriría en 1821, a la edad de 95 años. Hasta ese día, Sophie vivió con él y con su madre, Marie

Madeleine, que era 23 años más joven que su marido. Según consta en la partida de nacimiento, su apellido de soltera era Gruguelu y era hija de un comerciante que vivía en la *rue Saint-Denis.* Es posible que el hogar de Sophie fuese la casa de su familia materna. Marie Madeleine moriría dos años después que su marido.

Sophie era la segunda de tres hermanas. Lo que se sabe de su vida, con quiénes se casaron y los hijos que tuvieron, apunta a lo que habría sido el futuro de Sophie si ella no se hubiese enamorado perdidamente de las matemáticas. Su hermana mayor, Marie Madeleine, se casó con un notario llamado Charles Lherbette. Tuvieron un único hijo, Jacques-Amant, que, además de desarrollar una brillante carrera política, mantuvo un trato muy cercano con su tía y valoró con admiración su trabajo. Fue él quien, tras la muerte de Sophie, publicó por primera vez el ensayo *Consideraciones generales sobre el estado de las ciencias y las letras,* donde aparece el obituario de Libri. Su hermana pequeña, Angelique-Ambroise, se casó dos veces. Su primer marido fue el doctor René-Claude Geoffroy, a cuya familia pertenecía la mansión de la *rue du Braque* en la que sus padres vivieron los últimos años de su vida. Cuando se quedó viuda, se volvió a casar con un miembro de la Academia de Ciencias, René Joachim Henri Dutrochet.

Sophie no se casó nunca, vivió con sus padres, primero en la casa familiar de la *rue Saint-Denis* y después en otro modesto barrio parisino. Cuando ya estaban mayores, los tres se mudaron a la residencia de la hija menor y su marido, una magnífica casa cercana a los Archivos Nacionales. Allí vivió hasta su muerte el matrimonio Germain. Después, Sophie se mudó a una modesta vivienda en la *rue de Savoie,* donde hoy una placa conmemorativa recuerda que pasó allí los últimos días de su vida.

Placa en la casa de la rué de Savoie de Paris donde Sophie Germain pasó sus últimos años.

Ambroise-François y Marie Madeleine Germain no deseaban para su hija una vida tan dependiente de ellos. Al principio trataron de alejarla de aquel futuro poco convencional para la época, pero acabaron cediendo ante el gran interés y la pasión que su hija mostraba por el estudio.

Según narra Libri, Sophie se levantaba por las noches para estudiar matemáticas, quizá porque durante el día sufría algún tipo de prohibición al respecto o tal vez porque el apetito de conocimiento era insaciable. Sus padres, al darse cuenta, decidieron desproveerla de velas y ropas de abrigo. Pero los obstáculos no vencieron su pasión por las matemáticas, así que finalmente el señor y la señora Germain se rindieron ante el ansia por el estudio de esta ciencia *masculina* que tenía su hija y consintieron la *relación.*

Es envuelta en mantas, con la tinta de su pluma congelada y con una luz escasa, como Sophie aprendió matemáticas. En la biblioteca de su padre encontró primero la *Historia de las matemáticas* de Montucla, luego se atrevió con un libro escrito por Bézout y, por último, abordó el *Cálculo diferencial* de Cousin. Los tres formaban parte de la trampa que las matemáticas habían tendido a esta mente brillante con el fin de llevarla a su terreno. El primero la enganchó, el segundo se convirtió en su maestro y el último terminó de atraparla del todo. Así lo expone Libri:

> *"[...] la Historia de las matemáticas de Montucla, donde lee acerca de la muerte de Arquímedes, al que ni la toma de Siracusa ni la espada levantada del soldado enemigo consiguen distraerlo de sus meditaciones geométricas. "*
>
> *'Sin maestro, sin otra guía que un Bézout que encontró en la biblioteca de su padre. "*
>
> *"Tras Bézout, estudia el Cálculo diferencial de Cousin, que la atrapó en sus trabajos durante la época del Terror."*

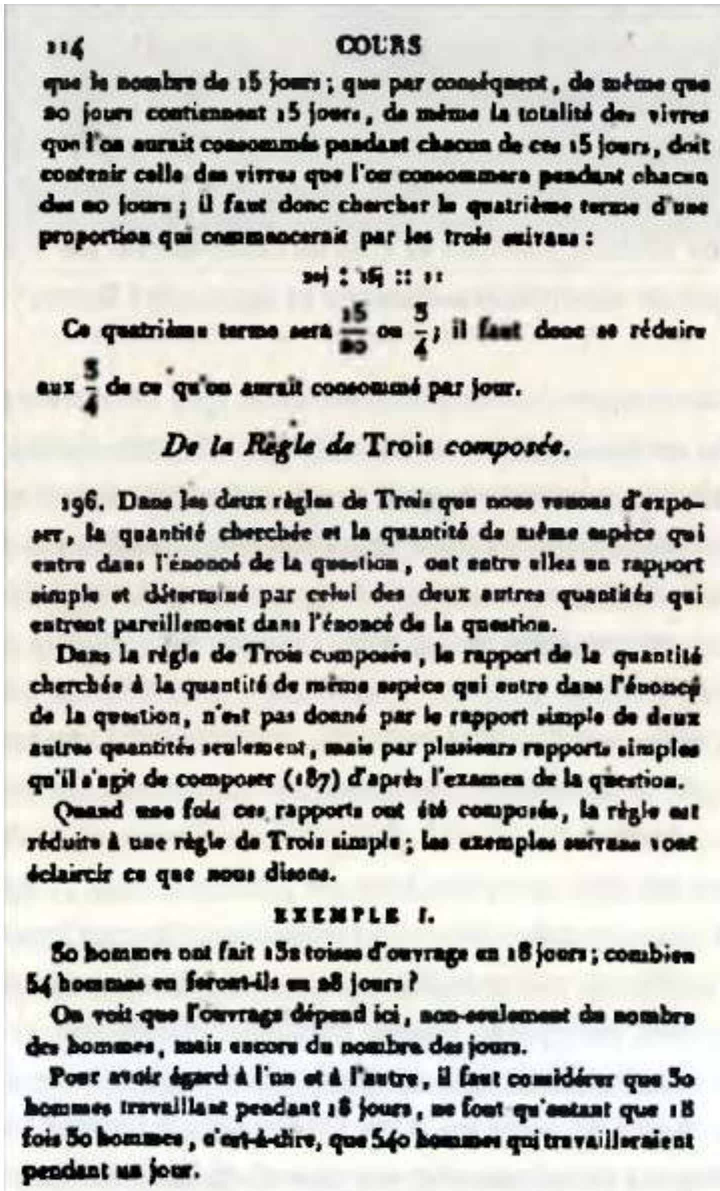
Con esta imagen de sus primeros años, que debemos principalmente a su amigo Libri, podemos dibujar a Sophie Germain como una niña tímida y reservada que no se escondió del miedo jugando con sus hermanas, sino en una biblioteca. Incluso la podemos imaginar asustadiza, escuchando las conversaciones de los adultos sentada en una esquina de la sala. La biblioteca fue el comienzo de un futuro lleno de grandes resultados, y también nos permite intuir otra Sophie, tenaz y determinada, a la que, una vez encontrada su pasión, no le importaron ni el frío ni las noches en vela, ni sus problemas al tratar de escribir porque la tinta se congelaba. Rebelde pero sin descaro, se enfrentó a sus padres sin izar la bandera de la libertad a voz en grito, sino en el silencio de las noches, de modo que ellos pudieran ver su constancia e interés. Finalmente cedieron ante lo que, en aquella época, se podía considerar un capricho. ¿Qué otra cosa podía hacer su padre? Tuvo que entender que si él hablaba tanto de cambios y de otra realidad posible, Sophie no creía en las verdades absolutas y que si él luchaba por lo que le interesaba, ella no tenía por qué ser menos.

Aunque sus hermanas y otras señoritas de la época pensasen lo contrario, Sophie no era aburrida ni antipática, o incapaz de reírse. Era solo que los cotilleos de sociedad o de moda no le interesaban. Pero no era mujer de pocas palabras, cuando encontraba un tema que sí le interesaba y daba con quienes compartirlo, no se quedaba en un rincón de la sala. Libri escribió sobre ella:

"Con frecuencia hemos oído hablar de la felicidad de la que gozaba, cuando, después de grandes esfuerzos, podía convencerse de que entendía el lenguaje del análisis [...]

Según parece, hizo a cuantos podían simpatizar con este tipo de felicidad, partícipes de ella.

Los tres libros de Sophie



114 COURS

que le nombre de 15 jours ; que par conséquent, de même que 20 jours contiennent 15 jours, de même la totalité des vivres que l'on aurait consommés pendant chacun de ces 15 jours, doit contenir celle des vivres que l'on consommera pendant chacun des 20 jours ; il faut donc chercher le quatrième terme d'une proportion qui commencerait par les trois suivans :

20j : 15j :: 1 :

Ce quatrième terme sera $\frac{15}{20}$ ou $\frac{3}{4}$; il faut donc se réduire aux $\frac{3}{4}$ de ce qu'on aurait consommé par jour.

De la Règle de Trois *composée.*

196. Dans les deux règles de Trois que nous venons d'exposer, la quantité cherchée et la quantité de même espèce qui entre dans l'énoncé de la question, ont entre elles un rapport simple et déterminé par celui des deux autres quantités qui entrent pareillement dans l'énoncé de la question.

Dans la règle de Trois composée, le rapport de la quantité cherchée à la quantité de même espèce qui entre dans l'énoncé de la question, n'est pas donné par le rapport simple de deux autres quantités seulement, mais par plusieurs rapports simples qu'il s'agit de composer (187) d'après l'examen de la question.

Quand une fois ces rapports ont été composés, la règle est réduite à une règle de Trois simple ; les exemples suivans vont éclaircir ce que nous disons.

EXEMPLE I.

50 hommes ont fait 132 toises d'ouvrage en 18 jours ; combien 54 hommes en feront-ils en 28 jours ?

On voit que l'ouvrage dépend ici, non-seulement du nombre des hommes, mais encore du nombre des jours.

Pour avoir égard à l'un et à l'autre, il faut considérer que 50 hommes travaillant pendant 18 jours, ne font qu'autant que 18 fois 50 hommes, c'est-à-dire, que 540 hommes qui travailleraient pendant un jour.

Resulta difícil imaginar hoy a un niño de trece años con un libro como la Historia de las matemáticas de Montucla. Sophie, sin embargo, lo encaró como una puerta por la que huir. La *historia de Arquímedes era su favorita. Debió de causarle envidia alguien que se quedaba tan absorto en sus divagaciones geométricas que tenían que recordarle la necesidad de comer y dormir, en una circunstancia en la que ella también deseaba abstraerse de la realidad. Tal vez deseaba saber más de aquel quehacer que desafiaba el miedo a la muerte, pues Arquímedes no lo tuvo ante la amenaza de un soldado romano. Es fácil leer la historia y pensar en cómo se debió sentir identificada, asociando el sitio de Siracusa con la revolución que estaba viviendo su país. Con esta ilusión por trasladarse a otro mundo empezó a estudiar matemáticas con un libro de Bézout.*

Libri no especifica el título del libro de Bézout, solo indica que podría tratarse de un libro general de matemáticas. Bézout escribió varios: sobre álgebra, aritmética, para la marina, para artillería. .. No sabemos cuál leyó Sophie, o tal vez leyó más de uno, pero lo que sí sabemos es que esos libros no estaban dirigidos a niños, como un libro de texto actual, sino a personas con una cierta formación o a soldados que tenían un tutor que los orientase. Ni tan siquiera ofrecían el lenguaje intuitivo de las matemáticas, porque enfrentarse, por ejemplo, a la regla de tres compuesta a través de una página como la que se muestra, que bien podría pertenecer a una novela, no es el modo más cómodo. Cierto que en la época todos la estudiaban así, pero eso no lo convierte en un libro intuitivo. Es digno de admiración que con estos textos una persona sin *nadie cerca que dominase la materia y la guiase en la comprensión del texto, fuera capaz de aprender matemáticas a nivel universitario.*

El Cálculo diferencial de Cousin (dos volúmenes de matemática avanzada) le pareció a Sophie una buena elección para continuar Teniendo en cuenta que carecía de maestro y que los conocimientos de este libro a día de hoy se aprenden, con dificultad y tras años de estudio, en los cursos de bachillerato, o incluso en la universidad, hay que reconocer que tenía una mente brillante, además de una capacidad de estudio y de esfuerzo admirables.

No tuvo que ser fácil vivir hasta los dieciocho años sin que nadie la comprendiese y sin saber cómo compartir sus intereses. Esta necesidad de no sentirse sola en el mundo y de compartir lo que le gustaba, y una fuerte determinación, fueron el motor para sus siguientes pasos.

§. El joven Le Blanc

No es una cuestión de tener más o tener menos, lo que nos aflige no es la falta de algo, sino la comparación con lo que tienen los demás, pues solo se es pobre al lado de los que son ricos.

Sophie Germain

> *"Germain, Sophie (1776-1831). Matemática francesa, [...] nació en París el 1 de abril de 1776. Recibió cursos a distancia de la Escuela Politécnica, que no aceptaba mujeres."*

Esta entrada de la Enciclopedia Británica, que usan Bucciarelli y Dworsky en *Sophie Germain: Un ensayo sobre la historia de la teoría de la elasticidad,* constituye un excelente resumen de lo que vivió a continuación. Esta especie de contradicción de Sophie estudiando en una escuela que no aceptaba mujeres hace suponer los problemas que le acarreó su sexo y cómo, de algún modo que desconocemos, logró ir superando las dificultades.

En 1795 abrió sus puertas la Escuela Politécnica de París, que reunió a científicos de renombre para impartir clases a jóvenes estudiantes. Sophie tenía un gran interés en asistir a algunas de ellas. Era una oportunidad magnífica de seguir los estudios que tanto le gustaban, pero se enfrentaba con un obstáculo, ser mujer. Decidida a que nada se interpusiese entre ella y las matemáticas, se las ingenió, no sabemos cómo, para conseguir los apuntes de la escuela. Le llamaron la atención de un modo especial, según dice Libri, la *Química* de Fourcroy y el *Análisis* de Lagrange.

La historia de lo que pasó a continuación resulta confusa. No sabemos qué relación tenía Sophie con el joven Antoine-Auguste Le Blanc, pero sí que gracias a él su trabajo salió a la luz. Quizá Le Blanc era vecino de Sophie o era hijo de alguno de los clientes de la tienda de sus padres. La realidad se desconoce, ni tan siquiera se tiene la certeza de que fuese él quien le pasó los apuntes, aunque cabe suponer que sí. Si ella usó su nombre debía de tener alguna relación con el joven. Los datos que constan acerca de Le Blanc es que murió antes de que pudiese llegar a ingresar en la Escuela de Ingenieros de Caminos (los estudiantes que terminaban sus estudios en la Escuela Politécnica debían luego ingresar en alguna escuela de ingenieros). En los archivos de la escuela figura en una lista de admitidos. Su nombre aparece tachado y a su lado está escrito: "fallecido". A pesar de las incógnitas de la relación entre Le Blanc y Sophie, una parte de la historia sí está clara. Gracias a él, Lagrange descubrió a Sophie Germain.

La escuela en la que no pudo estudiar Sophie: la Escuela Politécnica

En 1794 fue fundada la Escuela Central de Obras Públicas. Entre sus fundadores se encontraban los ilustres matemáticos Lazare Carnot y Gaspard Monge, lo que haría que las matemáticas tuviesen un peso importante tanto en ella como en sus herederas. Un año más tarde cambió su nombre por el de Escuela Politécnica. Su inauguración fue un éxito, y acudieron personajes relevantes que posteriormente enseñarían en sus aulas, como Fourcroy y Lagrange. Esta era una de las novedades que aportaba la escuela: científicos de renombre dedicados a la enseñanza. Hasta entonces lo más común era que, para poder vivir e investigan trabajasen en alguna corte.

La escuela nació con las ideas de la revolución abierta a todos *los ciudadanos franceses (si eran hombres, claro), no solo a los varones de la nobleza, como ocurría antes. Hasta nuestros días ha llegado una de las novedades que instauró; a diferencia de sus predecesoras, no había un examen final tras los tres años de estudios, sino que se hacía una evaluación continua de cada estudiante. Algo que no cambió fue la búsqueda de la excelencia, y se estableció también un examen de acceso. En sus primeros años de andadura dicho examen era más fácil, debido a la necesidad de formar personas cualificadas técnicamente, pues la revolución había provocado su escasez. Según parece fue una excusa, pues en realidad los fundadores de la escuela pretendían minimizar al máximo la importancia de lo que se pudiera haber aprendido en los libros antes del ingreso. Estaba en la naturaleza de su ideología buscar mentes con aptitudes, algo así como un talento natural, y no aquellas reprimidas por la inteligencia académica, como dejó dicho alguno de sus eruditos. Los exámenes de acceso no tenían ningún libro específico de formación al contrario que las antiguas escuelas militares, es más, algunos de esos libros, escritos por Bézout, fueron objeto de mofa en algún discurso público de los miembros de la escuela. Fue el químico Fourcroy quien formuló tales críticas, suponemos que alentado por algún compañero matemático que tenía más reparo en humillar públicamente a un colega.*

Como nunca llueve a gusto de todos, también contó con grandes detractores que no estaban contentos con los nuevos *métodos, entre ellos el célebre matemático Laplace, partidario de recuperar algunas normas del viejo régimen en las que insistía continuamente, y que consiguió instaurar gracias a los cambios políticos que hubo en Francia.*

En 1805 la escuela adquirió un estatuto militar otorgado por Napoleón Bonaparte, quien además elevó las tasas y modificó los exámenes de ingreso buscando favorecer a las clases altas. En su opinión resultaba peligroso dar una educación a las personas que no procedían de familias ricas. Fue en ese momento cuando la escuela acuñó su slogan: "Por la patria, las ciencias y la gloria", donde quedaban unidas para siempre la escuela y la patria. Todavía hoy la escuela sigue ligada al Ministerio de Defensa. Los estudiantes de nacionalidad francesa que realizan en ella sus estudios poseen el estatus militar de oficial durante los años de escolarización, reciben un sueldo y reciben una formación inicial como oficiales. El 14 de julio, fiesta nacional en Francia, en la parada militar que se celebra en los Campos Elíseos, un grupo de estudiantes de la Escuela Politécnica desfila junto a los ejércitos franceses.

A pesar de ser la época de la liberté, égalité et fraternité, la escuela no nació con el objeto de que lodos fueran iguales, o se entendía la igualdad de otro modo, atendiendo a las clases y no a los sexos. Así se mantendría durante muchos años, ya que no admitió a mujeres hasta 1972.

En el obituario de Libri leemos que ella envió a Lagrange un trabajo firmado con el nombre de Le Blanc, que el matemático lo alabó, se interesó por el joven estudiante y fue entonces cuando descubrió su verdadera identidad. La sorpresa fue mayúscula, y la labor de la joven mereció todavía más halagos al tener en cuenta las complicaciones añadidas al aprendizaje de las matemáticas por ser una mujer.

Gracias al apoyo de Lagrange, Sophie se incorporó al mundo científico de la época; fue invitada a participar en diversos eventos y varios científicos mostraron interés por intercambiar conocimientos con ella.

El mentor de Sophie: Joseph-Louis Lagrange

Italiano de nacimiento (Turín, 1736) y francés de origen adopción y de corazón pues firmaba sus trabajos como Lagrange o La Grange, y nunca como Lagrangia, el apellido italianizado de la familia. Este matemático dejó un importante legado gracias a su creatividad, consiguiendo generalizar y sistematizar gran parte de! trabajo de sus predecesores. Esta mentalidad abierta y sin límites no se limitó a la ciencia, y aceptó a Sophie *sin preocuparle ninguna convención social, convirtiéndose en su mentor.*

De niño, estudió en la escuela a Euclides y Arquímedes, que no le resultaron nada interesantes ni lograron despertaren él la pasión por las matemáticas. Años más tarde leería un artículo del astrónomo británico Halley en el que mencionaba la superioridad del cálculo sobre las matemáticas griegas, y parece que en ese momento le picó el gusanillo.

Pronto demostró unas aptitudes sobresalientes en el campo de las matemáticas y con diecinueve años ya era profesor de la Real Escuela de Artillería de Turín actividad que compaginó con el estudio de algunos problemas en los que estaban trabajando sus contemporáneos. Entre ellos figuraba Euler a quien dejó gratamente impresionado tras mostrarle sus resultados. A partir de entonces gozaría de una gran consideración por su parte.

Mientras estaba en Turín publicó variados e interesantes trabajos. En uno de ellos aparece por primera vez la noción de valor propio para una transformación lineal. Es también en esta época cuando obtiene sus dos primeros grandes premios de la Academia de París por sus trabajos relacionados con la mecánica celeste, que estaba muy de moda entonces por su gran utilidad para la navegación En la década siguiente recibiría otros dos.

D'Alembert, amigo cercano de Lagrange, tenía la impresión de que en Turín no se le valoraba lo suficiente y usó sus *influencias para buscarle un puesto mejor. Primero, con el rey de Cerdeña, con quien a pesar de sus promesas, no obtuvo resultados. Luego recurrió a la corte alemana. En ese momento Euler volvía a San Petersburgo y también él recomendó al rey que Lagrange fuera su sustituto, convirtiéndose finalmente en el director de la Academia de Berlín.*

En la capital prusiana pasó veinte fructíferos años. El mayor de sus múltiples logros allí fue la Mecánica analítica, un brillante tratado calificado por Hamilton de poema científico. Durante su época en Berlín trabajó de un modo enfermizo, llegando hasta el punto de escribir todas las noches un programa equilibrado de lo que debía leer al día siguiente, del cual no debía salirse para no caer en ningún exceso y no acabar desquiciado.

En 1787 abandonó Berlín y se incorporó a la Academia de París. Fue recibido con todos los honores, incluso le prepararon alojamiento en el Louvre, pero, desgraciadamente para sus anfitriones, lo encontraron sumido en una depresión. Confesó a sus amigos que las matemáticas ya no eran importantes para él. Pasó entonces por unos años de apatía científica. Afortunadamente para la ciencia, se recuperó. Tras la Revolución Francesa, a pesar de sus tratos con la monarquía, no huyó de París, es más, contó con la consideración del nuevo régimen. En 1793, cuando se dio la orden de arrestar a todos los extranjeros nacidos en país enemigo, le dejaron continuar su vida tranquilamente. Fue en *esta época cuando colaboró con la comisión encargada de establecer el sistema de pesos y medidas, de donde surgió el sistema métrico. En esta comisión trabajó con Laplace, un matemático con una personalidad opuesta que no le inspiró una especial simpatía, pues creía que se daba demasiada importancia. Muestra de que no le tenía demasiado aprecio y de que lo consideraba algo prepotente fue su respuesta a una carta que Laplace le había enviado, donde se dedicaba a resaltar las virtudes de su propia obra: "Siempre he considerado a las matemáticas como un objeto de entretenimiento, más que una ambición, y puedo asegurarle que disfruto de los trabajos de los demás mucho más que del mío propio, con el cual nunca estoy satisfecho. Verá, si es capaz de abstraerse del celo de su propio éxito, que no soy menos que nadie por mi carácter".*

En los últimos años de su vida empezó a revisar su obra maestra, la Mecánica analítica, pero murió en 1813 sin dejarla terminada. Su cuerpo fue enterrado en el Panteón como reconocimiento a sus contribuciones a la ciencia.

Una de las primeras cartas que recibió se la remitió un librero llamado Bernard, que escribía en nombre de Cousin, el autor de uno de los libros con los que había empezado a estudiar. La carta estaba dirigida a la madre de Sophie, ya que las normas de la época encontraban algo atrevido el encuentro que se proponía en ella, aunque solo se tratase de un intercambio de conocimientos matemáticos.

Pero no todos los matemáticos fueron, como Lagrange y Cousin, capaces de valorar el trabajo de Sophie al margen de su sexo.

París, 4 de noviembre

Señora:

El ciudadano Cousin solicita el honor de presentarse ante su hija, si usted se digna aceptarlo. Espero sus órdenes. Él confía en que el encuentro se pueda llevar a cabo y que le permita presentar sus respetos el 8 de noviembre a las 6 de la tarde. Por favor, dígame si esta fecha y hora no son bien recibidas, pues tendríamos el honor de buscar un momento más adecuado. El señor Cousin se complace en tener la oportunidad de ofrecerles a usted y a la señorita Germain el homenaje de su respeto y de facilitarle todo cuanto esté en su mano, gracias a su carrera científica, para que su hija pueda desarrollar la propia con éxito.

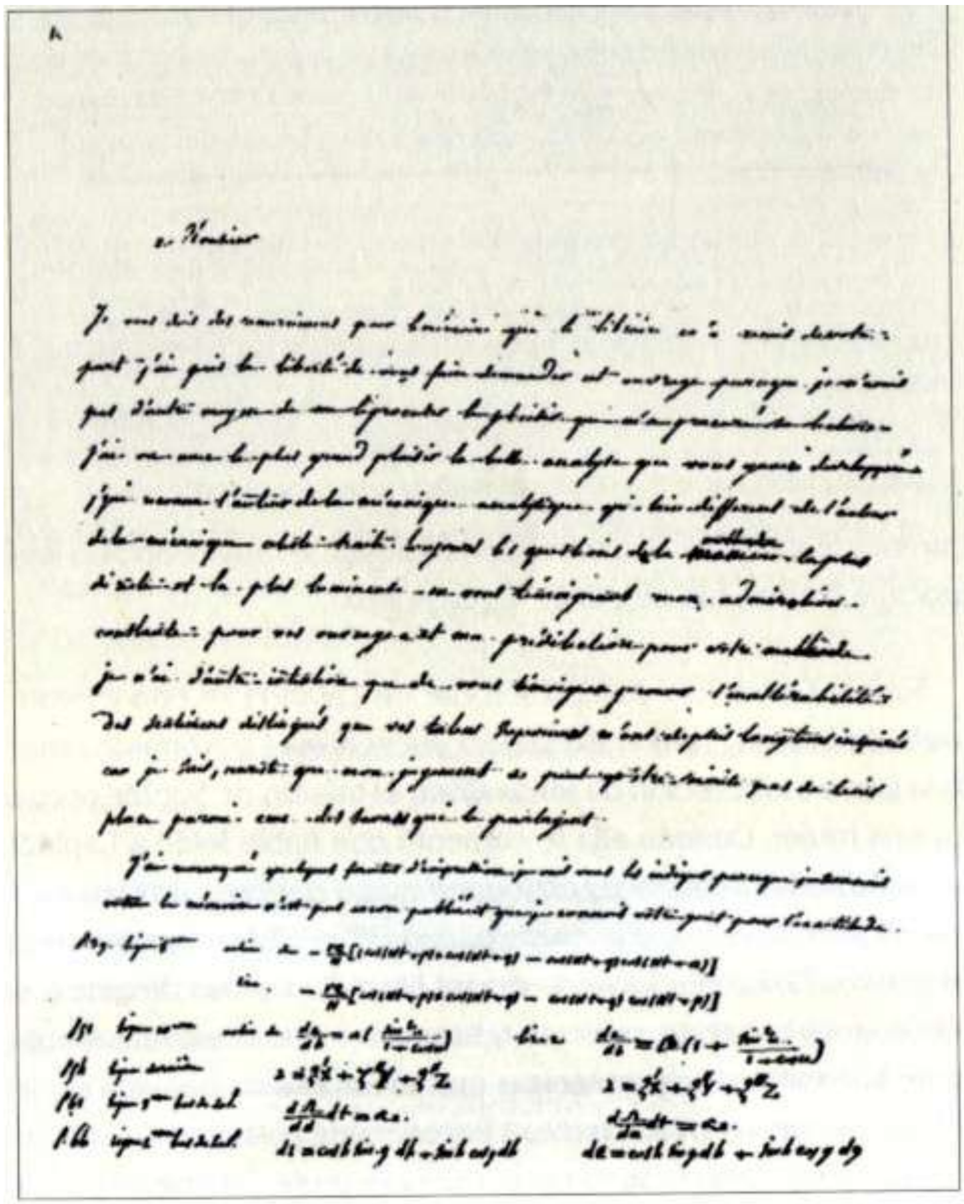
Me sentiría muy honrado si hubiera conseguido ofrecerle una muestra de mi sincera admiración por su hija.

Acepte, señora, se lo ruego, hacia ella y usted, el testimonio de mi aprecio.

Bernard

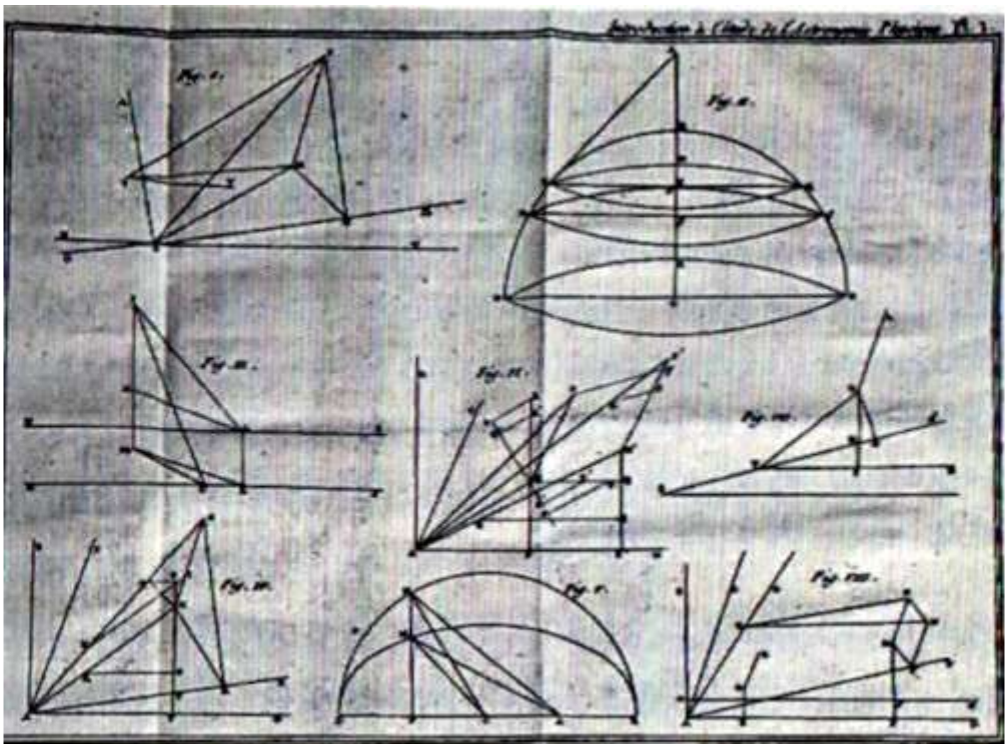
Su enfrentamiento con el astrónomo Lalande fue muy conocido en la época, e incluso fue objeto de algún poema.

Sophie Germain y Joseph Jérôme de Lalande se conocieron a través de Cousin, pero en su primer encuentro el astrónomo cometió la grave indiscreción de infravalorar el talento de Sophie porque era una mujer. Cuando ella le comentó que había leído a Laplace, pero que no había leído *La astronomía para mujeres,* un libro escrito por Lalande, este le dijo que le parecía imposible entender el uno sin el otro.



Carta de Sophie Germain dirigida a Lagrange que se conserva en la Biblioteca Moreniana de Florencia.

El libro de Lalande era un libro divulgativo dirigido a un público muy concreto, mujeres, y bastante ajeno al estudio avanzado de las matemáticas, mientras que el estudio de Laplace era un trabajo científico en toda regla.



Reproducción de una página de un libro escrito por el matemático francés Jacques-Antoine-Joseph Cousin.

A Sophie no le gustó lo más mínimo que su colega matemático no la valorase profesionalmente y que pretendiese rebajarla al nivel de una geometría para no iniciados, teniendo en cuenta además que este comentario posiblemente tu-viese una doble intención, pues la reputación de Lalande no era la de un anciano inocente, sino más bien la de un personaje con bastante malicia. El astrónomo escribió una carta de disculpa, fría para la pomposidad de la época, pero no fue suficiente y nunca se reconciliaron. Esta falta de entendimiento tendría su repercusión más adelante y un poema en el que se hablaba de esta enemistad le causó más de un dolor de cabeza a Sophie.

Busto del astrónomo Lalande realizado por Jean-Antoine Houdon.

En 1802, D'Ansse de Villolson la escribía:

> *A pesar de la fatal proscripción que habéis lanzado sobre un famoso astrónomo y sus amigos, no he podido dispensarme de hacer honor a la verdad y no he perdido un momento para poder ofreceros las primeras líneas de un poema en versos latinos de mi propia composición que va a ser publicado dentro de unos días en el Magasin encyclopédique. En la página 239 del mismo*

podréis ver una pequeña muestra de la justicia que yo le hago a usted, señorita, y que por tantos motivos le es debida.

A pesar del homenaje que pretendían rendirle con este poema, no fue del agrado de Sophie, que recibió más cartas dirigidas a su madre y a ella. D'Ansse de Villoison se disculpó y prometió mostrar, en lo sucesivo, su admiración en silencio. Aseguró que el arrepentimiento le duraría el resto de su vida por haber compuesto una pieza que pudiese herir la modestia de Sophie.

El poema causante de tal pesar decía lo siguiente:

Poema de cumpleaños para Lalande, el famoso astrónomo, por D. G. d'Ansse de Villoison

Las estrellas celebran este día el surgimiento de una estrella:

Con alegría Lalande cubre el cielo con una luz insólita, y abraza el mundo.

Con su nacimiento un nuevo calendario ha nacido:

A partir de este día dejad que los que saben cuenten los años y el tiempo.

Este es su día, alabadlo, seguidores de las Musas,

Si la tierra se niega a pronunciar ese nombre,

amado por el coro pireiano de adorables mujeres, el cielo retumbará.

Impaciente se eleva a las nubes con el movimiento de un pájaro, donde su nacimiento le ha guiado, sus orígenes celestiales lo atraen: tiran de él, y una energía abrasadora le da alas veloces.

Su sobrino le sigue rápidamente, y la esposa de su sobrino, y también Burchard va al mismo ritmo.
Ariadna, la cual ya envidia la sabia imagen de Germain,
ve y no le gusta lo que ve, cede su corona.
"¿Qué nueva Epígono entra en el reino estrellado?", pregona. "Con audacia ella intenta entrar en nuestra casa. Dioses, detened su vuelo mientras podáis, controlad a esta muchacha icárea; por su ardiente esfuerzo vencerá gigantes. ¡Esta mujer ambiciosa que ya se pasea por el reino de Laplace! ¡Y bebe las etéreas llamas, con tragos codiciosos!".

Con este rimbombante homenaje pasó a la historia el enfrentamiento entre Lalande y Sophie. Afortunadamente para ella, no todo se quedaría en poemas pomposos. Hubo grandes matemáticos que reconocieron que estaba a su altura, a pesar de que otros, más mediocres, tuviesen envidia de su talento.

Capítulo 2
Matemáticas elásticas, matemáticos rígidos

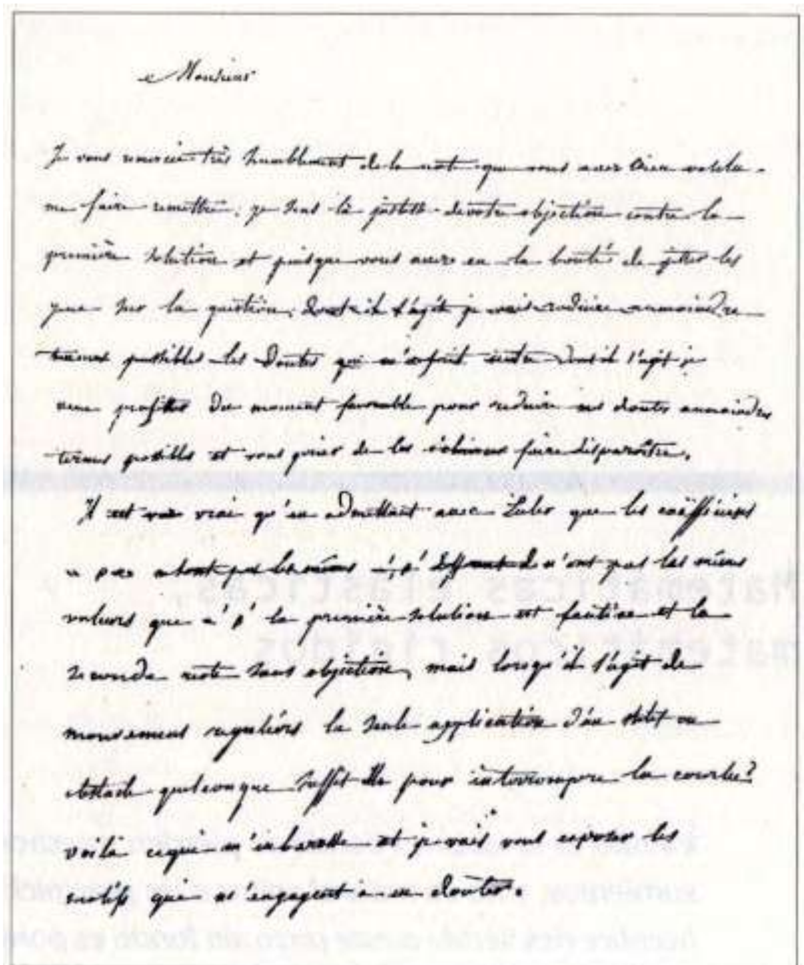
Infinito es el abismo donde se pierden nuestros pensamientos, y no es natural saltar a un precipicio. Si el hombre desciende a este pozo sin fondo es porque ha sido impulsado por una pendiente.
Sophie Germain

Contenido:

§. Buscando una teoría
§. Una victoria amarga
§. Publicaciones y polémicas

Vamos a dar un salto en el tiempo de diez años más o menos, desde el momento en que Sophie fue descubierta por Lagrange, alrededor de 1795, hasta que se puso de moda en el mundo científico la teoría de la elasticidad en superficies.

Durante ese tiempo, Sophie había conseguido adentrarse en la esfera masculina de las ciencias exactas gracias a Lagrange. También entabló una gran amistad con Adrien-Marie Legendre, quien, como el matemático de Turín, ejercería de mentor y la ayudaría en la andadura matemática que había comenzado en la más absoluta soledad. Soledad que provocó carencias en algunos aspectos básicos de su formación, como en el uso del lenguaje matemático en un campo, el análisis avanzado, donde resulta tan necesario.



Carta de Sophie Germain dirigida a Legendre que se conserva en la Biblioteca Moreniana de Florencia.

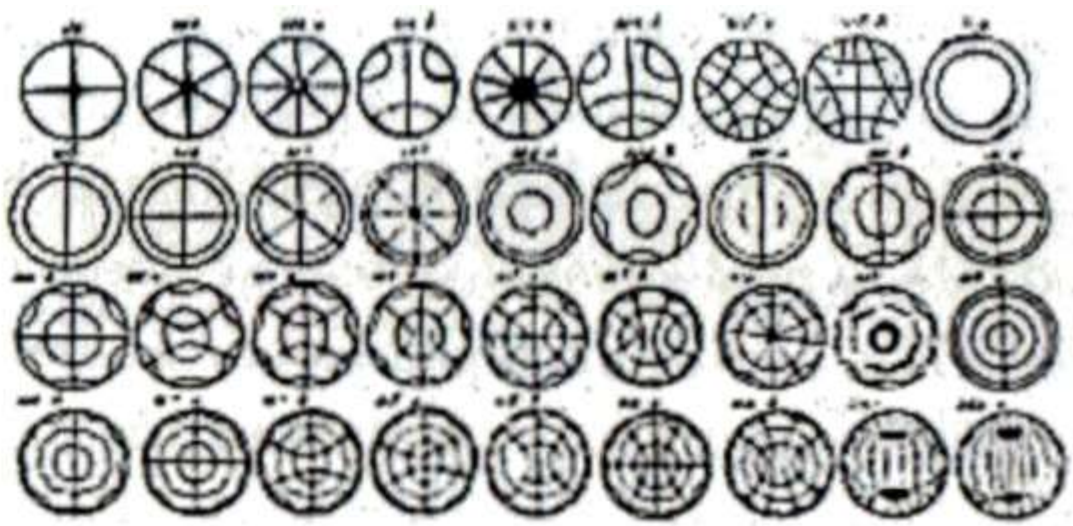
Esta laguna le acarrearía muchos problemas en los años siguientes. Aunque también es cierto que su aislamiento le permitió ser un pájaro que volaba libre, sin percatarse de las complejidades de determinadas áreas, pues desde su punto de vista debían ser todas igual de complejas o de sencillas. Según una metáfora que usaba ella, citada al principio del capítulo, esta circunstancia le permitió convertirse en una pendiente. Ella aprovechó muchas otras pendientes antes de llegar a ser una, pero se lanzó al abismo, lo que permitió a otros seguir el rastro que dejó.

§. Buscando una teoría

Toda ecuación es una igualdad. ¿Cuáles son las propiedades de una curva? Una igualdad entre productos, o alguna combinación de líneas rectas encerradas y limitadas por esta curva.
Sophie Germain

Con los pasos que fue dando, Sophie se adentró en los tejemanejes de la *corte científica.* Laplace estaba buscando el modo de dar más crédito a Siméon-Denis Poisson y alentó a Napoleón para que crease un nuevo premio con la esperanza de que lo ganase su protegido. Con lo que no contaba era con la aparición de Sophie Germain en escena.

Todo empezó cuando, en 1808, el alemán Ernst Florens Friedrich Chladni llegó a París e hizo públicos los resultados de sus experimentos *musicales.* Chladni deleitó a la concurrencia con un concierto de formas; con unos platos de cristal, un arco y un puñado de arena los dejó a todos boquiabiertos. Sus melodías provenían de un singular instrumento: en uno de los platos esparcía algo de arena; lo cogía por dos puntos opuestos de un modo delicado, con un par de dedos, sin hacer mucha fuerza; y con el arco *hacía sonar* una de sus aristas, la agitaba como si de la cuerda de un violín se tratase. Si lo hacía bien, emitía una melodiosa nota, pero no era eso lo que dejaba atónito a su público, sino la arena que previamente había espolvoreado. Con la vibración, en el plato se había redistribuido la arena dibujando unas formas que no parecían aleatorias y, si repetía el experimento exactamente igual, se volvía a dibujar la misma figura.



Dibujos producidos por la arena en platos redondos sometidos a vibración (Tratado de acústica de Chladni (1809), pág. 119).

Sin embargo, si se variaba alguna de las condiciones, como la forma del plato, su sujeción, el modo en el que el arco lo tocaba... el dibujo que se perfilaba era diferente.

El Instituto de Francia y la Academia de Ciencias, donde Sophie tenía vetado el acceso

La Academia de Ciencias de Francia se creó en 1666 con el *objetivo de apoyar el desarrollo de la ciencia, como dice el artículo 2 de su reglamento: "Anima y protege el espíritu de la investigación y contribuye al progreso de las ciencias y de sus aplicaciones' La Academia se dividía en dos categorías principales: las ciencias matemáticas y tas ciencias naturales, cada una de ellas dividida a su vez en tres secciones. La primera comprendía la geometría, la mecánica y la astronomía; y la segunda, la química, la botánica y la anatomía. En 1699 recibió el título real y Luis XIV se reservó el privilegio de nombrar a sus miembros. Los académicos estaban obligados a vivir en París si no querían verse reemplazados. El reglamento también obligaba a la Academia a mantener relaciones con estudiosos de las diferentes regiones de Francia, así como de países extranjeros.*

En 1793 se eliminaron todas las academias reales, pero con la constitución de 1795 se creó el Instituto de Francia, que pretendía convertirse en la organización que recogiese los descubrimientos de toda la nación además de promover el estudio de las artes y de las ciencias. Su emblema era un perfil de la diosa Minerva, simbolizando así la sabiduría, la inteligencia y la razón.

Este instituto inicialmente estaba formado por tres clases: la primera clase, que se ocupaba de las ciencias, la segunda, encargada de las ciencias morales y políticas, y la tercera, responsable de la literatura y las bellas artes. La primera clase se dividía en dos clases principales, como la antigua

Academia de Ciencias: las ciencias matemáticas y las ciencias naturales. Cada una de ellas abarcaba varias secciones; por un lado: matemáticas, artes mecánicas, astronomía y física experimental, y por otro: química, historia natural y geología, botánica y física de los vegetales, anatomía y zoología, medicina y cirugía, y economía rural y veterinaria.

La diosa Minerva en el umbral de entrada al Instituto de Francia.

Cada una de estas divisiones estaba formada por seis miembros. Para convertirse en miembro de la primera clase del Instituto de Francia había que esperar la vacante por fallecimiento de alguno de los ya titulares.

En 1816, durante el reinado de Luis XVIII, el Instituto se reorganizó. Las clases recuperaron su antiguo nombre de academias y el Instituto pasó a comprender la Academia Francesa, la Academia de Inscripciones y Bellas Letras, la Academia de Ciencias y la Academia de Bellas Artes. Posteriormente, se añadiría la Academia de Ciencias Morales y Políticas. Estas cinco academias son las que lo forman hoy en día.

INSTITUT DE FRANCE

Logo oficial del Instituto de Francia con la diosa Minerva.

Esta música de formas atrajo el interés de todos en París, empezando por el emperador, Napoleón, que mostraba gran interés por todas las aplicaciones científicas. Sophie Germain, posiblemente invitada por Lagrange, acudió a una de las demostraciones y escribió luego:

> *"Tan pronto como supe acerca del primer experimento del señor Chladni, me pareció que el análisis podría determinar las leyes que lo gobernaban. Pero lo que sucedió fue que aprendí de un gran geómetra Lagrange que esta cuestión conlleva más dificultades de las que yo sospechaba. Entonces dejé de pensar en ello.*
>
> *Durante la visita del señor Chladni a París, mientas veía cómo ejecutaba su experimento, la curiosidad se despertó de nuevo."*

Cierto es, como decía Lagrange, que generalizar y establecer el comportamiento matemático de los resultados del experimento de Chladni era complicado, sobre todo porque se partía de cero, nadie antes se había planteado ese trabajo de análisis en las superficies. El mérito de quien encontrase la relación debía ser reconocido.

En esa época estaban de moda los premios científicos. Ya a lo largo del siglo XVIII eran populares, pues el gobierno establecía muchos para animar los estudios en las áreas que le interesaban. Cuando en 1795 se creó el Instituto de Francia, se decidió que serían los miembros de la primera clase (miembros del Instituto de Francia dedicados a la ciencia), los encargados de proponer y juzgar los premios científicos. Estos premios normalmente seguían un procedimiento bien establecido que, en el caso que nos ocupa, tuvo ciertas particularidades. Se daba un plazo de dos años para resolver el problema planteado y si, tras ese período, el premio no tenía ganador, bien porque no se presentaba nadie, bien porque los trabajos presentados no tenían la calidad requerida, el plazo se alargaba otro período, muchas veces duplicando su valor.

El gran premio que se creó para quien fuese capaz de establecer el comportamiento observado en los trabajos de Chladni *robó* el dinero de otro premio, pues cuando se pensó en proponer esta investigación a concurso el presupuesto para premios ya estaba asignado. Lo que ocurrió fue que en ese momento había un premio de física para el que ningún trabajo había resultado premiado y en cuya comisión estaba Laplace. En vez de ampliar el plazo, la primera clase le propuso al emperador destinar ese dinero a un nuevo premio, el que nos interesa, relacionado con el experimento de las vibraciones en las superficies. Napoleón aprobó rápidamente el cambio y se estableció la comisión para el programa del galardón, en la que de nuevo estaba Laplace. El premio se presentó en abril, otra irregularidad, ya que lo normal era que lo hiciesen en enero.

> *Su Majestad el Emperador y Rey, que ha considerado al señor Chladni digno de ser llamado a su presencia para ver sus experimentos, siendo consciente de la importancia e impacto del descubrimiento de una teoría que explique con rigor todos los fenómenos que conllevan estos experimentos, y que supondría un progreso en la física y el análisis, desea que la primera clase cree sobre este asunto un premio que esté abierto a todos los estudiosos de Europa. Esta nueva muestra de genialidad benevolente, que alimenta la visión de magnificencia e interés que tiene su Majestad por el progreso y propagación de la Ilustración, será recibida con reconocimiento por todas las gentes de honor y cultivadas en ciencias.*

Así, la primera clase propone, como objetivo para ganar el premio, el desarrollo de una teoría matemática de vibración para superficies elásticas y la comparación de esta teoría con los experimentos.

El premio será una medalla de oro, valorada en 3.000 francos. Será entregada en una sesión pública el primer lunes de enero de 1812.

Los trabajos se podrán presentar hasta el 1 de octubre de 1811, fecha de cierre sin ninguna excepción.

Todos los misterios tras las peculiaridades con las que se convocó el premio se aclaran al considerar el binomio Laplace-Poisson. El primero, miembro del Senado e influyente matemático de la época, el segundo, protegido del primero y autor de geniales trabajos, pero todavía sin un puesto en el Instituto de Francia. El problema de Poisson era que había limitado en exceso sus estudios a las matemáticas, sin buscar ninguna relación o implicación con otras áreas, de modo que para aspirar a una de las plazas de la primera clase solo podía esperar a que hubiera una vacante dentro de su sección. La jugada de Laplace al convocar el premio residía en el equilibrio que la convocatoria presentaba entre la física y las matemáticas. Pretendía que Poisson se presentase y que, con su trabajo, ampliase sus posibilidades de optar a una plaza en el Instituto. Gracias a su formación matemática, Poisson estaba más que cualificado, pero como el problema se relacionaba con la física, también podría optar a una plaza en esa sección. Hemos de adelantar que finalmente consiguió entrar en ella, a pesar de que en aquel momento no había contribuido a la física con ningún trabajo de interés.

Sophie, en principio, no tenía pensado presentarse, simplemente sentía curiosidad por entender el problema planteado. De esta época se conservan cuatro cartas entre Sophie y Legendre: una de ella y tres de él. Estas cartas son peculiares, pues no contienen alabanzas o explicaciones ajenas a las matemáticas, la pomposidad de las comunicaciones escritas de la época aquí desaparece. Las cartas se centran directamente en cuestiones relacionadas con el trabajo que estaba desarrollando la matemática. Más que cartas podríamos decir que se trata de apuntes, como un profesor que va corrigiendo la libreta de su alumno. El intercambio de misivas podría parecer ridículo teniendo en cuenta que los dos vivían en París, pero, seguramente, era fruto de la situación de *Mademoiselle* Germain. Una mujer, además soltera, no debía tener fácil el reunirse con sus colegas matemáticos para discutir sus avances. Cualquier encuentro exigía invitaciones, permisos y diferentes convenciones sociales, con lo que la correspondencia se convertía en el método más fácil y rápido de trabajo. Gracias a estas notas sabemos que Legendre ayudó a Sophie en la comprensión del análisis de Euler, que posteriormente daría como resultado el trabajo que presentó a concurso. Tres de estas cartas son de enero de 1811 y una de ellas no tiene fecha. En ellas no hay ningún indicio del trabajo que luego presentaría Sophie Germain, lo que quiere decir que a falta de nueve meses para que se cerrase el plazo, todavía no había obtenido resultados.

El 21 de septiembre Sophie presentó una memoria a concurso. El 1 de octubre, último día para participar en el premio, únicamente ella era candidata al galardón.

Para que el procedimiento fuese lo más justo posible, las obras no se presentaban firmadas, sino acompañadas de una cita, escrita en un sobre cerrado que contenía el nombre del autor y que no se abría a no ser que resultase premiada. Sophie escogió la cita de Newton: *“Effectuum naturalium ejusdem generis eaedem sunt causae” ("De efectos naturales del mismo tipo se obtienen las mismas causas").*

Todo esto de la cita era una parafernalia, pues con frecuencia los miembros del jurado sabían quién se presentaba y cuál era su trabajo, como en este caso, como podemos ver por la nota que le envió Legendre a Sophie:

París, 22 de octubre de 1811

Señorita:

Su memoria no se ha perdido, es la única que hemos recibido con referencia al problema de vibración en superficies. Ayer se designaron cinco miembros para evaluarla. Yo tengo el honor de ser uno de ellos. Los señores Laplace, Lagrange, Lacroix y Malus son los otros cuatro. Yo no he dicho nada, y le recomiendo, también, guardar silencio hasta que se formule un juicio definitivo.

Soy, con todos los sentimientos que usted conoce, su devoto servidor.

Legendre

No solo esta nota demuestra cómo se rompían las reglas, pues Legendre mantuvo correspondencia con Sophie durante todo el proceso de valoración. Es más, en una nota de noviembre comentaban sin ningún tipo de rubor que añadiría un anexo a su trabajo. Según parece, Sophie continuó trabajando en la memoria una vez entregada y le surgieron ciertas dudas. Dudas que Legendre calmó, porque Sophie debía de ser un manojo de nervios. Nunca antes se había visto en tal situación: la evaluación formal de uno de sus trabajos. Desgraciadamente para ella, Lagrange envió la siguiente nota al resto del tribunal en diciembre:

La ecuación fundamental para el movimiento de las superficies que vibran no me parece exacta, y la manera en la que se llega a deducir que una lámina elástica pasa de una línea a una superficie me parece poco ajustada. Dado que las z son muy pequeñas, la ecuación se reduce a:

$$\frac{d^2y}{dt^2} + gEbc\left(\frac{d^6z}{dx^4dy^2} + \frac{d^6z}{dy^4dx^2}\right)$$

Mas si consideramos, como el autor, 1/y + 1/y para la medida de la curva en la superficie, y que la elasticidad tiende a disminuir, suponemos que proporcionalmente; me encuentro, para los casos de z muy pequeño, una ecuación de la forma:

$$\frac{d^2z}{dt^2} + h^2\left(\frac{d^4z}{dx^4} + 2\frac{d^4z}{dx^2dy^2} + \frac{d^4z}{dy^4}\right) = 0$$

Que es bastante diferente a la anterior.

Lagrange tenía razón en lo referente al error de Sophie y la fórmula que dedujo gracias al trabajo de ella es correcta, aunque no lo comprobó. Se limitó a afirmar que, bajo las condiciones dadas en la memoria, los cálculos estaban mal hechos y la fórmula debía ser la que él proponía. Sobre lo acertado o desafortunado de las hipótesis no decía nada.

Antes de darse a conocer el resultado públicamente, Legendre envió una nota a Sophie:

4 de diciembre de 1813

Señorita:

No tengo buenas noticias sobre la evaluación de su trabajo. Su principal ecuación no es correcta, incluso asumiendo la hipótesis de que la elasticidad para cada punto se pueda representar por $1/y + 1/y$*. El señor Lagrange ha encontrado que, usando esta hipótesis, la ecuación correcta debería ser de la forma*

$$\frac{d^2z}{dt^2} + h^2\left(\frac{d^4z}{dx^4} + 2\frac{d^4z}{dx^2dy^2} + \frac{d^4z}{dy^4}\right) = 0$$

en los supuestos en los que z sea muy pequeño [...].

Una clase para Sophie

Las cartas entre Legendre y Sophie Germain no ofrecen ningún resultado espectacular o de especial relevancia en el trabajo de la matemática. Sin embargo, tienen el interés de mostrar cómo iba aprendiendo ella: a través de un cruce de notas, con la ausencia de un tutor sentado a su lado con quien mantener una discusión fluida, sin nadie a quien poder explicar directamente todo lo que trataba, solo resúmenes de su trabajo, sin poder sacar provecho de la lluvia de ideas que supone el intercambio de opiniones de un modo relajado...

Sophie analizó primero los resultados sobre elasticidad obtenidos por Euler. Cuando empezó su correspondencia con Legendre estaba tratando de generalizar uno de ellos. Euler no había estudiado qué ocurría en la superficie de la lámina, que era el objeto del premio convocado. Había analizado lo que sucedía, digamos, en el perfil, lo que interesaba a Sophie, porque constituye el límite de la superficie.

El matemático suizo había conseguido demostrar que cuando tenía una lámina de una longitud determinada, fija en los extremos y con otro punto fijado con una aguja, si se hacía vibrar la lámina todas las posibles frecuencias de vibración (los dibujos que se forman) se podían determinar mediante las raíces (soluciones) de la ecuación:

$$0 = 2 - 2e^{2\omega} - \left(e^{\lambda\omega} - e^{\omega(2-\lambda)}\right)\left(e^{\lambda\omega} - e^{-\lambda\omega}\right)\frac{\operatorname{sen}\omega}{\operatorname{sen}\lambda\omega \cdot \operatorname{sen}(1-\lambda)\omega}$$

La incógnita, es decir, la frecuencia de vibración, se escondía tras ω, que es igual a la longitud de la lámina dividida por las frecuencias de vibración. Euler buscó estas soluciones, pero solo resolvió la ecuación para un caso especial: cuando la aguja se encuentra exactamente en la mitad, lo que en la ecuación supone hacer $\lambda = 1/2$.

Lo que buscaba Sophie, mientras se escribía con Legendre, era la solución de esa ecuación sin fijar el valor de λ, es decir buscaba un modo de expresar las soluciones sin importar en qué punto se situase la aguja.

Euler, al resolver la ecuación que él mismo había planteado en *el caso λ = 1/2, y tras varias operaciones, la simplificaba a:*

$$0 = \left[\operatorname{sen}\frac{\omega}{2}\right][(1 + e^{\omega})] \operatorname{sen}\left(\frac{\omega}{2}\right) - (e^{\omega} - 1)\cos\left(\frac{\omega}{2}\right)$$

De modo análogo, Sophie reescribió la ecuación de Euler como:

$$0 = \operatorname{sen}\lambda\omega \cdot \operatorname{sen}(1-\lambda)\,\omega(2 - 2e^{2\omega}) -$$

$$-\left(e^{\lambda\omega} - e^{\omega(2-\lambda)}\right)\left(e^{\lambda\omega} - e^{-\lambda\omega}\right)\operatorname{sen}\omega$$

Ella empezó su búsqueda por los valores que anulaban los dos términos de la resta. Buscó los valores para los que sen λω = sen ω = 0. Para esta situación encontró sin problemas soluciones. Por ejemplo, si λ = 1/3, entonces ω = 3π, 6 π, 9 π, que podrían darnos diferentes frecuencias de vibración.

Su siguiente paso fue asumir que sen λω no era cero y entonces aparecieron todas las complicaciones. En su desesperación, escribió a Legendre para pedirle ayuda con este tipo de soluciones y, de paso, para que evaluase los resultados que ya había obtenido en el caso particular donde los dos términos de la resta se anulaban.

Legendre le respondió lo siguiente a la primera cuestión:

"Con respecto a las soluciones de "segundo tipo", excepto para valores pequeños de ω, los cuales requieren de algunas pruebas de ensayo y error antes de precisar su valor, en general es fácil resolver la ecuación de Euler que aparece en la página 154, es decir:

$$0 = 2 - 2e^{2\omega} - \left(e^{\lambda\omega} - e^{\omega(2-\lambda)}\right)\left(e^{\lambda\omega} - e^{-\lambda\omega}\right)(\cot\lambda\omega + \cot(1-\lambda)\,\omega)$$

$$0 = -2e^{2\omega} + e^{2\omega}(\cot\lambda\omega + \cot(1-\lambda)\,\omega)$$

En realidad, si uno comprende bien el espíritu de la solución para los seis casos principales, uno ve que excepto para los valores más pequeños, y a veces incluso para ellos, la cantidad $e^{-\omega}$ se hace tan grande que uno puede ignorare con respecto a e^{ω} con completa confianza, del mismo modo que se puede ignorar $e^{-\omega}$ con respecto a e^{ω}. De acuerdo con este principio la ecuación principal se reduce a:

$$\cot\lambda\omega + \cot(1-\lambda)\,\omega = +2$$

Ahora, fijando

$$\cot \lambda\omega = x \quad \text{y} \quad \cot(1 - \lambda)\omega = y$$

se encuentra fácilmente, para diferentes valores de ω, una ecuación algebraica que relaciona x e y, la cual, con la ecuación x + y = 2, nos dará un número finito de soluciones. Por ejemplo: λω = α, λω = β, λω = γ.

A partir de estas soluciones, uno entonces forma la solución general:

$$\begin{gathered}\lambda\omega = \alpha + \kappa\pi \\ \lambda\omega = \beta + \kappa\pi \\ \lambda\omega = \gamma + \kappa\pi \\ \dots\end{gathered}$$

donde κ es un número cualquiera.

Así, existirán tantos valores de ω como raíces de la ecuación en x.

Por ejemplo, si λ = 1 /3, entonces se tiene que satisfacer la ecuación:

$$2 = \cot(\omega/3) + \cot(2\omega/3)$$

Ahora, si se establece $\cot(\omega/3) = x$*, se tendrá* $\cot(2\omega/3) = (x^2 - 1)/2x$*, entonces* $x + (x^2 - 1)/2x = 2$ *o* $3x^2 - 1 = 4x$*, así* $x = (2 \pm \sqrt{7})/3$*. Sean* α *y* β *los dos ángulos entre 0 y 180° que cumplen* $\cot \alpha = (2 + \sqrt{7})/3$ *y* $\cot \beta = (2 - \sqrt{7})/3$*y tendremos en general:*

$$(1/3)\, \omega = \alpha + \kappa\pi, \qquad (1/3)\, \omega = \beta + \kappa\pi$$

Esto es, los valores de ω *vendrán dados por dos series diferentes:*

$$3\alpha,\ 3\alpha + 3\pi,\ 3\alpha + 6\pi\ldots$$

$$3\beta,\ 3\beta + 3\pi,\ 3\beta + 6\pi\ldots$$

cada uno resultado de un modo en el que la lámina puede vibrar.

En la práctica sería necesario investigar más cuidadosamente los valores exactos de los primeros términos 3α*,* 3β*, porque los demás serán muy cercanos".*

Así, como en una lección, explicaba paso a paso cómo resolver la ecuación Legendre a la intrépida Sophie, que se había adentrado en un mundo complejo cuya dificultad se veía incrementada debido a su escasa formación.

Con respecto a la segunda cuestión las soluciones ya encontradas por Sophie, Legendre comentaba que tanto ella como Euler se habían equivocado al simplificar la ecuación:

"La ecuación sen $(\omega/2) = 0$ *no es consecuencia necesaria de la ecuación que hay que resolver, viene de haber introducido un factor a través de una multiplicación y es irrelevante para la*

solución del problema.es:

$$0 = 2 - 2e^{2\omega} - \left(e^{\lambda\omega} - e^{\omega(2-\lambda)}\right)\left(e^{\lambda\omega} - e^{-\lambda\omega}\right)(\cot\lambda\omega + \cot(1-\lambda)\,\omega)$$

Así, si $\lambda = 1/2$, se convierte en:

$$0 = 2 - 2e^{2\omega} - \left(e^{\omega/2} - e^{3\omega/2}\right)\left(e^{\omega/2} - e^{-\omega/2}\right)(2\cot(\omega/2))$$

Ahora, la suposición sen(ω/2) = 0 no satisface esta ecuación. Solo se cumplirá cuando $\omega/2 = 0$ o $\omega/2$ sea infinitamente pequeño, lo cual no es el caso real, sino una abstracción.

Además la solución sen (ω/2) = 0 es inadmisible, porque daña infinitos valores para los coeficientes de la página 153 (siempre tomando $\lambda = 1/2$).

[…]

Cuando la señorita Sophie desea considerar el caso general, me parece que cae en el mismo error que Euler al tomar sen $\lambda\omega$ = 0. Esta solución es una ilusión, el resultado de la incorrecta introducción de un factor en la ecuación".

Sophie, que aunque había estudiado poco gozaba de un talento natural no se dejaba intimidar cuando sus maestros le advertían de un error. Repasaba lo que había hecho cuidadosamente y replicaba si lo consideraba oportuno, como fue el caso:

Señor:

Le agradezco humildemente la nota que tuvo la amabilidad de entregarme. Creo que son justas sus objeciones contra la primera solución. Dado que ha tenido la consideración de echar un vistazo al tema, por esa parte, disfruto del buen *momento en el que mis dudas se reducen a pequeñas cosas o se eliminan por completo.*

Es cierto que, asumiendo que los coeficientes de Euler no tenían el mismo valor que [este fragmento falta en el borrador de la carta que se conserva], la primera solución es incorrecta y la segunda se mantiene sin objeción, pero ¿qué pasa cuando los movimientos son regulares y se aplican a una lámina sujeta solo por uno de sus extremos o existe un obstáculo que detiene la curva? Esto es lo que me confunde y me lleva a exponerle las razones que me inducen a dudar.

Entonces Sophie pasaba a analizar el caso concreto de la oscilación de una lámina cuando está fijada con la aguja en uno de sus extremos. En este caso, los extremos se mantienen en una posición pero la lámina puede rotar alrededor del eje de uno de ellos.

Tras analizar el caso, de un modo muy diplomático le indicó a Legendre que estaba equivocado:

[...] la multiplicación de los coeficientes que tiene la bondad de señalarme deja fuera un caso muy particular, [...] si se asume la interrupción de la curva, yo no puedo concebir, como usted amablemente me ha indicado sin ningún tipo de duda, que debamos rechazar la primera solución y aceptar solo la segunda, [...] pero lo que usted ha hecho el honor de comunicarme, ha incrementado mis dudas, [...] asumir un obstáculo fijo equivale a asumir la separación absoluta en dos porciones de la lámina y yo no he encontrado que algo así esté

contenido en el análisis de los seis casos, entonces ¿sería usted capaz de mostrarme cómo su solución implica el obstáculo fijo?
Legendre respondió y no le quedó otro remedio que reconocer su error. Aprovechó para continuar con sus lecciones y le explicó de un modo analítico qué le había llevado a su equivocación Sí parecía que había un cálculo erróneo en el trabajo de Euler que obligaba a considerar varios casos por separado: "este resultado se reconcilia completamente con la teoría que la señorita Sophie desea adoptar, a pesar de las ecuaciones de Euler y a pesar de mi primera carta".
Existe una tercera carta de Legendre que nos hace pensar que los errores que le mostró hicieron reflexionar a Sophie: ella quería saber si las soluciones eran posibles en la realidad o si por el contrario solo se trataba de resultados analíticos. Legendre le contestó que aunque era posible algún caso que solo fuera analítico en el extraño desarrollo de Euler ella tenía razón en su planteamiento y podía dar el tema por zanjado.
No queda constancia de que insistiera en la cuestión así que es de suponer que Sophie continuó su camino en la elaboración de una memoria para el concurso del Instituto de Francia.

La matemática no se sorprendió de la noticia, porque no tenía mucha confianza en su trabajo. "*Me dejé llevar por una analogía que parecía correcta, pero que no era capaz de comprender totalmente",* le dijo a Legendre en su respuesta. Esta analogía, que le siguió pareciendo válida, venía a decir que en un punto de la superficie la fuerza de la elasticidad era proporcional a la suma de las curvaturas principales en dicho punto. La fe en este planteamiento hizo que no cesase en sus empeños por demostrarlo. A falta de un trabajo ganador, el premio se prorrogó hasta octubre de 1813 y ella se entregó en cuerpo y alma a mejorar sus resultados y a subsanar los errores.

§. Una victoria amarga

> *Sin duda, la felicidad de los sabios desagrada a los malvados, el espectáculo de su paz importuna sus almas agitadas, como la visión de un día bonito entristece a quien no puede disfrutar de él.*
>
> *Sophie Germain*

Me indican la aprobación de la memoria n° 1 cuya cita es:

"Con diferencia, el mayor obstáculo para el progreso de la ciencia y la comprensión de nuevas tareas y objetivos es este: la desesperación de los hombres de creer que es imposible".

> *Si hubiese encontrado la ocasión, le habría consultado antes de seleccionar definitivamente esta cita, porque creo que es algo pretencioso, lo cual difícilmente me conviene, pues tengo muchas razones para desconfiar de mis propias habilidades. De hecho, no veo más objeciones a mi teoría que la improbabilidad de haberla encontrado de un modo justo. Me temo que se refleja*

claramente la influencia del señor Lagrange. Sin duda, el problema ha sido abandonado solo porque este gran geómetra lo juzgó difícil. Posiblemente ese mismo prejuicio significará la condena de mi trabajo sin una evaluación reflexiva, que, por otro lado, es lo que me ha llevado a escoger como cabecera de mi memoria una cita que parece apropiada a los pensamientos que albergo. Además, confío en el valor de su apoyo mucho más que en la influencia de este pensamiento filosófico de Bacon, aunque el tema de mi memoria no me permite albergar esperanzas de tenerlo en el tribunal, yo me dirijo a usted con el objeto de asegurarme de que los jueces se tomen la molestia de comprender mi largo y laborioso trabajo.

Tengo fe en la solidez de la teoría de la que es objeta. La he examinado varias veces. Además, la he comparado con los resultados del experimento del señor Chladni y no he maquillado el hecho de que uno pueda notarla diferencia entre diversas medias (de frecuencia) deducidas de esta teoría y las medias obtenidas por el experimento. Pero estas diferencias solo aparecen en ciertos casos, aquellos que están asociados con la particular integral que está en la misma forma que en la teoría de cuerdas vibrantes. Es irrelevante en otros casos y es evidente solo en la comparación de los tonos que están asociados con las formas que define esta integral con los tonos asociados a las formas de otra integral particular. De hecho, los tonos dados por cada una de estas integrales, tomados en las *mismas circunstancias, dan, comparándolos con ellos mismos, medias de acuerdo con el experimento.*

En lo que respecta al modo de las formas, las he explicado en un gran número de modos que considero satisfactorios. Así, creo que mi teoría se apoya en el suficiente número de pruebas y que es más avanzada, incluso con la comparación de medias del experimenta, que la teoría de superficies extendida, que nadie ha puesto en duda.

Pero incluso si me equivoco en los principales temas de mi investigación, aún quedan algunas secciones de mi memoria que, tal vez, no sean indignas de la atención de los miembros de la clase.

A pesar de todas las razones que veo en favor de mis ideas, tengo poca confianza en mi juicio y todavía dudo de su valor. ¡Cuánto lamento la advertencia del señor Lagrange! Incluso aunque me corrigiese, él al menos habría señalado aquello que es independiente de la teoría principal y que merece atención. De haberlo aprobado, tendría la evidencia de que mi trabajo, tan imperfecto como es, con él ha tenido la ocasión de mejorar una teoría en la que he trabajado con gran interés, independiente del análisis, mi amor verdadero. Por otra parte, la idea de que el problema resulta difícil es lo que quizás podría impedir que se dedique esfuerzo alguno a la memoria, condenándola de antemano, lo que alimentaría mis temores. Semejantes lamentos son tan naturales como superfluos, se rinden bajo su protección

> *tan necesaria, y que reclamo con la confianza del interés, el cual me inspira, y con el cual siempre me ha honrado.*
>
> *Quizás debería pedir perdón por la longitud de mi plegaria, que con seguridad merece que le presente mis excusas. Le solicita, señor que sean bien recibidos los sentimientos de admiración y respeto de su servidora.*

Así se sentía Sophie un día cercano al cierre del plazo para entregar las memorias, durante la prórroga del concurso. Poco más sabemos acerca de estos años de trabajo, pues en esta ocasión no se conserva correspondencia al respecto. Como vemos, la confianza que tenía en que su labor se juzgase apropiadamente era escasa y disminuyó con la muerte de Lagrange en abril de 1813. Según ella, era la única persona que se molestaría en comprender su trabajo. Aun así, no se resignó del todo.

El trabajo que había presentado constaba de dos partes. Una teórica, donde desarrollaba una teoría buscando la formalización matemática de los experimentos. En la segunda, comparaba los resultados de su teoría con el experimento de Chladni.

Una vez más, su memoria fue la única presentada al concurso, lo que muestra que sus miedos no estaban injustificados y que era muy probable que la *amenaza* de Lagrange sobre la dificultad matemática que escondía la teoría que estaba buscando, hiciera desistir a muchos. En esta ocasión el tribunal estaba formado por Laplace, Legendre, Lacroix, Carnot y Poisson, que a estas alturas ya disfrutaba de su silla entre los miembros de la primera clase del Instituto.

De nuevo la espera se hizo insufrible para Sophie, que volvió a recurrir a Legendre para informarse de cómo evolucionaban las deliberaciones del tribunal. Con su respuesta podemos anticipar un poco lo que ocurriría finalmente en la segunda edición del concurso. Legendre le indicó que no entendía el análisis que ella le enviaba y que, o bien había errores de razonamiento, o bien de escritura, o quizá ella no tenía nada claro cómo trabajar con las integrales dobles en el cálculo de variaciones. El matemático, que por alguna razón desconocida no fue tan amable en esta carta como en las anteriores, mostró su desinterés por el tema. Aun así, apuntó varios fallos en su investigación, anticipando con ellos un problema para que se le concediera el premio:

> *"Su explicación de los cuatro puntos no me satisface lo más mínimo. Lagrange estaba en lo cierto al considerar dos elementos consecutivos en las curvas elásticas y al medir la elasticidad con el ángulo que forman estos dos elementos. No hay elementos análogos en las superficies o, al menos, los que nosotros hemos considerado como tales no lo son. Un elemento de la superficie tiene una proyección dxdy; el elemento después de la deformación tiene una proyección de (dx + ddx)(dy + ddy). Estas dos proyecciones son dos cuadrados diferentes. En suma, la naturaleza de los planos no se adecúa a estas proyecciones dado que un plano no pasa por cuatro puntos. Hay una gran escasez de claridad en todo esto".*

También señalaba que no podría añadir nada a la memoria que ya tenía el tribunal, de modo que una posible corrección de los errores no sería tenida en cuenta. A pesar de no mostrarse tan agradable como otras veces, resaltaba también los aspectos positivos:

> *"Sin embargo, su ecuación para la vibración en las superficies me parece que es correcta. Dejando el análisis a un lado, el resto, lo que se refiere a la explicación del fenómeno, creo que es bueno. Si la comisión designada por el Instituto fuese de la misma opinión, quizás reciba, al menos, una mención de honor. Espero que el trabajo incorrecto en análisis no dañe al resto de la memoria y a las partes que son correctas".*

Parece que el tribunal opinaba lo mismo que Legendre y el resultado del premio fue el siguiente:

> *"El análisis que el autor de esta pieza ha empleado para obtener su ecuación fundamental ha sido juzgado como completamente incorrecto y esta ecuación parece no derivarse de ningún método del análisis. Sin embargo, la parte de la memoria que incluye la comparación de la teoría con los experimentos del señor Chladni ha sido hecha cuidadosamente y lleva, en general, a resultados satisfactorios. La clase considera esta investigación merecedora de una mención de honor.*
> *La clase propone una prórroga del concurso de este problema en los mismos términos y condiciones. Se podrán entregar trabajos hasta el 1 de octubre de 1815, y esta condición es firme".*

La manera poco ortodoxa con la que Sophie manejaba el lenguaje matemático, fruto de su escasa formación, le había jugado una mala pasada. A pesar de tener claro el objetivo en la cabeza, no fue capaz de expresarlo con rigor, y eso le costó el premio. Pero no era de las que se dan por vencidas. Su tesón, unido a las ganas de entender las matemáticas, más la pasión que esta ciencia despertaba en ella, lejos de permitirle tirar la toalla, hicieron que, de nuevo, se aplicase en tratar de expresar del modo correcto las ideas que tenía cada vez más y más definidas.

Así que, a principios de 1814, se puso de nuevo a trabajar en su teoría de superficies. Pero no fue la única en hacerlo. En agosto de ese mismo año, en la sesión que reunía a los miembros de la primera clase del Instituto, el señor Poisson presentó un trabajo sobre las ecuaciones diferenciales en equilibrio y en movimiento de superficies elásticas.

Los miembros de la clase no solían competir en los premios que ellos mismos establecían y el tema del trabajo de Poisson era en ese momento objeto de un concurso abierto. Su comportamiento era todavía menos digno de una persona de honor si se tiene en cuenta que él mismo había sido juez en la anterior edición del concurso. Es de suponer que Poisson había decidido prescindir en este caso de la caballerosidad a cambio de la ambición y, tal vez, del reconocimiento con una investigación que sí le podría hacer digno de la silla que ocupaba como miembro del Instituto de Francia en el departamento de física, materia sobre la que todavía no había presentado ningún trabajo notable.

Legendre no estaba dispuesto a tolerar esta actitud, que además perjudicaba a su amiga Sophie Germain. Así que interrumpió la lectura de la investigación de Poisson. En el acta de la sesión no aparecen los detalles de la discusión, pero el resultado fue que Legendre no encontró apoyos suficientes o no dio argumentos de peso, porque Poisson siguió con su presentación.

Tras esta falta de ética, no sorprende que Poisson careciera de escrúpulos a la hora de hacer méritos profesionales. El trabajo que presentó era riguroso, pero su base estaba en la ecuación diferencial que Lagrange había obtenido y para la que Sophie no fue capaz de escribir el desarrollo formal adecuado, tal y como se señaló en la resolución del concurso. Poisson no hacía ninguna referencia a Sophie, aunque mencionaba su memoria. Dado que no había recibido ningún premio, mantenía al autor en el anonimato. Así se omitía el mérito de quien había realizado las investigaciones previas.

Como vimos, cuando Lagrange dio la ecuación no la reconoció como correcta. Indicó que bajo las hipótesis presentadas el resultado era correcto, pero no analizó si dichas hipótesis resolvían el problema. Se limitó a señalar el error matemático en la memoria, por el cual no merecía ser premiada. El segundo trabajo de Sophie, que Poisson evaluó como juez, demostraba con infinidad de ejemplos que la ecuación de Lagrange sí predecía los modelos de vibración en algunos casos, lo cual permitía sospechar que iba a ser una ecuación correcta en el estudio de superficies elásticas. A la hora de demostrarlo, más allá de ejemplos prácticos, fue donde falló Sophie y donde Poisson le sacaba ventaja. La matemática no fue capaz de una prueba rigurosa. Poisson, que dominaba el lenguaje del análisis, sí.

No solo la ausencia de reconocimiento mostraba el juego sucio de Poisson. Se había aprovechado de su ventaja como juez al conocer una ecuación que no estaba al alcance de la mayoría de sus colegas matemáticos, ya que los trabajos de Sophie no se habían publicado.

Aun con todos estos peros, el análisis de Poisson merece cierto reconocimiento, pues estaba hecho con rigor y aportaba cierta originalidad. El modo en el que afrontó la cuestión fue completamente diferente al usado por Sophie, que estaba influida por el trabajo de Lagrange. Sin embargo, él, más familiarizado con el estilo de su mentor Laplace, ofrecía un planteamiento de moda en la época llamado *planteamiento molecular.* Se basaba, a grandes rasgos, en la idea que tenía Laplace de que todos los fenómenos físicos de la naturaleza se podían explicar mediante la atracción o repulsión entre las partículas que forman los cuerpos, de modo que Poisson examinó el problema considerando el equilibrio de una sola molécula de la superficie elástica. De esta diferencia en el enfoque deja constancia en la introducción de su trabajo:

> *"Permítanme añadir que sería deseable para los geómetras reconsiderar las principales cuestiones de la mecánica desde este punto de vista físico [se refiere al planteamiento molecular], que nos da la naturaleza. Por necesidad, este planteamiento ha sido tratado de una manera bastante abstracta, con el objetivo*

de descubrirlas leyes generales del equilibrio y el movimiento. En este proceso de generalización y abstracción, Lagrange llegó tan lejos como uno pueda concebir, cuando reemplazó las uniones físicas de los cuerpos por ecuaciones entre las coordenadas de sus diferentes puntos. Esa es la esencia de su Mecánica analítica; pero más allá de esta admirable concepción, nosotros ahora podemos alcanzar la Mecánica física, para la cual el único principio será reducir todo a acciones moleculares que transmiten, de un punto a otro, la acción de fuerzas dadas y que son las intermediarias de su equilibrio. De este modo, uno no tendría hipótesis especiales cuando desea aplicar las reglas generales de la mecánica a problemas particulares".

Hoy en día este planteamiento molecular ha sido superado, pero en la época estaba de moda y gracias a él se hicieron grandes avances que permitieron evolucionar a la ciencia, aunque con perspectiva podamos ver lo erróneo de algunos pasos en este proceso.

Con la teoría molecular aplicada a las superficies elásticas, Poisson presentaba una ecuación no lineal y de gran complejidad, nada manejable, que hace difícil pensar que fuera su planteamiento inicial. Seguramente había desarrollado trabajos en este campo sin saber hacia dónde dirigirse. Gracias a la memoria de Sophie supo el punto al que quería llegar y, una vez definido, trabajó *hacia atrás.*

Según parece, el matemático, tras leer su investigación, dijo que no quería influir en el jurado ni perjudicar al resto de los aspirantes, un intento lamentable de quedar bien tras su bajeza. Consideró que lo más adecuado era publicar un resumen en el *Boletín de las Ciencias* de la Sociedad Filomática de París. El editor de dicho boletín era el propio Poisson, así que incluso este *rasgo de generosidad,* prestando ayuda a los matemáticos que trabajasen en el premio, era de dudosa honorabilidad.

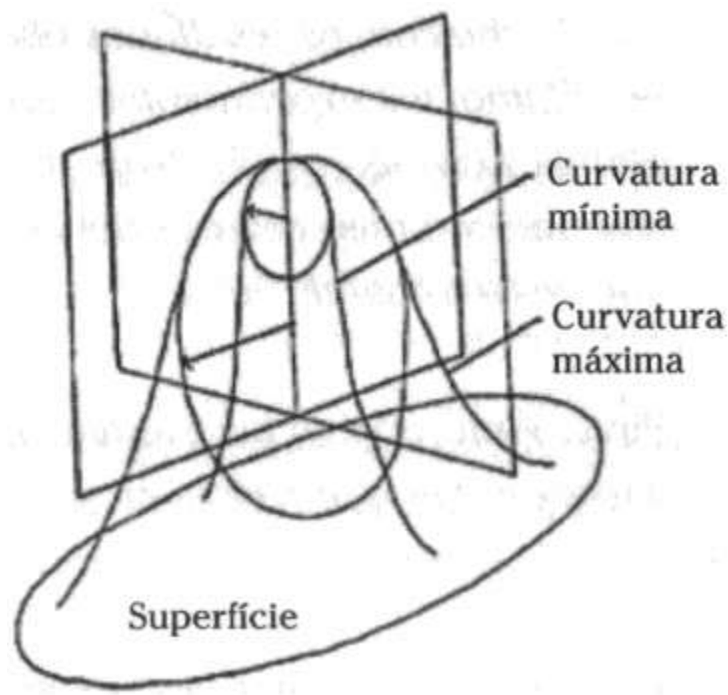
Lagrange, posiblemente el único que se hubiese atrevido a revisar de un modo crítico la memoria, había fallecido. No había matemático que se atreviese con la materia, así que el trabajo de Poisson fue cubierto de halagos y gozó de reconocimiento.

Estos hechos dolieron profundamente a Sophie, pero, convencida de su planteamiento, nada la detuvo en su camino. Ignoró la publicación de Poisson, ni siquiera se dignó leerla, aunque sabía de qué trataba y que parte de su contenido podría considerarse *robado.* Dispuesta a que se reconociese el mérito de su aportación, en la tercera memoria que presentó dejaba constancia de la originalidad de sus ideas.

> *"Lamento profundamente no haber podido leerla investigación del señor Poisson. No pude prestar atención a su trabajo ya que fue publicado en un momento en el que el tiempo me era un bien muy preciado. Yo habría renunciado totalmente a mi investigación, que tengo el honor de someter al juicio de la clase, si no hubiese sabido que la ecuación obtenida, partiendo de hipótesis totalmente diferentes, era la misma que la mía. Este hecho me supuso una nueva razón para encontrar mi hipótesis irrefutable".*

Había trabajado duro y no iba a permitir que se la infravalorase. Esta tercera memoria era más ambiciosa que las anteriores.

Sophie pretendía probar que la fuerza de elasticidad era proporcional a la diferencia entre la superficie deformada y la no deformada. Como estas deformaciones venían determinadas por las curvaturas, la fuerza elástica era proporcional a la diferencia de curvaturas, que era su idea desde el principio.



Para expresar esta curvatura de un modo concreto, asoció a la curvatura dos planos perpendiculares, uno que contenía la curvatura máxima y otro que contenía la curvatura mínima. En cada uno de estos planos la curva se podía aproximar mediante un círculo

tangente a la curva. La curvatura la define como la suma de las inversas de los radios de las circunferencias.

Esta memoria, como la anterior, constaba de una segunda parte donde describía los experimentos realizados para llevar a cabo sus comprobaciones, y dada la mayor ambición de este tercer trabajo, los experimentos se extendieron a las superficies cilíndricas en un intento por generalizar los resultados.

En esta ocasión el tribunal estaba constituido por Laplace, Legendre, Poisson, Poinsot y Biot, y su fallo fue el siguiente:

> *"La clase ha recibido una única memoria, una secuela de la que recibió la mención de honor en 1814, y a la cual el autor ha añadido nuevos desarrollos. La ecuación diferencial dada por el autor es correcta, aunque no ha sido obtenida mediante una demostración. El modo en que se discute cómo ciertas integrales particulares la satisfacen [la ecuación], la comparación hecha con los resultados obtenidos por el señor Chladni y, por último, los experimentos llevados a cabo sobre superficies planas y curvas con objeto de mostrar los resultados analíticos, nos parecen merecedores del premio. La autora es la señorita Sophie Germain de París".*

Finalmente, Sophie fue premiada. De este modo se convertía en la primera mujer que recibía un premio de estas características del Instituto de Francia.

La entrega generó una gran expectación, al haberlo ganado una mujer científica, pero los curiosos se quedaron sin conocerla, porque Sophie, decepcionada con sus colegas matemáticos, no fue a recoger el premio.

Parte de los motivos de su decepción se debía a esa puntualización acerca de su trabajo en análisis. Decidida, escribió a Poisson buscando una explicación, porque aunque el fallo hablaba de su desarrollo analítico, ella creía que el problema residía realmente en que su hipótesis era diferente a la de Poisson, miembro del tribunal.

En su carta, Sophie señalaba que aceptaba la valoración del jurado y que en su fallo indicasen que la ecuación era correcta a pesar de que no se hubiera obtenido de un modo apropiado, pero como no se precisaba realmente dónde residía el error, ella quería saberlo. Con toda la fe que tenía en sus hipótesis, que daban como resultado la ecuación que también usaba Poisson, retaba a este a que le indicase dónde se había equivocado. Con la carta, le enviaba una lista de todos los argumentos en los que basaba su hipótesis, solicitando al matemático que señalase aquellos que no fueran válidos para así poder discutirlos con él.

La respuesta de Poisson seguramente no fue de su agrado.

París, 15 enero, 1816

Señorita:

El señor Halle me acaba de entregar la carta que ha escrito, que tengo el honor de que esté dirigida a mí, y que contiene varias cuestiones relativas a su memoria. El reproche que la comisión hizo no se refiere tanto a sus hipótesis como a la manera en que usted aplica el cálculo a dichas hipótesis. El resultado al que conducen estas hipótesis no coincide con el mío, excepto en el caso en el que la superficie se hace infinitamente pequeña en el plano, ya sea en un estado de equilibrio o movimiento. Mi memoria se imprimirá en breve y me agradará poder ofrecerle una copia tan pronto como la impresión esté finalizada.

Permítame entonces, señorita, que pospongamos nuestra discusión hasta el momento en que usted pueda comparar sus resultados con los míos.

Acepte mis respetos y mi alta consideración,

Poisson

A pesar de la educación de la que todos hacían gala en la época, tras esta breve nota se intuye el escaso interés de Poisson por entrar en discusión alguna con Sophie, posponiéndola a un momento que realmente no llegaría. No revisar sus propias hipótesis, no considerar la parte matemática de la carta, sugiriendo que fuera ella quien finalmente examinara su trabajo, sin tratar de analizar las dudas que se le planteaban, para Sophie suponía una muestra del poco respeto que se tenía hacia su trabajo y su persona. Lejos de sentirse intimidada por la figura del matemático, no estaba dispuesta a permitir que se la ignorase de ese modo.

§. Publicaciones y polémicas

Las conclusiones a que llegó Tycho, incluso mejoradas por los puntos de vista de Kepler, serán olvidadas, pero así todo, aún quedarán sus observaciones. Es la ventaja de los grandes observadores, que sus obras no perecen. Los sistemas colapsan, las conjeturas se desvanecen y las grandes ideas son sustituidas a veces por otras mejores, pero, en todo momento, las realidades se unen a otras realidades, no podemos ni destruirlas ni ignorarlas, permanecen porque son verdaderas.

Sophie Germain

En los años que siguieron al reconocimiento público de su trabajo, Sophie Germain realizó sus primeras publicaciones. Entre tanto, en el campo de la teoría de superficies elásticas, las polémicas, enfrentamientos, celos y envidias fueron constantes. Sophie se vio envuelta en una disputa por los méritos de unos a costa de los otros, porque, en vez de celebrar todos cada paso dado en la evolución de la nueva teoría, había quien no quería compartir la *corona.*

El año que Sophie fue premiada, el matemático Joseph Fourier regresó a París tras su participación en la campaña de Napoleón. Fourier se volvió una persona activa dentro del mundo científico de la capital, así que no es de extrañar que coincidiese en más de una ocasión con ella. Seguro que su antipatía hacia Poisson fue uno de los primeros pasos para trabar la amistad que mantuvieron luego estos dos apasionados por las ciencias exactas (al igual que Sophie, durante su infancia, Fourier se levantaba por las noches para estudiar matemáticas). La primera muestra de su aprecio fue una invitación a comer que Fourier envió a Sophie y a su madre en mayo de 1816.

Fruto de esta amistad fue también la publicación del primer libro de Sophie. Ya cuando había presentado su segunda memoria al concurso, Legendre la había animado a hacerlo. Ahora, con el premio en sus manos, no podía dejar que la teoría de Poisson fuese la única muestra del trabajo en elasticidad durante esos últimos años.

En 1818, Fourier había publicado un trabajo en elasticidad y, en 1820, formó parte del tribunal que evaluó un nuevo trabajo presentado a la Academia de Ciencias por el ingeniero Claude-Louis-Marie-Henri Navier. De modo que, dado que era un campo que dominaba, Legendre lo animó para que ayudase a Sophie con su publicación.

Jueves por la mañana, 1 de junio, 1820

Señorita:

El señor Legendre desea que, en su nombre, revise su estudio acerca de las propiedades de las superficies elásticas. Me he informado mucho sobre este trabajo y he encontrado que hay nuevas pruebas para el éxito de su investigación en este difícil problema. Le propongo que me conceda el honor de visitarla en su casa pasado mañana, sábado, a las ocho y media de la tarde, para así darle una explicación de mis pensamientos sobre este tema. Esta es la hora que me ha sido indicada como la más conveniente para usted. Si prefiere otra hora, u otro día, le suplico que tenga la bondad de informar al portador de esta carta. De otro modo, tendré el honor de acudir el sábado.

Acepte, señorita, el homenaje y respeto de su muy humilde y obediente servidor.

Fourier

A los ánimos de sus amigos Legendre y Fourier, se sumaba el reconocimiento que Navier hizo del trabajo de Sophie en la memoria que presentó a la academia. No solo la nombraba en un párrafo de la introducción, donde enumeraba todos los avances hechos en la materia hasta ese momento, sino que posteriormente le asignaba la autoría de la ecuación:

> *"Los interesantes experimentos del señor Chladni sobre vibraciones en platos ha estimulado las aplicaciones del cálculo a las leyes del movimiento que se manifiestan en dichas experiencias: este fue el tema de uno de los premios propuestos por la primera clase del Instituto y que ganó la señorita Germain. La investigación que mereció el premio estaba basada en una ingeniosa hipótesis [...].*
>
> *La señorita Germain planteó la ecuación diferencial de la ecuación de equilibrio y movimiento de un plano elástico y algunas integrales de estas ecuaciones, análogas a las que Euler dio para una lámina elástica".*

En estas circunstancias, el entusiasmo de Sophie por publicar iba en aumento, así que aceptó la ayuda que le brindaba Fourier. Desgraciadamente, no la ayudó tanto como realmente necesitaba. Existen varias cartas de Fourier en las que pospone sus encuentros. La realidad, posiblemente, no es que no quisiera ayudar a Sophie, sino que ella necesitaba tanta ayuda que le hubiera impedido sacar adelante su propio trabajo.

Es un hecho que existía un desequilibrio enorme entre la intuición y capacidad de razonamiento de Sophie y su formación. Hoy en día, su planteamiento resulta mucho más acertado que el riguroso desarrollo que hizo Poisson, pues descansa sobre principios más sólidos, pero su investigación se ve perjudicada por su incapacidad para expresar sus ideas de un modo matemático. Este desequilibrio hacía difícil explicarle sus errores.

Una muestra de la confianza que depositaba en su planteamiento la vemos en la introducción de su primera publicación:

> *La clase resolvió premiar mi memoria, pero anunció que mi demostración no era totalmente satisfactoria.*
>
> *Desde entonces, me he mantenido ocupada en varias ocasiones con la teoría de superficies elásticas. He multiplicado mis experimentos, cálculos y reflexiones. Confieso que continuamente he encontrado razones para mantener mi opinión.*

Su obra apareció en 1821 y comienza con una exposición de su hipótesis básica: que la fuerza elástica en un punto de una superficie curva es proporcional a

$$\left(\frac{1}{r}+\frac{1}{r'}\right)-\left(\frac{1}{R}+\frac{1}{R'}\right)$$

Antes de continuar, señala que la cantidad que considera Poisson en su investigación como proporcional a la fuerza es $1/r + 1/r'$, y establece que en esencia no existe ninguna diferencia entre ambos planteamientos, porque las dos cantidades son proporcionales. Después, discute el problema de las condiciones en los puntos de la frontera, asegurando que su hipótesis supera la de Poisson, porque evita dificultades concretas de dichos puntos, y añade un ejemplo donde muestra que su propuesta funciona mejor que la del matemático rival. Además, como novedad, también analiza el problema de un anillo elástico.

Su publicación, como sus memorias presentadas a concurso, se vio perjudicada por sus errores matemáticos. A diferencia del pasado, cuando Lagrange y Legendre ejercían de guías y corregían sus deslices, ahora nadie se molestaba demasiado en indicárselos, lo que la convencía más y más de lo acertada que iba en su camino. Prueba de ello fue que en ningún momento llegó a reconocer sus reales deficiencias en el campo del análisis matemático. En la introducción de su primera publicación agradecía a Fourier que hubiera trabajado con ella, ayudándola a comprender el trabajo de Jacques Bernoulli, que de otro modo nunca hubiese entendido. Establecía una analogía entre el trabajo desarrollado por Bernoulli y el suyo propio totalmente incorrecta.

Una disputa librada al margen de Sophie

Cuando apareció la publicación de Sophie, la guerra en la teoría de superficies elásticas ya se había declarado: el enfrentamiento de Navier contra Poisson y Cauchy fue uno de los cotilleos científicos de la época.

El primer trabajo que presentó Navier, "Memoria sobre la flexión de los planos elásticos", llegó a la Academia en 1820. Él era nuevo en la materia, pero, como podemos leer en la introducción estaba al tanto de todos los avances.

"La ecuación del equilibrio para una placa elástica, una ecuación diferencial de cuarto orden, fue presentada por

Lagrange sin prueba. El señor Poisson derivó esta ecuación a través de la consideración de acciones moleculares que actúan sobre pequeñas distancias. Una persona, cuyo trabajo ha sido premiado por la Academia de Ciencias, y quien cultivó, con distinción, aquellas ciencias que normalmente permanecen vetadas a su sexo, dedujo de esta ecuación una explicación de varios fenómenos observados en la vibración de placas. El señor Fourier, por este método, ha planteado por primera vez la integral completa de esta ecuación de cuarto orden, en una forma lo suficientemente simple para que uno pueda ver matemáticamente lo que físicamente está sucediendo: la naturaleza del movimiento de una placa elástica de extensión infinita debido a cualquier pequeño cambio inicial en la forma de la placa".

El enfoque que daba Navier al tema era el de un ingeniero, buscando la parte más práctica de la teoría. Ahora sabemos que, aunque tenía algunos fallos conceptuales, los trabajos de análisis presentados eran buenos.

Se designó para la valoración de esta memoria un tribunal formado por Prony, Poisson y Fourier. Posteriormente también se incluyó a Cauchy como encargado de presentar el informe. Prony y Fourier hicieron una valoración positiva, pero Poisson y Cauchy se las ingeniaron para que el informe sobre los resultados no saliera adelante.

Navier no se quedó de brazos cruzados esperando a ver qué le decían acerca de su primera investigación Siguió estudiando *la teoría de superficies elásticas y en 1821 presentó un nuevo trabajo con el título de "Memoria sobre las ecuaciones diferenciales que rigen las leyes de desplazamiento de las moléculas en los sólidos elásticos cuando los cuerpos se mantienen en equilibrio por la acción de distintas fuerzas, o vibran como resultado de la acción de dichas fuerzas ", Para muchos historiadores, este es el punto real de partida de la teoría de la elasticidad, algo que a Poisson le habría gustado muy poco. Si el discípulo de Laplace no había recibido con agrado el primer trabajo, este se le atragantó más todavía. Podría decirse que Navier usaba el planteamiento molecular de modo muy sui generis. Poisson que no lo quería como competidor mucho menos consentía que lo hiciese en su terreno y de un modo tan blasfemo. El informe sobre la investigación tampoco llegó en esta ocasión y, de nuevo, Navier siguió trabajando.*

En 1822 presentó su tercer trabajo a la Academia: "Sobre las leyes del movimiento de los fluidos teniendo en cuenta la adhesión de las moléculas". Por supuesto, no faltó la rabieta de Poisson pero sería Cauchy quien acabaría cansando al paciente y trabajador Navier.

Este vio cómo unos meses después de someter su nuevo trabajo al juicio de la Academia, y de encontrar las mismas dificultades que los dos anteriores, Cauchy presentaba su propia investigación Aunque algunas partes se debían a la originalidad exclusiva de su autor otras recordaban *ligeramente trabajos anteriores de Navier, para los cuales estaba esperando todavía una respuesta. El ingeniero, ya cansado, exigió a la Academia los informes de sus publicaciones anteriores, aunque lo hizo en vano. Además, respondió a Cauchy con una carta en el mismo boletín donde este había dado a conocer su trabajo. En ella no trató, precisamente, de guardar las formas, acusándole directamente de aprovecharse de la ventaja de tener sus publicaciones anteriores, que él no había podido publicar debido a que los informes nunca llegaban.*

Aunque el informe formal de la Academia siguió sin aparecer la investigación de Navier se publicó en 1824. No fue la bandera de la paz en una guerra que acababa de comenzar. Cuatro años más tarde se libraría otra gran batalla.

En 1828 Poisson publicó una ampliación del trabajo que había desarrollado en este campo catorce años atrás. Muy en su línea, ignoraba o menospreciaba el trabajo de sus contemporáneos. El nuevo cruce de acusaciones estaba servido y Navier harto de que trataran de pisotearlo, no se calló. Poisson le respondió, Navier respondió a su vez...

Sus amigos, aunque eran conscientes de sus limitaciones, la animaban a publicar. Es cierto que así mostraba su incompetencia en algunos aspectos, pero seguramente estaban convencidos de la brillantez de su planteamiento y de sus ideas. No podían permitir que su obra cayese en el olvido y que Poisson fuera la única persona que publicase en ese campo.

¿Quién tenía razón? Todos y ninguno. Gracias a todas sus contribuciones se desarrolló la teoría de la elasticidad, pero gran parte de estos trabajos no constituyen hoy un referente matemático en este campo más allá de su significado histórico. Como vemos, Sophie no escogió precisamente un terreno pacífico en el que desarrollar su carrera. Por otro lado, una vez que un variado conjunto de científicos decidió ponerse a ello, la excluyeron de sus discusiones de hombres. Ella, que no era tonta, se dio cuenta, como se puede ver en una carta que le escribió a Libri en 1826:

"No me sorprende su interés en reanudar las discusiones que no se pueden tener en otro lugar que no sea París. Todas las puertas están abiertas para usted, no así para mí, que con dificultad puedo asistir a las sesiones. Permanezco casi tan ajena al movimiento de las ciencias como si viviera en otro país. Sin embargo, yo prefiero estar aquí que en otras partes, porque, al fin y al cabo, a veces hallo la ocasión de encontrar algo que me ayude con mi educación".

Publicó con su dinero sus *Estudios sobre la teoría de las superficies elásticas,* que envió a eminentes matemáticos de la época y recibió las alabanzas de personalidades como Cauchy, Navier, Delambre o su amigo Legendre. Sin embargo, el libro no le ganó el respeto de quienes no se lo habían mostrado hasta entonces. Poisson, retado en la introducción a discutir con ella sus diferentes puntos de vista y a desarrollar la teoría que había dejado incompleta en 1814, la ignoró una vez más.

Era tal la pasión que puso en la introducción y en su reto a Poisson, que la nota que le envió Navier para elogiar la publicación decía: *"Un trabajo que pocos hombres pueden leer y solo una mujer pudo escribir".* Lejos de ser una crítica, pretendía resaltar el entusiasmo de ella frente a la corrección y frialdad del resto de los científicos.

Tras la publicación, Sophie siguió con su trabajo con el objetivo de reforzar todavía más esa especie de religión en la que se había convertido para ella su hipótesis. También, a pesar de los desplantes por parte de algunos académicos, su reconocimiento como científica crecía y así, en 1823, recibió una carta del secretario de la Academia, cargo que ostentaba su amigo Fourier:

> *Instituto de Francia Real Academia de Ciencias París, 30 de mayo de 1823*
>
> *El secretario de la Academia Señorita:*
>
> *Tengo el honor de informarle de que cada vez que desee asistir a las lecciones públicas del Instituto será admitida en uno de los asientos reservados en el centro de la sala. La Academia de Ciencias desea demostrar, con esta distinción, todo el interés que su trabajo matemático inspira, especialmente la investigación científica que ha sido premiada en uno de nuestros grandes premios anuales.*
>
> *Acepte mi más respetuosa consideración.*

Fourier

Así se satisfacía un interés que Sophie ya había mostrado tiempo atrás, pues existe una carta de Delambre de 1820 que parece responder a una petición. En ella, el por aquel entonces secretario de la Academia le había expresado las complicaciones de asistir a las sesiones abiertas, porque las plazas reservadas a los invitados eran pocas y tenían preferencia las mujeres de académicos, altos cargos y extranjeros. Con esta carta de Fourier finalmente obtenía acceso libre a las sesiones, sin tener que estar pendiente de que quedase alguna plaza libre o de que alguien la invitase a asistir. Sophie ostentaba un nuevo título gracias a esta conquista: el de primera mujer con libre acceso sin ser la esposa de un académico.

Con el apoyo de sus amigos y científicos trabajó más en el campo de la elasticidad para reforzar su teoría. Pero la historia se repetiría y de nuevo su talón de Aquiles la dejó en evidencia frente a aquellos que nunca llegarían a considerarla una estudiosa respetable.

En 1824 presentó una memoria a la Academia para su publicación. Los miembros encargados de la revisión fueron Laplace, Prony y Poisson. Cuando, gracias a una carta de Fourier, Sophie se enteró de que en el tribunal se encontraba Poisson, le escribió a su amigo mostrándole su preocupación. Sus temores eran fundados: el trabajo nunca se llegó a evaluar y aparecería de nuevo en 1880 entre una montaña de papeles.

Este hecho la llevó a publicar su trabajo en 1826 antes de someterlo a la revisión de la Academia, adonde lo envió después de pasar por la imprenta. En los casos en los que las investigaciones estaban ya publicadas, no se seguía el procedimiento habitual de evaluación, pero Cauchy se ofreció para revisarlo. Sophie, aliviada porque esta vez Poisson no estuviese involucrado, escribió a Cauchy para comunicarle los puntos importantes de su trabajo. El matemático respondió para decirle lo honrado que se sentía y aseguró que leería su obra con todo el cuidado y respeto que merecía, labor que nunca llevó a cabo. Es posible que su verdadero interés fuera escaso y simplemente quisiera mostrarse educado.

Un par de años después, en 1828, y tras catorce años de silencio en lo que a la teoría que nos ocupa se refiere, Poisson volvió a publicar una memoria relacionada con el tema. Igual que la vez anterior, demostró que el rigor científico no implicaba el rigor ético y los trabajos de Navier fueron menospreciados. Seguramente nos quedaríamos cortos al decir que el ingeniero estaba harto de los académicos, y se defendió con una carta en los *Anales de química,* donde se había presentado el texto de Poisson. Justo antes apareció también una respuesta de Sophie al mismo trabajo. La réplica de Navier era más técnica y la de Sophie, más filosófica, pues en el campo del análisis, a pesar de los años pasados desde su anterior discusión, no tenía nada que decirle a Poisson.

Actualmente sabemos que en muchos de los puntos de sus discusiones todos estaban equivocados. Pero a pesar de los fallos, también hubo aciertos que permitieron desarrollar la teoría de la elasticidad, tan útil para ingenieros y arquitectos, gracias a la cual hoy podemos disfrutar de obras como la torre Eiffel. En una de las paredes de este edificio están inscritos los nombres de 72 eminentes científicos, muchos contemporáneos de Sophie, pero entre ellos no se encuentra el de esta mujer, que con su trabajo contribuyó a que este emblema francés se pusiera en pie.

Durante un tiempo su valía no fue reconocida por muchos. En 1886, poco antes de que se empezara a construir la torre Eiffel, en una publicación titulada *Una historia sobre la teoría de la elasticidad y de la flexibilidad de materiales,* de Isaac Todhuntery Karl Pearson, se afirmaba, refiriéndose a una de las obras de la matemática:

> *"No es exagerado decir que estos errores arruinan el trabajo entero, casi todas las fórmulas son incorrectas. La dama parece no haber prestado al cálculo de variaciones la atención que cabría esperar de una alumna y amiga de su gran inventor, Lagrange".*

Pero era tan alumna de Lagrange como de Euler, que murió cuando ella tenía cuatro años, como bien señala Amy Marie Hill en su tesis *Sophie Germain: una biografía matemática,* ya que nadie ejerció de verdadero maestro con ella. Sí es cierto que Lagrange fue uno de los que más la ayudó con su formación, pero nunca ejerció de maestro en el sentido académico. La matemática francesa todo lo aprendió de un modo autodidacta y se adentró en campos que, si ya son complejos hoy en día, también lo eran en su época, cuando se estaban comenzando a desarrollar.

Seguramente si hubiese recibido más críticas acertadas de su trabajo analítico, no generalidades que no le decían nada, la realidad hubiera sido otra. Sus amigos matemáticos la valoraban, ya que fueron capaces de apreciar su capacidad intelectual, pero no la respetaron lo suficiente como para considerarla un científico más. A un hombre, a pesar de la excelencia en un planteamiento, no le habrían dejado pasar un desarrollo repleto de errores. Da igual las razones que hubiese para este comportamiento paternalista: la testarudez de Sophie y la fe en sus hipótesis, el temor a frustrarla en su entusiasmo, la falta de tiempo para explicarle todo... Si la hubiesen tratado como un colega, dándole la formación que merecía, es probable que sus resultados hubiesen sido mejores, o al menos, sus errores de escritura matemática no serían excusa para que algunos contemporáneos desacreditasen o ignorasen su talento e intuición matemática.

Capítulo 3
Un amor platónico

La tendencia, digamos la palabra, de atracción entre ciertos cuerpos se manifiesta frecuentemente al hombre predispuesto a dejarse sorprender, pues cómo su imaginación lo anima a todo, es capaz de detectar en cualquier sitio lo que le atrae, y esta tendencia de atracción se convierte en un sentimiento, en una preferencia. I...J La inclinación que une a los hombres con los hombres y conserva la especie humana, se parece a la que también a la mantiene unidas las partes del universo.
Sophie Germain

Contenido:

Las publicaciones y los premios vinieron gracias a la teoría de la elasticidad, pero eso no hizo que fuese su terreno favorito. La agitación que le generaba era lo opuesto a la paz con la que disfrutó de la teoría de números. Este campo no le proporcionó el éxito y la fama entre sus contemporáneos, sin embargo, en él fue capaz de manejarse con más soltura y los errores matemáticos que empañaron sus ideas en teoría de la elasticidad aquí desaparecieron. Gracias a que su amigo Legendre la citó en su trabajo sobre la teoría de números, su nombre ha pasado a la historia de las matemáticas y a los apuntes de las facultades a través del teorema de Sophie Germain.

La teoría de números y sus avances en el teorema de Fermat fueron su amor secreto. Como le escribió a Gauss en 1819:

> *"aunque he trabajado un tiempo en la teoría de las superficies vibrantes, nunca he dejado de pensar en la teoría de números".*

Trabajó la mayor parte del tiempo en silencio y sin mostrar apenas resultados, que solo confiaba a quienes juzgaba dignos de apreciar su belleza. Entre sus planes sí que figuraba publicar un trabajo, pues en la Biblioteca Moreniana de Florencia está el borrador de un manuscrito titulado *Observaciones sobre la imposibilidad de satisfacerla ecuación* $x^n + y^n = z^n$. Pero no cayó en la obsesión enfermiza por mostrar continuamente que tenía razón, como le ocurrió en la teoría de la elasticidad. Tras los premios a los que había optado, la Academia convocó uno sobre el último teorema de Fermat y ella no se presentó nunca. Esta investigación no vio la luz, no se centró en pequeños resultados, sino que, como muestran en su investigación Reinhard Laubenbacher y David Pengelley, tenía un plan para la demostración completa.

En este caso puede que se sintiese tan segura que no se conformase con presentar un resultado a medias y buscase la perfección, o que tuviese miedo de que otros que consideraba más puestos en la materia se aprovecharan de sus resultados sin después reconocer su trabajo, como ya le había ocurrido. Hubiese el motivo que hubiese, en la época solo mostró al mundo una ínfima parte de todo lo que hizo en este campo, con el que disfrutaba de un modo que nunca expresó en la teoría de la elasticidad.

§. Codeándose con la realeza matemática

> *La gran superioridad es considerar las cosas difíciles desde una perspectiva donde se convierten en fáciles, donde la mente las abarca y sigue sin esfuerzo.*
>
> *Sophie Germain*

En 1801 el matemático alemán Cari Friedrich Gauss publicó las *Disquisiciones aritméticas.* Este libro, difícil de entender para muchos, fue un reto y una fuente de inspiración para Sophie, que tras leerlo supo reconocer en seguida el talento de la persona que lo había escrito y le profesó admiración durante toda su vida.

Según nos cuenta Libri, Sophie empezó a mostrar interés en la teoría de números unos años antes de la publicación de Gauss. En 1798, Legendre, que por esa época debía de empezar a entablar amistad con Sophie, publicó su *Teoría de números.* Según Libri se entregó *"con una pasión constante al estudio de esta teoría".* Cuando apareció la obra del alemán, Sophie ya estaba familiarizada con el tema y pudo tratar con la *aritmética de alto nivel,* como la llamaba Gauss, que prefería ese nombre al de teoría de números. Habían pasado tres años desde la publicación, cuando Sophie se decidió a escribir al autor de la obra que la tenía fascinada.

Era 1804 y ella todavía no se había visto envuelta en todo el alboroto relacionado con la teoría de la elasticidad. Acababa casi de ser presentada a la sociedad científica y no se había decidido a plantarse tan firmemente como lo haría después. Cuando escribió a Gauss todavía albergaba ciertos miedos. Puede que fueran propios, por falta de autoestima y no considerarse digna, por ser mujer, de la correspondencia con el brillante matemático, o puede que fueran ajenos, al ser consciente de que la realidad en la que vivía su género le podía cerrar la puerta. No se atrevió a firmar la carta con su verdadero nombre y volvió a recurrir al seudónimo que ya había utilizado en ocasiones anteriores: Antoine Le Blanc. Así, el 21 de noviembre de 1804, empezó la correspondencia entre el joven Le Blanc y el joven Gauss.

> *Señor, sus Disquisiciones aritméticas han sido durante mucho tiempo objeto de mi admiración y mis estudios. El último capítulo de este libro contiene, entre otras notables notas, un bello teorema en el que se encuentra la ecuación*

$$4\frac{x^n - 1}{x - 1} = Y^2 \pm nZ^2$$

que creo que puede ser generalizada a

$$4\frac{x^{n^s}-1}{x-1}=Y^2 \pm nZ^2$$

donde n es un número primo y s cualquier número. Incluyo en mi carta dos demostraciones de esta generalización. Después de encontrar el primer método busqué cómo el método que usted emplea en art. 357 se podría aplicar en los casos que tuviese que considerar. Hice este trabajo el último año con mucho placer y me dio la oportunidad de familiarizarme con este método, que no dudo que en sus manos será el instrumento de nuevos descubrimientos. He añadido a este artículo algunas otras consideraciones. La última está relacionada con la célebre ecuación de Fermat $x^n + y^n = z^n$*, donde la imposibilidad de cumplirse con números enteros solo se ha demostrado para n = 3 y n = 4. Creo que he logrado probarla para n = p - 1, donde p es un primo de la forma 8k + 7. Me tomo la libertad de dejar estas pruebas pendientes de su criterio, convencido de que no despreciará informar de su opinión a un entusiasta aficionado de la ciencia que usted ha cultivado con brillante éxito.*

Nada se iguala a la impaciencia con la que espero más resultados como el libro que tengo en mis manos. Me he informado de que usted está trabajando en este momento. Una vez publique su trabajo, nada me detendrá hasta que lo consiga. Desafortunadamente, el alcance de mí mente no iguala a la exquisitez de mí apetito y siento un poco de embarazo al molestar a un genio cuando no cuento con otro reclamo para su *atención que la admiración que seguro comparto con el resto de sus lectores.*

En la lectura de la memoria del señor Lagrange (Berlín, 1775) vi con asombro que no ha conseguido reducir la cantidad:

$$s^{10} - 11\ (s^8 - 4s^6 - r^2 + 7s^4r^4 - 5s^2r^6 + r^8)r^2 \text{ (página 252)}$$

a la forma:

$$t^2 - 11n^2;\ \text{pues } s^{10} - 11(s^8 - 4s^6r^2 + 7s^4 - 5s^2r^6 + r^8)r^2 = r^{10} - 211s^6r^4 + (5 + 6)r^8s^2 - 11(s^8 - 6S^6r^2 + 9r^4s^4 - 2r^4s^4).$$

Esta es una nueva muestra de las ventajas de usar su método, que se aplica a todos los valores de n, dando para cada caso dos valores a Y y Z independientes de los triviales.

Si, conocidos los valores de Y y Z en la ecuación

$$4\frac{x^n - 1}{x - 1} = Y^2 \pm nZ^2$$

quisiéramos saberlos de Y' y Z' en la ecuación

$$4\frac{x^n - 1}{x - 1} = Y'^2 \pm nZ'^2$$

es evidente que va a cambiar el signo de todos los términos de Y y Z que contengan potencias de x cuyo exponente sea impar.

No querría cansarlo con múltiples comentarios acerca de su libro, que supuso una oportunidad para mí. Si pudiese esperar que fuesen bien recibidos los que tengo el honor de comunicarle por la presente y no me encuentra totalmente indigno de su respuesta, por favor contacte con el señor Silvestre de Sacy, miembro del Instituto Nacional, calle Hautefeuille de París. Sería *un premio recibir su consejo, acepte el profundo respeto de su humilde servidor y ávido lector.*

Le Blanc

En la Biblioteca Moreniana de Florencia se puede ver el anexo a esta carta, en la que prueba sin fortuna los resultados que indica. A pesar de esta *errata,* Gauss mostró interés y supo reconocer el talento, como podemos comprobar por los comentarios que le escribió a su amigo el astrónomo Heinrich Olbers: *"Recientemente he tenido la alegría de recibir una carta de un joven matemático parisino. Le Blanc, quien se está familiarizando de un modo entusiasta con la aritmética de alto nivel, y me da pruebas de que ha estudiado profundamente mis D. A. (Disquisiciones aritméticas)".*

El libro que inspiró a Sophie: las Disquisiciones aritméticas

Gauss escribió este tratado sobre la teoría de números cuando tan solo tenía 21 años. El libro reúne resultados anteriores, pero esta compilación útil no es el gran mérito del libro. Gauss muestra una gran originalidad en su planteamiento, ya que introduce la llamada álgebra de congruencias, que le servirá para desarrollar una serie de resultados posteriores.

A continuación figura una enumeración de algunos de los resultados que aparecen en la obra del genio:

- *El libro ya empieza fuerte, definiendo un concepto que no existía hasta entonces, el de congruencia: Si un número a* *divide a la diferencia de dos números, b y c, es decir, $(b - c)/a \in Z$, se dice que b y c son congruentes respecto a a. En caso de ser congruentes, b y c se denominan residuo el uno del otro, y a es el módulo.*

La notación matemática de esta idea es $b = c \pmod{a}$, que traducido resulta: b es congruente con c módulo a y c es un residuo de b.

Tras esta entrada va construyendo un álgebra con una serie de propiedades basadas en su relación (≡), de un modo análogo al álgebra conocida para la relación de igualdad. No todas las propiedades de las igualdades se cumplen para las congruencias. Por ejemplo, con la relación de igualdad se cumple: si $ab = ac$ con $a \neq 0$, entonces $b = c$. No así en las relaciones de congruencia, por ejemplo $2 \times 7 \equiv 21 \pmod{4}$, pero no es cierto que $7 \equiv 1 \pmod{4}$.

• La idea de residuos inicial nos lleva a otra que desarrolla más adelante en su libro. Son los residuos cuadráticos, que serían los que cumplen: $b^2 \equiv c \pmod{d}$. Más adelante Sophie usará esta idea, trasladada al último teorema de Fermat, hablando de residuos de potencia p.

• Demuestra también la ley de la reciprocidad cuadrática, en la que ya había trabajado Legendre, pero sin usar la nueva terminología de Gauss. En las Disquisiciones aritméticas da esta nueva visión y luego trata de generalizar la ley a grado n, pero se encuentra con que la analogía no es tan sencilla como parece.

- *En diferentes cartas a Sophie habla del teorema fundamental, que afirma que todo entero positivo mayor que 1 se puede expresar en una única descomposición de factores primos. El teorema, bien conocido desde la época de Euclides, no tuvo una demostración completa hasta la publicación de Gauss.*
- *Su tratado está lleno de resultados de interés, pero sin duda uno de los más notables aparece hacia el final: la construcción de un polígono regular de 17 lados. El valor de esta construcción no solo radica en su contenido matemático, también importante, pues es el primer polígono regular con un número primo de lados distinto de 3 o 5 descubierto después de la época griega. Este resultado se cruzó en la vida de Gauss en el momento oportuno, porque de otro modo quizás la historia de la matemática se hubiera visto privada de su genio. Según parece, llegado el momento, Gauss no sabía si decidirse por las matemáticas o la filología, y en esas estaba cuando descubrió esta construcción, que finalmente hizo que se decantara por la primera. De hecho quiso que grabasen la figura en su tumba, pero el encargado de tallarla se negó, alegando que no se notaría la diferencia entre el polígono y un círculo.*

Normal que Gauss mostrase entusiasmo por la carta de su admirador, pues en ella se podía ver la atención y disposición con la que su obra había sido estudiada. No había muchos matemáticos que mostrasen tal interés o que fuesen capaces de trabajar sobre sus resultados con brillantez, ya que su planteamiento era novedoso y exigía que se afrontase con una nueva visión, como ya había indicado Delambre en una nota sobre la obra:

> *"El señor Gauss ha tratado en un modo completamente nuevo la teoría [de números], en un Único y notable trabajo para el que nos es imposible dar un índice, ya que todo es nuevo, incluso el lenguaje y su notación".*

Gauss debió de suponer que no se encontraba ante un matemático cualquiera. En la carta, además de toda la admiración que profesaba Sophie hacia Gauss, vemos cómo había estudiado su trabajo, buscando una comprensión amplia de la materia, como muestran sus comentarios sobre la obra de su amigo Lagrange.

Aquí ya aparece un avance de su estudio sobre el último teorema de Fermat, al que se dedicaría con más empeño en los últimos años de su vida. Su gran interés fue recompensado y el *señor Le Blanc* obtuvo su deseada respuesta:

> *Señor, le pido mil perdones por haber dejado sin respuesta durante seis meses la atenta carta con la que me ha honrado. Ciertamente, me habría apresurado a manifestar de inmediato cuánto me complació el interés que usted quiso mostrar sobre las investigaciones a las que he dedicado la mejor parte de mi juventud, que fueron la fuente de mis goces más deliciosos y que siempre valoraré más que cualquier otra. Mas me agradaría, de vez en cuando, tener suficiente tiempo libre para poner en orden*

y comunicar por escrito cualquiera de mis otras investigaciones en aritmética, para devolveros el placer que me habéis proporcionado con vuestras notas. Mas mis esperanzas son en vano. Son especialmente mis actividades en astronomía las que absorben casi todo mi tiempo. Sin embargo, me reservo el derecho de hablar con usted de los misterios de la aritmética, mi amor, y estaré muy feliz de pronto volver a ella.

Me ha agradado leer las consideraciones que tan amablemente me ha proporcionado, me complace que la aritmética tenga en usted un amigo tan inteligente. Sobre todo la nueva prueba para los números primos, en los que 2 puede ser o no residuo, me ha resultado agradable y es muy elegante, aunque parece ser un caso aislado y no se puede aplicar a otros números. Con frecuencia, observo con admiración las notables singularidades de las verdades aritméticas. Por ejemplo, el teorema que yo llamo fundamental (art. 131) es un teorema particular sobre los residuos 1 ± 2 entrelazado con otras muchas realidades que nunca se han tratado. Además de las dos demostraciones de mi libro, estoy en posesión de otras dos o tres, no inferiores a estas en cuanto a elegancia.

Soy consciente, con gran pesar, de que otras ocupaciones con las que tengo un compromiso no me permiten disfrutar del todo de mi amor por la aritmética. Tendrán, quizás, que pasar varios años para la publicación de la continuación de mi investigación, que puede fácilmente llenar un volumen o dos como el primero. Pero creo que no viviré lo suficiente para conocer todos los *resultados de la interesante investigación una vez que esta sea publicada. Además, aquí, en Alemania, la publicación de estos trabajos presenta sus dificultades: digan lo que digan, el gusto por la matemática pura, si buscamos la profundidad, no es demasiado popular. Nuestros libreros no gustan de este tipo de libros, yo no soy lo suficientemente rico como para hacer mi propia impresión y no me voy a someter a la deshonestidad de libreros extranjeros, como me pasó con el primer volumen. El señor Duprat, por ejemplo, que tiene una librería en la Oficina de Medidas de París, recibió, de mi parte, hace casi tres años, ejemplares por el valor de seiscientos ochenta francos, pero nunca he recibido ni un centavo por ellos, y él ni tan siquiera se ha molestado en contestar a mis cartas.*

Tal vez usted pueda ayudarme con información a descubrir un medio para hacer que este hombre cumpla con su deber.

Acepte, señor, la manifestación de mi más alta consideración.

Ch.-Fr. Gauss

Cuando Sophie recibió esta respuesta su alegría tuvo que ser inmensa. Los halagos y el respeto de Gauss la animaron a enviarle más resultados:

"[...] usted me da esperanzas de continuar con esta discusión de sus estudios, nada en el mundo me produciría más placer que eso [...], me he tomado la libertad de enviarle algunos trabajos nuevos l...j; he buscado cómo llevar a cabo esta reducción y la he encontrado".

La correspondencia entre los dos matemáticos siguió así durante un tiempo. El solícito Le Blanc siempre atento en exceso y profesando gran admiración por el matemático alemán, a la vez que compartía sus resultados con él. Gauss mostró menos entusiasmo, sus quehaceres no le permitían dedicar tanto tiempo a sus trabajos de aritmética. Pero siempre respondía a las cartas y mostraba interés por el trabajo que se le adjuntaba en ellas, aunque Sophie se quedó sin muchas de las demostraciones que esperaba.

Nos encontramos en el año 1806 y el ansia imperialista de Napoleón Bonaparte lo llevaría a emprender la conquista de los territorios vecinos. Cuando Sophie Germain se enteró de que las tropas habían llegado a Braunschweig, ciudad natal de Gauss, temió por la vida de su amigo. Entre las tropas de Napoleón se encontraba un general amigo de la familia, el general Pernety, al que Sophie escribió pidiéndole que velase por la integridad del matemático alemán.

Pernety envió a uno de sus jefes de batallón a comprobar cuál era la situación de la familia de Gauss. El jefe de batallón Chantel escribió a su general comunicándole todos los pormenores de la misión. En una carta explicaba cómo había acudido a la residencia de Gauss, que se encontraba allí con su mujer y su hijo, y el desconcierto de este cuando le comunicó que había sido enviado por la señorita Germain, ya que el alemán no conocía a ninguna dama con ese nombre. Luego, el soldado se dirigió a la residencia del general Buisson, alcalde de la ciudad, para hablarle de Gauss. El general tuvo en cuenta sus consideraciones y los invitó a cenar a ambos, a

Chantel y a Gauss. Finalmente, Chantel informó a su general de que el señor Gauss se encontraba en perfecto estado de salud. Se había asustado un poco al entrar las tropas en Braunschweig, pero no le habían molestado. Chantel le contó a Pernety que él mismo le había asegurado a Gauss que no tenía de qué preocuparse: a partir de entonces estaba bajo la protección del general Buisson.

Sophie tuvo noticia de cada detalle, ya que el general Pernety decidió adjuntarle la carta de Chantel:

> *"No podría dar una mejor respuesta a la solicitud que me hizo, dado su amor por lo científico, que enviándole la carta que me remitió el oficial de artillería que mandé a Braunschweig a encontrarse con el señor Gauss. Espero que esto satisfaga sus deseos hacia este rival de Arquímedes, como verá, mejor tratado que yo".*

Una vez informada, Sophie escribió a su admirado Gauss para sacarlo de su desconcierto.

> *Señor, el interés por un hombre superior le explicará la consideración que me llevó a pedir al general Pernety que informase, a quien él considerase conveniente, que usted tenía derecho a la estima de todos los gobiernos ilustrados.*
>
> *Al informarme sobre la honrosa misión que le había encomendado, el señor Pernety me comunicó que usted había tenido conocimiento de mi nombre. Esta circunstancia me anima a confesarle que no soy tan desconocido para usted como cree, sino que, por temor al ridículo de dar importancia a una mujer*

científica, tomé prestado el nombre del señor Le Blanc para escribir y enviarle notas que probablemente no merezcan el mimo con que usted amablemente las respondió.

La gratitud que le debo por el estímulo que me ha dado, al mostrar que me cuenta entre los seguidores de la sublime aritmética cuyos misterios usted ha desvelado, fue el motivo concreto de que me informase sobre usted en un momento en el que los problemas de la guerra me generaban un pequeño temor por su seguridad; y he podido saber que se encuentra en su casa tan tranquilo como las circunstancias lo permiten. Espero que estos acontecimientos no nos priven durante mucho tiempo de sus investigaciones en astronomía y, especialmente, en aritmética, ya que esta parte de la ciencia tiene un atractivo especial para mí y no dejo de admirar siempre con renovado placer las relaciones entre las verdades contenidas en su libro.

Por desgracia, la habilidad de la agilidad de pensamiento es un atributo reservado a un pequeño número de privilegiados, y estoy segura de que no encontraré la demostración de los resultados que usted ha deducido, aparentemente sin esfuerzo, usando resultados ya conocidos.

Con mi carta le envío una nota como muestra del gusto que he desarrollado por el análisis, inspirado en la lectura de su libro, y que continuamente me proporciona la confianza para enviarle mis pobres intentos, sin tener otra aspiración que la benevolencia mostrada a los admiradores y estudiosos de su trabajo.

Espero que la información que hoy le confieso no me prive del honor que me concedió bajo un nombre falso, y que no me sea negado un breve momento en el que usted se dedique a escribirme para darme noticias suyas. Crea, señor, el interés que tengo en ello y esté seguro de la admiración sincera con la cual tengo el honor de ser:

Su muy humilde servidora,

Sophie GERMAIN

P. D.: Mi dirección es: Señorita Sophie Germain, en la casa de su padre, calle St. Crois de la Bretonnerie, número 23, París.

Gauss recibió bien la noticia, tal como le comentó a Olbers:

"que Le Blanc sea un nombre que oculta a una joven dama, Sophie Germain, me sorprende tan gratamente como a ti".

El matemático alemán no había respondido nunca a Sophie de un modo tan diligente como en esta ocasión. No reproducimos la carta entera porque esta vez Gauss no debía de estar tan ocupado como en veces anteriores y se tomó la molestia de contestar por extenso y con un gran contenido matemático. En el terreno personal se mostró considerado:

Su carta del 20 de febrero, que no recibí hasta el 12 de marzo, fue para mí fuente de mucho placer y sorpresa. ¡Una amistad tan halagadora y preciosa que le es dulce a mi corazón! Su preocupación por mí durante esta guerra desastrosa merece el más sincero agradecimiento. Sin duda, su carta al general

Pernety habría sido útil si hubiese tenido que solicitar una protección especial del gobierno francés. Afortunadamente, los acontecimientos y consecuencias de la guerra no me han golpeado muy de cerca, aunque estoy seguro de que tendrán una influencia significativa sobre mis planes de futuro. ¿Cómo describir mi admiración y asombro al ver cómo mi apreciado remitente Le Blanc se transforma en un ilustre personaje que me muestra todo lo brillante que yo creía que era? El gusto por las ciencias abstractas en general, especialmente los misterios de los números, es muy escaso y no me sorprende, pues los encantos de esta ciencia superior solo se revelan en todo su esplendor a los que tienen el coraje de buscarlos. Pero cuando alguien de su sexo, que, por nuestras costumbres y nuestros prejuicios, debe encontrar infinitamente más obstáculos y dificultades que los hombres para familiarizarse con sus espinosos estudios, sabe superar estas barreras y penetrar en lo que está más escondido, es sin duda alguien de un coraje noble y de muy extraordinario talento: un genio. De hecho, nada podría probarme de una forma más halagüeña y menos equívoca que los atractivos de esta ciencia que han llenado mi vida de tanto disfrute no son una quimera, que la predilección con la que usted los ha honrado.

Las notas extraídas de todas sus cartas son tan ricas que me han proporcionado mil placeres. Las he estudiado cuidadosamente y admiro la facilidad con la que ha penetrado *en todas las ramas de la aritmética, y la sagacidad con la que ha sido capaz de generalizar y mejorarlas.*

Tras estas atenciones, Gauss siguió con el propósito de su correspondencia, que eran las matemáticas, y compartió con Sophie unos cuantos comentarios. Mostrando el respeto que sentía por ella, la trató como a un igual y, como haría con cualquier hombre, corrigió uno de los teoremas que Sophie le había adjuntado en su última carta:

Me parece que la proposición inversa: "si la suma de las potencias enésimas de dos números es de la forma hh + nff, entonces la suma de las cifras en sí mismas será de la misma forma" se define en términos demasiado generales. Aquí está un contraejemplo para esta regla:

$$15^{11} + 8^{11} = 8649755859375 + 8589934592 =$$
$$= 8658345793967 = 1595826^{2} + 11\times745391^{2}$$

Sin embargo, 15 + 8 = 23 no se puede escribir de la forma xx + 11yy.

En la carta añadía más resultados y comentarios relacionados con la aritmética y algunos sobre astronomía, pues su amigo Olbers acababa de descubrir un nuevo planeta. También le confesaba que, a pesar de llevar años dedicado a la astronomía, su predilección seguía siendo la aritmética y otras ramas del análisis. Y mostrando la confianza que tenía en la capacidad de la joven le adjuntó algunos teoremas en los que estaba trabajando, entre ellos el hoy conocido como lema de Gauss o criterio de la irreducibilidad de Gauss. No le envió ninguna demostración, según decía: *"para no privarle del placer de desarrollarla usted si la encuentra digna de sus momentos de ocio".*

La carta fue muy bien recibida por Sophie, quien trabajó en la respuesta con esmero, analizando todos los resultados. La matemática no defraudó a Gauss. Por diversos comentarios que encontramos en varias cartas suyas a Olbers, admiraba y reconocía su talento:

> *"Debido a circunstancias diversas, en parte por las cartas del parisino Le Blanc, quien ha estudiado mis D. A. con pasión, se ha convertido en un maestro en la materia y me ha enviado unos muy respetables comentarios sobre ella". También: "A mi regreso me he encontrado con varias cartas de París, de Bouvard, Lagrange y Sophie Germain [...]. Lagrange muestra gran interés por la astronomía y la aritmética superior; él considera los dos teoremas de muestra, que también te envié a ti hace tiempo, 'bellos y difíciles de probar'. Pero Sophie Germain me ha enviado sus demostraciones, que todavía no he tenido tiempo de ver con calma, aunque creo que son correctas. Al menos ella se ha aproximado a la materia desde el punto de vista adecuado, solo son un poco más extensas de lo necesario".*

Y ese talento también suponía un estímulo para él, como vemos en otro comentario a Olbers:

> *"Recientemente he respondido a una carta que me envió y he compartido algunos resultados de aritmética con ella, lo que me llevó a reconsiderar algunas cuestiones de nuevo. Solo dos días después hice un agradable descubrimiento. Una nueva, ingeniosa, pequeña prueba del teorema fundamental".*

Este respeto y admiración mutuos fueron vistos con cierta malicia por algunos. Bolyai comentaba a Gauss en una carta:

> *"Una vez me escribiste acerca de Sophie Germain de París; si yo fuese tu esposa, no estaría muy contenta. Escríbeme más de ella".*

Esta estima no solo la manifestó a sus amigos. Desde Gotinga, a donde se había trasladado para ejercer de profesor, en 1808, se dirigía así a Sophie:

> *"Permanece siempre feliz, mi querida amiga. Las especiales cualidades de tu corazón y tu mente lo merecen, y continúa de vez en cuando renovando la agradable certeza de que yo pueda contarme entre tus amigos, un título del que estoy muy orgulloso".*

A pesar de su amabilidad, fueron las últimas líneas que Gauss le dedicó a Sophie. A partir de este momento ella le envió alguna que otra carta, compartiendo sus descubrimientos, sin recibir respuesta. Podemos imaginarla esperando con ansia el correo, día tras día, y volviendo desilusionada al trabajo. Afortunadamente fue una circunstancia que no la desanimó. El cese de esta relación matemática dejó de monopolizar su mente en cuestiones aritméticas y nos permitió gozar de valiosos resultados en otros campos.

Sin embargo, a pesar de interrumpirse la correspondencia, Sophie volvió a tener noticias de Gauss. Dos años después de la última carta, el matemático recibió la medalla Lalande, un premio dotado con 500 francos, y escribió a Delambre, secretario de la Academia de Ciencias con una petición muy particular. Delambre escribió a su vez a Sophie, para comunicarle los deseos de Gauss, reproduciendo el texto del alemán:

> *"En lugar de aceptar el resto, 380 francos, en plata, preferiría un bonito reloj de péndulo. No voy a fijar su precio: si son 60 francos o 300 francos me es indiferente, mientras que el reloj sea lo suficientemente elegante para ofrecérselo como regalo a mi esposa y que pueda servir de decoración de su habitación. Quizás la señorita Sophie Germain, de quien podría enumerar miles de virtudes, tenga la bondad de escogerlo".*

Delambre comunicó a Sophie su intención de visitarla en unos días para saber si podía ayudarlo con el encargo. El reloj de péndulo llegó a Gotinga y, según se nos cuenta en la biografía de Gauss, permanecería en la habitación del matemático hasta el fin de sus días.

§. Más allá de su teorema

Corresponde a todos los hombres censurar el sistema y solo a unos pocos les corresponde imaginar. Los que juzgan están sentados en un horizonte limitado, los que imaginan se colocan en una cierta elevación, desde donde lanzan a su alrededor una mirada amplia.
Sophie Germain

Como vimos, Sophie dedicó varios años a la teoría de la elasticidad. Esto, sumado a la interrupción de su correspondencia con Gauss, nos deja sin resultados suyos en teoría de números. Una vez pasada la agitación de presentar las memorias a concurso, parece que decidió volver a ella:

"Le daré una pista sobre cuánto me absorbe esta área de investigación admitiendo que, incluso sin ninguna esperanza de éxito, todavía la prefiero a otros trabajos que me resultan interesantes mientras pienso en ellos y en los cuales seguro que puedo obtener resultados". Estaba muy equivocada al no tener ninguna esperanza de éxito.

El problema que durante años ocuparía las divagaciones de Sophie, el conocido último teorema de Fermat, puede enunciarse así:
La ecuación $x^n + y^n = z^n$ no tiene solución entera distinta de la trivial (es decir $0^n + 0^n = 0^n$) cuando $n > 2$.
Desde luego, la originalidad no residía en la elección del tema, sino en su línea de ataque, pues ideó un plan para demostrarlo por completo.

No podemos precisar con exactitud el devenir de los hechos. Existen diferentes pruebas de su trabajo, manuscritos y cartas sin datar, así que desconocemos la intensidad con que se dedicó a este quehacer o cómo le fueron surgiendo los problemas. En todo caso, gracias a la carta que envió a Gauss en 1819 sabemos que en aquel entonces ya había empezado y que ya había trazado su plan. Existen otras dos cartas del mismo año, una a Poinsot y otra a Legendre, que hacen pensar que en principio no pretendía trabajar aislada. Gracias a la nota de 1823, en el pie de página de una memoria de Legendre, tenemos cierta constancia de cuánto había avanzado, pero como la nota se refiere a un único resultado, tampoco podemos afinar demasiado. Ni tan siquiera Libri en su obituario ofrece muchos datos al respecto, lo único que dice es que los bellos teoremas numéricos que desarrolló fueron incluidos en un suplemento de la segunda edición de la *Teoría de números* de Legendre. La única pista que nos da es que habla en plural: quizá no solo el denominado *teorema de Sophie Germain* perteneciese a ella.

Carta de Sophie Germain dirigida a Poinsot que se conserva en la Biblioteca Moreniana de Florencia.

Pero empecemos por el principio, la carta que envió a Gauss en 1819. Hacía años que no mantenían ninguna correspondencia, al menos no se conserva ninguna evidencia de ello. Ese año había acudido a París un amigo del matemático, H. C. Schumacher, editor de las *Noticias astronómicas,* que le escribía: *"Me agrada haber localizado a la señorita Germain y me encontraré con ella el próximo miércoles".* Dado que Schumacher comentaba el encuentro, es de suponer que su amigo estuviese interesado en él o incluso que fuese quien lo propició, ^posiblemente le enviase saludos a Sophie. Lo hiciera o no, esta visita animó a Sophie a volver a escribir a Gauss.

En su nueva carta le dio detalles sobre cómo pensaba afrontar el último teorema de Fermat. Según le explicaba, hacía tiempo que había vislumbrado una conexión entre la teoría de residuos del alemán y el teorema. Esta conexión le había dado la idea para desarrollar un plan para resolver el teorema, que le traía de cabeza.

La respuesta de Gauss no llegó. El último teorema de Fermat, como proposición aislada, no le interesaba, como le señaló a su amigo Olbers cuando este le informó del premio de París. Así que, ocupado en mil quehaceres que lo entusiasmaban más, la carta de Sophie hablando de dicho teorema posiblemente fuese a parar al montón de los asuntos pendientes.

Gracias a la carta tenemos las primeras pistas de cuáles eran los pasos que pretendía seguir. En aquel momento todavía no había conseguido probar su objetivo más que para unos cuantos casos. En su carta muchas cosas se quedan a medias, pero existen varios manuscritos, transcritos y estudiados por Laubenbacher y Pengelley, donde podemos rastrear sus avances en la ruta que se había trazado.

¿Y tras la carta? Seguro que compartió parte de su trabajo. En julio de 1819 se dirigió a Poinsot para agradecerle el envío de una memoria suya. Por lo tanto, los demás matemáticos estaban enterados de su interés. Por otro lado, su amigo Legendre también se dedicó a esta área y fue quien acuñó el término *teorema de Sophie Germain* en un pie de página de una publicación de 1823. Pero qué pasaba exactamente, cómo interactuaba en su trabajo, no lo sabemos. Cabría esperar que con Legendre mantuviese discusiones sobre el tema, pero analizando el trabajo de este durante esos años, se ve que seguían planteamientos completamente diferentes. No hay ninguna evidencia que nos asegure su relación. Ocurre lo mismo al revisar los manuscritos de Sophie que, aunque influidos por las matemáticas del genio alemán, no muestran indicios de que estuviera discutiendo su trabajo con ningún colega.

Resulta extraño que, habiéndola ayudado Legendre en un campo en el que no tenían nada en común, no se vean sus trabajos mutuamente influenciados en un área del interés de ambos. Podría deberse a modos de trabajar contrapuestos. Legendre seguía un planteamiento clásico. Sin embargo, Sophie usaba todas las herramientas que el estudio de las *Disquisiciones aritméticas* le había proporcionado. A lo mejor intercambiaron comentarios sin que la influencia fuese grande. O quizá Legendre fuese un poco celoso de su trabajo y no la quisiera como rival. La base de esta última suposición sería una desalentadora carta que le envió en 1819:

> *"La advierto que la opinión que me merece el resto, como ya le comenté la primera vez que me presentó esta investigación, es de mucha mayor inconsistencia. Por eso creo que será estéril, como muchas otras, y que haría bien en no ocuparse más de ella, por temor a que pierda un tiempo que le podría ser muy útil en otras investigaciones".*

Con respuestas así, seguro que Sophie no tuvo ganas de contarle mucho más. Aunque no hay que pensar en un melodrama, porque esta soledad en la investigación no significó el fin de su amistad. Existe una carta de Sophie donde esta le agradece a Legendre los comentarios que le había hecho el día anterior sobre la prueba de un caso concreto relacionado con el teorema que ambos estaban estudiando. Después del agradecimiento, discutiendo el mismo problema, presenta la demostración de un resultado. La prueba es densa y, si se tiene en cuenta que la debió hacer sobre la marcha, es una impresionante muestra de su talento. A pesar de una especie de tira y afloja por una diferencia de planteamientos, seguían confiando el uno en el otro.

Entonces, como vemos, el cruce de notas entre los dos matemáticos no fue frecuente. ¿Qué hacía el trabajo de Sophie tan diferente para que sus discusiones con el autor del primer libro de teoría de números que había leído no le influyeran? La conexión que había visto con la teoría de residuos supuso una extraordinaria innovación, que cambiaría el enfoque para tratar de probar el teorema. Sophie fue la primera en buscar una demostración para una cantidad infinita de números primos. Hasta entonces las pruebas se habían hecho caso por caso. Marcó el camino a seguir en los intentos posteriores.

Es difícil averiguar qué le llevó a pensar así. Su aislamiento relativo del resto de la comunidad científica hacía de ella un pájaro libre. Cuando leyó las *Disquisiciones aritméticas* le resultaron tan novedosas como la *Teoría de números* de Legendre. No tener el lastre de cómo se debía pensar le hizo *inventar* sus pensamientos. Su planteamiento es completamente original, desarrolló sus propias técnicas teóricas, que fueron muy potentes y le permitieron avanzar en su propósito en la dirección correcta.

Seguro que Legendre no dio crédito la primera vez que ella le planteó su punto de vista basado en las congruencias, en la separación en casos... Y más teniendo en cuenta que, en principio, él no sentía una especial simpatía hacia el nuevo enfoque de Gauss en su aritmética superior. Pero Sophie debió de insistir y pelear tanto para que viese las evidencias y las facilidades de su argumento, que al final Legendre aceptó estudiarlo con calma y finalmente lo incorporó a su trabajo. Así, en 1823, en una memoria que presentó a la Academia, Legendre dio el nombre de Sophie a uno de los resultados que utilizaba. El teorema de Sophie Germain en realidad no está planteado como tal en los manuscritos de ella. Seguramente Legendre leyó unas cuantas notas y extrajo conclusiones.

El matemático afirmaba que Germain había hecho las pruebas para un rango de números e incluía una tabla ampliando esos resultados. Puede que obtuviese la tabla gracias a Sophie, pues en las notas de ella existe otra similar.

Gracias a un pie de página, Sophie entró en la historia, pero al analizar sus manuscritos, ese teorema constituye solo una pequeñísima parte de su obra. Y en este punto nos quedamos con un montón de incógnitas. Legendre usó y compartió los resultados de Sophie que conocía, pero sin embargo no menciona otros que también le hubieran sido de utilidad.

A quien no le falló el plan: Andrew Wiles

Sophie no pudo imaginar la demostración del teorema de Fermat O tal vez sí, tal vez con esa intuición matemática que tenía le hubiese ocurrido como a Andrew Wiles, que de repente un día, mientras tomaba un té helado en casa de unos amigos, le dijeron: "¿Sabes que Ken ha demostrado la conjetura épsilon?", y entonces lo tuvo claro, a partir de ese momento dejó todas sus investigaciones y trabajó durante siete años en secreto. Sabía que iba a demostrar el teorema, había visto su oportunidad.

Wiles, como Sophie, descubrió su vocación en una biblioteca. No fue Arquímedes quien le impresionó, fue Fermat. Tenía diez años cuando vio ese teorema que era capaz de entender pero que ningún gran matemático había logrado demostrar y se propuso hacerlo él. Seguro que sus intentos de niño eran muy diferentes de los de adulto, pero trabajó en ambos con la misma ilusión.

Cuando Wiles se graduó en matemáticas en Cambridge, su tutor lo disuadió de dedicarse al estudio del teorema de Fermat, ya que no era un tema muy de moda en aquel momento. Sin embargo, lo dirigió hacia el terreno de las curvas elípticas. Entonces debió parecerle un camino que lo alejaba de su sueño.

Los acontecimientos se desarrollaron a partir de este punto a base de conjeturas, teoremas sin probar como el de Fermat Primero aparecieron Taniyama y Shimura, afirmando que toda curva elíptica es una forma modular Algo que parecía fantástico, ¿cómo se les había ocurrido relacionar estas dos ideas matemáticas? Desde ese momento la conjetura de Taniyama-Shimura pasó a ser del interés de los matemáticos. Y no olvidemos que Wiles se dedicaba a las curvas elípticas.

Después de los matemáticos orientales apareció en 1985 un desafiante Frey. ¿Qué pasaría si Fermat se hubiera equivocado? Tantos años buscando una prueba de la inexistencia de soluciones para $x^n + y^n = z^n$ *cuando n es mayor que 2, para resultar que al final sí existían, como en el caso* $x^2 + y^2 = z^2$*, donde son infinitas.*

Frey afirmaba que si existía tal solución sería una curva elíptica tan peculiar que no sería modular Lo que, volviendo hacia atrás, fastidiaría la conjetura de Taniyama-Shimura. Frey no hizo esta prueba y de nuevo se planteó otra conjetura: la conjetura épsilon. La del té helado de Wiles. Y como a la tercera va la vencida, esta conjetura se demostró, lo que daba la pista para el teorema de Taniyama- Shimura, lo que daba la pista para ¡el teorema de Fermat!

Si Frey tenía razón y la curva que se formaba con la solución del teorema de Fermat no era modular Taniyama y Shimura estarían equivocados y no todas las curvas elípticas serían modulares. Pero si se conseguía probar que Taniyama y

Shimura estaban en lo cierto y que Frey también, entonces se demostraba el teorema de Fermat, porque no podía existir tal curva elíptica. Wiles vio simple la idea. Una vez le dijeron que se había demostrado la conjetura épsilon, solo le quedaba demostrar la conjetura de Taniyama-Shimura, que pertenecía al área de estudio que dominaba. Así probaría el teorema de Fermat. ¡Su sueño de niño!

Se retiró entonces a trabajar en secreto, como Sophie. Como él mismo decía, trabajaba consultando una cosa aquí otra allá, unos cuantos cálculos más, y todo para que al final no valiese para nada. ¿De dónde le vino la verdadera idea? Es un misterio. Algunos dirán que fue una idea feliz, sí sin duda, pero una idea feliz que llegó tras tres años de duro trabajo, con lo cual magia y rutina se llevaron el premio a partes iguales.

Tras los tres años, por fin, Wiles obtuvo un resultado que le permitía seguir mirando al futuro. Había encontrado un modo de contar las representaciones de Galois en las que había convertido sus curvas elípticas. ¿Por dónde seguir? Cuando se graduó había trabajado con la teoría de Iwasawa y pensó que le sería útil, así que se puso con ella. Pero el resultado no llegaba.

En 1991 acudió a un congreso donde su antiguo tutor, el que le había disuadido de trabajar en el teorema de Fermat (si él supiese ahora...), le habló de un artículo muy interesante, recién publicado, de Malthias Flach. Al leerlo Wiles vio la luz.

Si conseguía generalizar el resultado del artículo obtendría el paso que le faltaba. Así que se olvidó de Iwasawa y de su teoría, y se dedicó en cuerpo y alma a buscar la generalización del resultado de Flach.

Habían pasado seis años desde que empezara a trabajar en secreto. En ese momento se sentía suficientemente seguro para compartirlo con alguien que, además, pudiera ayudarlo con la generalización que buscaba. Se trataba de su colega Nick Katz. Cuando Wiles le confesó a qué se estaba dedicando, Katz no dio crédito. Sin embargo vio sentido a su trabajo y decidió ayudarlo, manteniendo el secreto. El aislamiento continuo de Wiles y Katz comenzaba a resultar sospechoso, así que Wiles se inventó un curso donde ir mostrando sus avances a Katz sin levantar sospechas. El título del curso no decía nada especial: Cálculo y curvas elípticas, así que nadie se imaginó lo que se escondía detrás. En cierto sentido resultó un fiasco, porque era tan complicado lo que Wiles explicaba, y sin ningún objetivo aparente, que a! final la única persona que asistía a las sesiones era Katz.

Una vez dominado el tema, decidió contárselo a otro amigo, Peter Sarnak, que se quedó tan asombrado que la noche de la noticia no consiguió dormir bien. A punto de llegar al culmen, solo tres personas estaban al tanto.

En mayo de 1993 Wiles sabía que ya le quedaba poco, solo un pequeño detalle, un grupo de curvas elípticas que se le resistía. Entonces, hojeando un artículo del matemático Barry

Mazur, obtuvo la pista. En vez de demostrarlo para esas cumas, tenía que buscar el modo de transformarlas en otras para las que ya tuviera una demostración Cuando visualizó este hecho se dio cuenta de que ya tenía la prueba y se quedó fascinado.

Por esa época su antiguo tutor, John Coates, estaba preparando un ciclo de conferencias en Cambridge y Wiles pensó que no había otro lugar mejor donde presentar su resultado. Dio a su conferencia un título general, sin pistas sobre Taniyama-Shimura ni sobre Fermat: Curvas elípticas y representaciones de Galois. Sin embargo, Samak era de esos amigos a los que les cuesta guardar las buenas noticias y, a pesar de la discreción de Wiles, todo el mundo esperaba un notición en su conferencia. Y lo tuvieron Wiles explicó su última idea, la de transformar las cumas que no se ajustaban a su demostración en otras que sí lo hacían. Escribió el último teorema de Fermat en la pizarra y dijo: "Lo demostré, creo que voy a parar aquí".

Su conferencia fue un éxito, pero también el inicio de un camino hacia lo que Wiles debió sentir como el infierno. Afirmó que había disfrutado de sus siete años de aislamiento, pero que no repetiría la experiencia de trabajar sobreexpuesto.

Todo empezó mientras Katz revisaba la prueba que iba a entregar Wiles, Mantenían un cruce de correos constante, donde el primero pedía aclaraciones que el británico resolvía sin problema. Hasta que apareció una que no pudo resolver.

Su generalización del resultado de Flach estaba mal y cuando trataba de poner un parche en un lado, aparecía un hueco en otro. Ni con la ayuda de Richard Taylor consiguió arreglar el desaguisado. Justo antes de rendirse, de tirar la toalla y asumir que no podía probar el teorema, decidió volver a atrás. Quería asegurarse de que podía arreglar el error que había hecho del sueño cumplido una ilusión. Y allí', frente al papel, lo vio: la teoría que había descartado cuando apareció el resultado de Flach era su salvadora, con la teoría de Iwasawa podía demostrar lo que le faltaba. Esta vez no quiso precipitarse, vio el resultado y dio un paseo, volvió a su mesa y comprobó que seguía allí. Dio otro paseo v, al volver, ahí seguía. Se fue a dormir y a la mañana siguiente seguía allí. Fue entonces cuando se atrevió a afirmar que lo había probado.

Desde ese momento, la nota del margen de Fermat se había convertido en un verdadero teorema, como le hubiese gustado ver a muchos matemáticos a lo largo de la historia.

¿No sabía nada acerca de su existencia? ¿Por qué Sophie no compartió con él la estructura completa de su magnífico plan? ¿Le enseñó sus investigaciones y Legendre las descartó? Es cierto que su proyecto tenía lagunas, pero ¿y los aciertos? Es difícil pensar que Legendre no la ayudase, y también que Sophie no le consultara. ¿Iba a hacerlo cuando se dio cuenta de dónde se había equivocado? Ahora, con el paso del tiempo, al ver resultados como los de

Dickson, nos damos cuenta de que los hubiera obtenido más fácilmente si se hubiera conocido todo el material de Sophie.

§. El plan de Sophie

> *Vemos en la ciencia, como en todas las cosas físicas, cómo cae cuando está madura y fuerte, cómo perece por su caducidad y cómo renace para una nueva carrera, un regreso a la infancia.*
> *Sophie Germain*

Sophie tenía un plan para probar el último teorema de Fermat. Se lo contó a Gauss y podemos estudiar su desarrollo a lo largo de varios manuscritos que nunca vieron la luz en la época.

¿Por dónde empezó? Primero tenía intención de demostrar el siguiente resultado:

Para cada exponente primo, hay un número infinito de primos auxiliares de la forma $2Np + 1$, tales que el conjunto de los residuos de potencia p-ésima módulo $2Np + 1$ no tiene enteros consecutivos.

Para este resultado hacía un análisis para primos, p, menores que 100 y primos auxiliares con N entre 1 y 100.

Para entender mejor lo que quería decir, veamos un ejemplo. Consideremos el caso $p = 5$ y $N = 1$, así el primo auxiliar es $2 \times 1 \times 5 + 1 = 11$. Tenemos los residuos de potencia quinta y módulo 11. Así:

$$(1^5, 2^5, 3^5, 4^5, 5^5, 6^5, 7^5, 8^5, 9^5, 10^5) \bmod 11 =$$
$$= (1, 32, 243, 1024, 3125, 7776, 16807, 32768, 59049, 100000) \bmod 11$$

Como el módulo es 11, dividimos cada uno de los números entre 11 y vemos el resto que nos queda, que funcionará igual como residuo:

(1, 10, 1, 1, 1, 10, 10, 10, 1, 10) mod 11

El conjunto de los residuos es {1,10}, que no son números consecutivos y, por tanto, se cumple lo que dice Germain.

¿Y qué tiene que ver este resultado con el teorema de Fermat? Si ella probaba que existe un número infinito de primos auxiliares que cumplen la condición de los residuos no consecutivos de potencia p-ésima, y se daba el caso de que *x, y* y *z* fuesen soluciones de la ecuación de Fermat para el exponente *p*, cada uno de los infinitos primos auxiliares tendría que dividir al menos a una de esas soluciones, *x, y* o *z.* Eso significaría que uno de ellos es múltiplo de infinitos números primos, lo cual es imposible, y por lo tanto la ecuación de Fermat no tendría soluciones para el exponente *p*.

Otra de las ideas que le rondaba por la cabeza cuando escribió a Gauss era que, si el teorema tenía solución, sería para enteros tan grandes que, según decía, se asustaba solo de imaginarlos. Y para probarlo planteaba el siguiente argumento:

Para un número primo distinto de 2, si la ecuación $x^p + y^p = z^p$ tiene solución entre los números enteros, entonces uno de los números $x + y$, $z - x$ o $z - y$, debe ser divisible por $p^{(2p-1)}$ y por la potencia p-ésima de todos los números primos de la forma $2Np + 1$, que satisface dos condiciones:

- No hay dos residuos de potencia p-ésima consecutivos, módulo $2Np + 1$.
- p no es un residuo de potencia p-ésima módulo $2Np + 1$.

Otra consideración importante era la división que hacía de los números para ir probando el teorema. Consideraba estos dos casos:

- Caso 1: $x^p + y^p = z^p$ no tiene soluciones enteras si ninguno de los números *x, y o z* es divisible por p.
- Caso 2: $x^p + y^p = z^p$ no tiene soluciones enteras si uno y solo uno de los tres números *x*, *y* o *z* es divisible por *p*.

¿Qué pasó con este ambicioso plan y todas sus ideas? Pues que no funcionaron. Había planteamientos erróneos y también otros correctos que no fue capaz de probar, como la certeza de que el número de *p* es para las que no se satisface su condición de no continuidad, el punto de partida del argumento, es finito. Lo demostraría en 1894 E. Wendt.

En este punto abrimos un paréntesis para definir otro concepto que fue bautizado con el apellido de la matemática.

Los números primos de Sophie Germain son los números primos, *p,* para los que los $2p + 1$ es también primo.

En un paso más de su estrategia probó que el número 2 no es un residuo de potencia p-ésima y módulo $\theta = 2Np + 1$.

Con todas sus condiciones sobre la mesa, el siguiente paso era probar por inducción simultánea de *p* y *N* que su condición de no consecutivos se cumplía cuando *N* era muy grande. Un resultado ambicioso y valiente, que fue demostrado en 1993 en un artículo de David Ford y Vijay Jha usando métodos computacionales. Desde este punto de vista es normal que no llegase a buen puerto, pues se habría vuelto loca haciendo los cálculos manualmente.

Se hallaba ensimismada en sus pruebas cuando se dio cuenta de que su plan, tal y como lo había desarrollado, no demostraba el teorema en el caso $p = 3$. Sin tenerlo en cuenta, elaboró tablas de todos los resultados que iba encontrando y que cumplían su condición inicial.

Resulta curioso ver cómo con métodos diferentes Germain y Legendre fueron obteniendo los mismos resultados, y también cómo cometían los mismos errores. Ambos fallaron en la prueba concreta en la que $p = 3$ y $N = 7$.

Sophie se dio cuenta de que debía abordar de modo independiente el caso p = 3. En trabajos bastante posteriores, como los de Libri en 1829, aparecen resultados que muestran que el plan no resultaba viable para probar por completo el teorema. No sabemos cuándo dejó de trabajar en ello o si falleció poniendo remiendos aquí y allá cuando veía que fallaba su proyecto inicial. Durante el proceso iba aportando resultados interesantes a la teoría de números y a la demostración del teorema que nos ocupa.

Como vimos, además de su condición, compartió otro resultado con Gauss: la prueba de que en caso de existir solución para el teorema de Fermat esta sería un número muy grande. Esta idea, aunque aplicada en otra área, coincide con la conjetura épsilon. Frey hizo lo mismo que Sophie, considerar que dicha solución existía, y que de existir daría una curva elíptica monstruosa. Volviendo al siglo XIX, Sophie no consiguió demostrar su intuición acerca de la solución para los grandes números, pero a cambio nos dejó un teorema:

Teorema de Sophie Germain: sea p un primo distinto de 2. Si hay un primo auxiliar q que cumpla las dos condiciones:

1. $x^p + y^p + z^p = 0 \bmod q$ implica que $x = 0 \bmod q$ o $y = 0 \bmod q$ o $z = 0 \bmod q$
2. $x^p = p \bmod q$ es imposible para cualquier valor de x. Entonces el Caso 1 del teorema de Fermat es cierto para p.

Sophie demostró más resultados que este teorema, pero gracias a él ocupa un lugar dentro de la historia de la conjetura de Fermat y así nos dejó una marca para que siguiéramos su rastro matemático e hiciéramos honor al resto de su obra.

Capítulo 4
Compartiendo pensamientos

Sin la pasión, la sociedad todavía sería salvaje.
Sophie Germain

Contenido:

Como ya advertía Libri en su obituario: *"La señorita Germain no solo era adicta a la geometría".* Estudió también ciencias naturales y latín, aunque lo del latín más bien parece una consecuencia de su principal adicción, ya que lo hizo para leer las obras de matemáticos como Newton o Euler. Y por si no tenía suficiente con aprender sola tantas cosas, se dedicó también a la filosofía, que no solo estudió por placer: dedicó parte de su tiempo a *ser filósofa.* Cuando murió encontraron entre sus papeles reflexiones y trabajos de filosofía que su sobrino decidió publicar. Acompañaron al obituario al que continuamente hacemos referencia, escrito por Libri. Pues a pesar de la diferencia de edad, entabló con él una gran amistad durante los últimos años de su vida y se convirtió en un corresponsal en quien podía confiar.

§. Filosofía

El que diseña, produce una idea de lo sublime, no se limita a una restricción infantil, aquel que la adopta es porque ve a través de los prejuicios de su tiempo.
Sophie Germain

Existen dos obras en las que aparece el trabajo filosófico de Sophie. Una son las *Consideraciones generales sobre la situación de las ciencias y las letras en las diferentes épocas en que se han cultivado,* que publicó su sobrino. Años más tarde se hizo una nueva edición, ampliándola con los *Pensamientos diversos.* Esta segunda edición de 1896 se llevó a cabo, según explicaba el editor, para responder a un deseo de los lectores, ya que la publicación inicial había despertado una gran admiración. En esa misma introducción podemos leer cómo el Ayuntamiento de París había decidido poner el nombre de Sophie Germain a una calle de la capital francesa y a una de las escuelas superiores, además de la placa conmemorativa en la calle donde vivió.

Los *Pensamientos diversos* son pequeñas reflexiones sueltas. Hemos insertando algunas al inicio de los capítulos de este libro.

En las *Consideraciones generales sobre la situación de las ciencias y las letras* realiza un recorrido a lo largo de la historia del desarrollo intelectual de la humanidad con el objetivo de discutir la naturaleza de la sociedad y encontrar relaciones entre ciencia y arte.

El primer capítulo, titulado "Cómo un sentimiento común domina las ciencias y las letras", funciona como una introducción. Sophie busca los puntos de encuentro entre las ciencias y las letras.

Mantiene que aunque la impresión producida por un trabajo artístico y uno científico sean totalmente diferentes, hay reglas bajo las cuales ambos, arte y ciencia, se mueven para crear la genialidad y la belleza. Explica que aunque en literatura se reconozca fácilmente un texto elocuente, en matemáticas existe también esa necesidad de chispa y genialidad, a pesar de que sea más difícilmente identificable debido al uso de un lenguaje propio que no domina todo el mundo. Cálculo y poesía están inspirados, ambos, por un sentido del orden y la proporcionalidad, el espíritu que los crea es el mismo.

Este tema ya acarreaba problemas en la época, pues parece que a algunos poetas no les gustaba ser juzgados por matemáticos, lo que llevó a escribir a Condorcet: *"Ignoran que Arquímedes y Euler han puesto tanto en sus obras como Homero y Ariosto manifiestan en sus poemas".*

Su mayor aportación figura en el segundo capítulo, donde hace un recorrido histórico para descubrir los orígenes del pensamiento intelectual del hombre. El trabajo de Sophie mereció los elogios de filósofos como Comte, que vio en él una conexión con su corriente positivista.

Vamos a repasar algunas de estas ideas, para entender un poco más la visión que tenía de las ciencias. En su obra filosófica se sigue entreviendo cuál es su verdadera pasión, las matemáticas.

Comienza explicando que al principio de los tiempos las historias que se contaban no eran más que una reproducción de los hechos, pero que después el hombre fue capaz de abstraerse de esos hechos y combinar historias e imaginación para crear fábulas. En esa época no había diferencia entre ciencia y arte.

En esta reflexión sobre cómo se construyó el pensamiento humano, resulta curiosa la prueba que ofrece de la existencia de Dios. Hoy en día se ha asumido que es una cuestión de fe, pero en contextos históricos anteriores no era raro usar la razón para tratar de demostrarla. Lo que dice es que la observación de los cuerpos celestes revela un conjunto de leyes que no cambian, a pesar de que el punto de vista de la gente varíe constantemente a lo largo de la historia. Por lo tanto, deduce, debe existir un único ser que gobierne el universo para que, a pesar del constante cambio en el pensamiento de los hombres, ciertas leyes se mantengan fijas. De modo que Dios existe.

Sin embargo, rechaza la alquimia y la astrología como ciencias y dice que provienen del espíritu egoísta del hombre.

Su siguiente paso es analizar el progreso del lenguaje. Dice que el lenguaje fue inventado para comunicar las cosas comunes, temas perfectamente conocidos. Sin embargo, el desarrollo de la humanidad ha hecho que el hombre tenga que usar ese lenguaje para expresar ideas abstractas y la dificultad aumenta cuando se introducen nuevas palabras para explicar estos conceptos. Los tecnicismos se acaban interpretando de múltiples maneras, manipulándolos para que sustenten las creencias propias de cada cual, de modo que puede ocurrir que dos personas estén diciendo lo mismo, pero que su opinión sea muy diferente. Entonces Sophie afirma que el único lenguaje que evita esta confusión es el lenguaje matemático, que se creó a partir de figuras geométricas para expresar con precisión la verdad. No es el caso de otras áreas, como las ciencias naturales, la religión o la política. Con Descartes y luego con Newton, las ciencias físicas y de la naturaleza se unificaron con las matemáticas, al incorporar la precisión de su lenguaje. Afirma que, hacía apenas un siglo, el álgebra parecía un código indescifrable, pero que ha pasado a convertirse en una disciplina capaz de explicar cientos de hechos. Así arranca la época del conocimiento verdadero de la naturaleza.

Con pesar dice que la filosofía todavía no se puede expresar en ese lenguaje de exactitud y espera que algún día, junto con la política y la moral, incorpore el lenguaje del cálculo, ya que en su opinión alcanzará entonces verdades permanentes, y la búsqueda de la verdad es inherente al ser humano.

Acaba su obra volviendo al tema de la introducción, para sostener que las ciencias y las humanidades nos parecen diferentes porque hemos creado un universo acorde a nuestras creencias y no a como es realmente.

Se echa en falta una conclusión general, por lo que se cree que la obra no está acabada.

Sophie entendía perfectamente que el lenguaje matemático era distinto, no un lenguaje común explicando una ciencia, sino otro idioma diferente y sabía que tenía que usar la creatividad para alcanzar la verdad, como lo haría un poeta.

§. Su confidente

> *El tiempo solo tiene dos divisiones reales: pasado y futuro, ya que el presente es solo el límite de los otros dos.*
> *Sophie Germain*

Sophie Germain nos dejó un valioso legado, con sus obras, sus investigaciones y la pasión que puso en todo lo que hacía. Podemos reconstruir mejor su historia gracias al hilo conductor que nos ofrece Libri en su obituario:

"Extranjero en su país, más no de su afecto y del objeto de sus trabajos, creo que debo depositar sobre la tumba de la señorita Germain el homenaje de mi más profunda añoranza y de mi admiración".

La relación entre los dos matemáticos comenzó en 1825, después de encontrarse en una de las fiestas que preparaba Arago en el Observatorio de París los jueves por la tarde. Desde el principio se entendieron bien, a pesar de la diferencia de edad, de 26 años. Libri escribió al día siguiente a su madre: *"Finalmente ayer por la noche me encontré con la señorita Germain, que ganó el premio de matemáticas del Instituto hace unos años. Estuve hablando con ella cerca de dos horas, tiene una personalidad admirable".*

Su amigo: Guglielmo Libri

Seguramente Sophie se hubiera quedado pasmada si hubiera llegado a conocer las aventuras de Libri tras su muerte. Le agradaría saber que consiguió la plaza que tanto ansiaba en París. Durante varios años transcurrió allí su vida, trabajando *y con los habituales enfrentamientos con otros científicos de la época, en su caso con Liouville.*

El conde Guglielmo Libri Carucci dalla Sommaja.

En 1841 fue nombrado inspector de las bibliotecas de Francia. La pasión de Libri por los manuscritos y las obras antiguas era desmesurada, tanto que vencía su moral. Empezaron a llegar informes de libros y manuscritos desaparecidos de todas las bibliotecas y daba la casualidad de que todos los robos ocurrían tras una visita de Libri, así que le abrieron una investigación En 1848, al enterarse de que iba a ser arrestado por robo, huyó tan rápido como pudo a Londres. Allí solicitó asilo político poniendo como excusa los problemas que le *causaba la revolución que tenía lugar en ese momento en Francia. Antes de huir lo arregló todo para que le fuesen enviados a Londres 30.000 libros y manuscritos. Aunque llegó a Inglaterra sin un duro, este envío le ayudó a salir de la pobreza y a llevar una buena vida.*

No tuvo problemas para convencer a diferentes personas de que los cargos de los que le acusaban en Francia se debían a que era italiano. En 1850, en Francia, le condenaron a diez años de cárcel por los cargos de robo de libros valiosos. Libri nunca volvió a pisar el país.

Cuando, tras su muerte, el gobierno francés probó sus delitos de un modo irrefutable, reclamó muchos de los libros y manuscritos robados. Tras largas negociaciones con las autoridades británicas, recuperó gran número de ellos.

Seguro que Libri se llevó todo lo que había en el lugar de trabajo de Sophie una vez ella falleció. Parte de la documentación que nos ha ayudado a seguir su historia y su trabajo a lo mejor no existiría sin su afán de acumular manuscritos.

Ella también se quedó impresionada con el joven y lo invitó a comer a su casa, a través de una nota donde empleaba un tono más informal de lo acostumbrado, lo cual puede ser una muestra de la confianza que existió entre ellos desde el principio. La despedida era: *"Mille compliments"*, donde desaparecía toda la pomposidad de la época.

Esa confianza aflora en más cartas. Ya desde el principio compartieron más preocupaciones que la teoría de números. Sophie nunca llegó a saber que algunas de las inquietudes que mostraba Libri iban más allá del interés por el conocimiento, y se centraban más bien en los propios libros. Libri insistía, por ejemplo, en que Sophie utilizara sus contactos en París, como Fourier, para obtener información sobre manuscritos de geómetras franceses antiguos.

Ella compartió con él sus desvelos sobre su trabajo en teoría de la elasticidad, ya que sentía que no la trataban con el respeto que merecía como científica: *"He aquí el privilegio de ser una dama: obtener elogios sin ningún beneficio real".* En esa misma carta Sophie le explicaba que intentaría ayudarle a obtener una plaza vacante en la Academia, advirtiéndole sin embargo de que creía que poco podría hacer.

En nuestra información sobre la vida de Sophie se abre un vacío entre 1826 y 1829. Ese año escribió a Gauss, a raíz de una visita de un amigo del matemático a París, y, como en la ocasión anterior, parece que quedó sin respuesta, a pesar de que le había enviado también unos resultados esperando que encontrase un rato para evaluarlos.

A través de este discípulo de Gauss, Sophie conoció su último trabajo sobre superficies curvas. Ella había alcanzado ya una madurez y una edad que le permitían expresar aquello que no había sido de su agrado, aunque se muestra agradable y sigue profesándole su admiración.

"He leído con placer su memoria de residuos bicuadráticos, que este joven científico me ha entregado en su nombre. Basta para alimentar mi apetito por las investigaciones en aritmética, recordándome, señor, que me ha otorgado, en otras ocasiones, el honor de recibir varias cartas suyas. Crea que me duele profundamente haber sido privada durante tanto tiempo de esas doctas comunicaciones a las cuales nunca he dejado de asociar un gran valor.

En la charla con el señor Bader sobre el tema actual de mis estudios, que compartimos en nuestro encuentro, me enseñó la erudita memoria donde usted compara la curvatura de superficies a la de la esfera. (Me hubiera gustado quedarme con la memoria, que le tuve que devolver de mala gana, porque no sé dónde podré encontrarla).

No puedo decirle cómo de atónita me quedé, al tiempo que satisfecha, al saber que un reconocido matemático tenía, casi a la vez que yo, la idea de la analogía, que me parece tan racional. No entiendo cómo nadie la había tenido antes, ni como nadie le había prestado atención hasta la fecha, tratándose de una consideración que yo había publicado ya".

La carrera de Sophie fue dura. Mientras que al principio no se consideraba realmente digna de equipararse con sus colegas, los muchos obstáculos que encontró en su camino la hicieron convencerse de que era una más, le pesase a quien le pesase, y de que no debía esconderse ni quitarse méritos. Aun así, reconocía la superioridad del alemán. A pesar de compartir la misma idea inicial, el desarrollo que planteaban era completamente diferente. Ella aprovechó para explicarle algo más su planteamiento, posiblemente con la esperanza de encontrar a alguien que de verdad la escuchase. Bucciarelli y Dworsky apuntan que el final de la carta podría ser una autoinvitación a Alemania, la sugerencia de un encuentro con Gauss. En mi opinión es una despedida, escrita con la pena de alguien que es consciente de una realidad que le entristece y la manifiesta en su desesperación, pero que no oculta ninguna intención más allá de una constatación de los hechos:

> *"Lamento verme privada de la ventaja que disfrutaría, como Bader, de su sabia consideración, que él tenga una beca me deja atónita, pero es para mí motivo de envidia. Independientemente de lo que aprendiese de usted, lamento no ser capaz de ir más allá sometiendo a su juicio multitud de ideas que no he publicado y que me llevaría mucho tiempo escribir.*
>
> *Deseando, al menos, señor, que me recuerde y corresponda a la seguridad de mi más profundo respeto".*

Gracias a esta carta sabemos que Sophie estaba enferma, el cáncer que causaría su muerte ya había empezado a causar estragos en su salud. Sufrió mucho durante la enfermedad y no era capaz de dedicarse a las matemáticas con todas sus facultades. Se lamentaba de que sus dolencias no la dejasen trabajar en un asunto que le rondaba por la cabeza relacionado con curvas y superficies.

Cuando Libri regresó a París, en 1830, se volvieron a encontrar y afianzaron más su amistad. El único rastro que tenemos del último año de su vida son tres cartas escritas al italiano, algunas muy próximas en el tiempo. En ellas también existe la constancia de que él le escribía a menudo, aunque, debido a los problemas de la revolución, en la que participaba, la comunicación era difícil y algunas cartas no llegaron, como ella le hizo saber.

La primera es de febrero de 1831 y tiene una parte personal, en la que ella le explica que había cambiado de medicación, pero que aun así le resultaba imposible concentrarse en el trabajo. Sin embargo continúa la carta con unos comentarios sobre teoría de números e indicaciones que le ha hecho Legendre sobre su última publicación: *Una nota sobre la manera de construir los valores de y y z en la ecuación...*

En abril escribió una carta en la que ya no encontramos rastro de su trabajo, el dolor que sentía era muy grande. Confesaba que ya no veía a ninguno de sus amigos matemáticos y que su sobrino y su hermana se habían convertido en su única compañía. Aun así seguía preocupada por la pasión de su vida y enumeraba todas las desgracias que estaban ocurriendo en el mundo de los matemáticos. Habla de la preocupación de Libri, de los problemas de Cauchy, que vive en el exilio, de la muerte de Fourier y de la actitud de Galois, a quien habían expulsado de la Escuela Normal.

En la última carta, en mayo de 1831, a poco más de un mes de su muerte, ya no ocultaría el gran sufrimiento que su enfermedad le provocaba.

> *“Estoy enferma, señor, muy enferma. Trabajé duro durante su estancia aquí porque no quería cerrarle la puerta, pero desde entonces el dolor se ha incrementado y hoy por hoy no puedo recibir visitas o cuidarme. El dolor que siento es horrible y mi vida es un verdadero suplicio, no veo cómo mi situación pueda mejorar, como le había dicho hace un tiempo [...]".*

El 23 de julio de 1831 Libó escribió a su madre:

> *"La señorita Germain, por quien sentía un profundo aprecio, murió hace 75 días. Era víctima de un cáncer y sufrió terribles dolores. ¿Este es el destino reservado a las almas maravillosas? Siento un inmenso pesar”.*

Un año más tarde escribiría el obituario que tanto hemos citado a lo largo de estas páginas. Nadie mejor que un amigo para ofrecer la conclusión acerca de la brillante científica y excelente persona que fue Sophie Germain:

> *“Su conversación era de una naturaleza Única. Su asombroso carácter tenía la constante habilidad de reconocer una idea básica en un instante y llevarla hasta sus últimas consecuencias, saltándose todos los intermediarios; su humor, mostrado de forma grácil y ligera, siempre escondía el extracto de un pensamiento más profundo, una habilidad que derivaba de la variedad de sus estudios, de reconocerlas semejanzas entre el orden físico y el orden moral, que consideraba sujetos a las mismas normas. Si uno añade a esto su increíble bondad,*

que le hacía pensar en los demás antes que en ella misma, uno entenderá que era un encanto.

Este olvido de sí misma lo mostró en todas sus facetas. Pero fue muy evidente en las ciencias, que cultivó con una completa negación de sí misma, nunca pensando en las ventajas que el éxito le procuraría. Se alegraba incluso cuando veía cómo el fruto de sus ideas era asignado a otros. Ella repetía que importaba poco de quién llegaba la idea, que lo que realmente importaba era hasta dónde podía llegar la idea".

Bibliografía

- ALIC, M. (1986), *Hypatia's Heritage.* Boston: Beacon Press.
- BOYER, C. B. (2007), *Historia de la matemática.* Madrid: Alianza Editorial.
- *BUCCIARELLI, L. y DWORSKY, N. (1980),* Sophie Germain: An Essay in the History of the Theory of Elasticity. *Dordrecht: D. Reidel.*
- DEL CENT1NA, A. *Letters of Sophie Germain preseruedin Florence.* Extraído en febrero de 2010 desde http://web.unife.it/progetti/geometria/storia/Germain_en.html.
- *DUFOUR, S. (1932), La famille de Sophie Germain.* Suppíément au Bulletin de l'Association Amicale des Anciennes Eleves de l'École Municipale Supérieure Sophie Germain. *París.*
- FAUVEL, J. y GRAY, J. (1987), *The History of Mathematícs: A Reader.* Londres: The Open University.
- FIGUE1RAS OCAÑA, L.; MOLERO APARICIO, M.; SALVADOR ALCAIDE, A. y ZUASTI SORAVILLA, N. (1998), *El juego de Ada: matemáticas en las Matemáticas*. Granada: Proyecto Sur.
  - — *GERMAIN, S. (1826),* Remarques sur la nature, les bornes et l'étendue. *París: Huzard-Courcier.; (1833),* Considérations générales sur l'état des Sciences et des lettres aux différentes époques de leur culture. *París: Lachevardiere.*

- HILL, A. M. *Sophie Germain: A Mathematical Biography.* Extraído en febrero de 2010 desde https ://scholarsbank.uoregon.edu/xmlui/bitstream/ handle/1794/8965/Hill_Amy_Marie_BAl 995.pdf.
- JAMES, I. (2002*),Remarkable Mathematicians: From Eulerto Von Neumann.* Cambridge: Cambridge University Press.
- KLINE, M. (1972), *Mathematical Thought from Ancient to Modern Times.* Nueva York: Oxford University Press.
- *LANGINS, J.* The École Polytechnique and the French Revolution: Merit, Militarization and Mathematics. Llull: Revista de la Sociedad Española de Historia de las Ciencias y de las Técnicas, *ISSN 0210- 8615, Vol. 13, N° 24, 1990, págs. 91-106.*
- LAUBENBACHER, R. y PENGELLEY, D. "*Voicí ce que j'eu trouvé: "Sophie Germaín's grand plan to prove Fermat's Last Theorem.* Extraído en febrero de 2010 desde http://www.math.nmsu.edu/~davidp/germain06-ed.pdf o http://arxiv.org/pdf/0801.1809v3.pdf.
- MOLERO APARICIO, M. y SALVADOR ALCAIDE, A. *Sophie Germaín.* Extraído en febrero de 2010 desde http://divulgamat2.ehu.es/divulgamat15/index.php?option=com_content&view=article&id=334%3Agermain-sophie-1776-1831&catid=37%3Abiograf-de-matemcos-ilustres&Itemid=33&showall= 1
- MUSIELAK, D. (2008), *Sophie's diary.* Indiana: AuthorHouse.

- O'CONNOR, J. J. y ROBERTSON, E. F. *Guglielmo Libri Caruccldalla Sommaja.* Extraído en febrero de 2010 desde http://www-history.mcs.st- and.ac.uk/Biographies/Libri.html.
- ORNES, S. (2009), *Profiles in Mathematícs: Sophie Germain.* Greensboro (Carolina del Norte): Morgan Reynolds Publishing.
- OSEN, L. M. (1974), *Women in Mathematícs.* Boston: The Massachusetts Institute of Technology.
- RIDDLE, L. *Sophie Germain and Fermat's Last Theorem.* Extraído en febrero de 2010 desde http://www.agnesscott.edu/lriddle/women/germain-flt/sgandflt.htm.
- *STUPUY, H. (1896),* Oeuvres philosophiques de Sophie Germain, suivies de pensées et de lettres inédites et précédées done étude sur sa vie et ses oeuvres. *París: Firmin-Didot.*
- *TOTI RIGATELLI, L. (2007),* Sophie Germain. Una matemática dimenticata. *Milán: Archinto.*
- Documental BBC "El último teorema de Fermat". BBC Four, 16 de diciembre de 2010. Duración: 50 minutos, http://www.bbc.co.uk/program- mes/b0074rxx