

SUMA 25

junio 1997, pp. 45-52

Dificultades y logros de una gran mujer matemática: Mary Somerville

**Lourdes Figueiras Ocaña
María Molero Aparicio
Adela Salvador Alcaide
Nieves Zuasti Soravilla**

Dedicado a quien mantuvo siempre el convencimiento de que hombres y mujeres debían trabajar en condiciones de igualdad, estudiar sin ningún tipo de discriminación por razones de sexo y, por supuesto, que las matemáticas a las que él dedicó gran parte de su vida son una ciencia viva, dinámica y en la que las mujeres han tenido y tienen un importante papel.

Con cariño, para ti Gonzalo.

SE CONOCEN muchos nombres de hombres matemáticos famosos y muy pocos de mujeres matemáticas. Es usual que en la sociedad se plantee la pregunta: ¿será cierto que las mujeres «valen» menos para las Matemáticas que los hombres? Tradicionalmente no se consideran las Matemáticas como una ciencia especialmente femenina y, sin embargo, en determinadas épocas históricas el interés de las mujeres por las Matemáticas fue notable.

Al comenzar a estudiar y a preocuparnos por este tema observamos que para que una mujer (o un hombre) sea recordada en la historia de las Matemáticas se necesita que haya recibido una cuidada formación, y que haya crecido, por tanto, en el seno de una familia de clase acomodada. Pero una mujer encuentra, además, otros inconvenientes tales como la dificultad de contar con el apoyo de universidades o instituciones; la dificultad del reconocimiento de su labor frecuentemente vinculada a algún personaje masculino: padre, hermano, esposo; la utilización del propio nombre; la necesidad de ocuparse de «sus labores». Si a pesar de todo ello esta mujer consigue ocupar un lugar en la historia, ocurre a menudo que es recordada por alguna anécdota de su vida antes que por su labor como matemática.

Como homenaje a Gonzalo Sánchez Vázquez, socio de la Organización Española para la Coeducación Matemática Ada Byron, hemos querido comentar la vida y la obra de una gran matemática, Mary Somerville, y, al conocer sus dificultades, reflexionar sobre los problemas que han tenido por el hecho de ser mujer otras mujeres matemáticas. Por último recogemos unos bellos diagramas de un libro de Mary para exponer su fundamento matemático y desarrollar a partir de ellos actividades geométricas de aula.

**HOMENAJE
A GONZALO
SÁNCHEZ VÁZQUEZ**

Queremos contar la historia de una mujer matemática, Mary Somerville, como un ejemplo de mujer con el que, analizando sus logros y sus dificultades, podamos generalizar y darnos cuenta de los problemas que han tenido las mujeres para hacer ciencia y en particular para hacer matemáticas.

La opinión generalizada sobre la ausencia de mujeres en la historia de las Matemáticas descansa en una concepción errónea de lo que es la historia de la ciencia. Hay quienes piensan que la ciencia progresa solamente gracias a los grandes descubrimientos olvidándose de quienes han recogido los datos, han hecho minuciosas observaciones y anotaciones, han traducido trabajos importantes poniéndolos al alcance de otros investigadores e investigadoras, o han explicado, analizado, sintetizado y divulgado el saber del momento.

Educación de las mujeres

Nunca se le ha negado a los hombres el acceso a la educación superior. Este derecho fue ejercido por quienes dispusieron de los medios necesarios tanto por cuna como por propios méritos. Sin embargo, hasta hace poco más de un siglo, a la mayoría de las mujeres les ha estado vetada incluso la lectura y la escritura pues éstas eran consideradas fuente de pecado y tentaciones. Así, mientras que a unas mujeres por su posición social les planificaron cuidadosamente su educación siguiendo unos esquemas establecidos, a la mayoría trataron de impedirles el acceso al conocimiento. No se pretendía en ningún momento que se interesaran por la filosofía, la ciencia y la tecnología sino más bien por el arte, la literatura y la cultura clásica así como todas las habilidades «domésticas». En España, en nuestros días, hemos podido conocer a mujeres intelectuales que fueron las primeras en acceder a determinadas enseñanzas o carreras profesionales. Lo que podríamos considerar al fin un avance choca frontalmente con situaciones como las que se viven en Argelia donde las prácticas fundamentalistas actuales una de las primeras cosas que prohíben es la educación de las niñas. ¿Es tan peligroso que las mujeres tengamos una formación?

Mary Fairfax Somerville nació en Escocia el 26 de diciembre de 1780, siendo la quinta y única hija de una familia de siete hermanos. Pasó su infancia explorando las costas de Escocia y en contacto con la naturaleza, observando las estrellas, las flores, los pájaros y otros animales. Ella cuenta: «Me entretenía en el jardín, frecuentado por los pájaros. Conocía muchos de ellos, sus vuelos, sus costumbres...» (Somerville, 1874: 19). Pero a los diez años sabía escasamente leer pues a su madre le preocupaba que pudiera leer la Biblia, y no sabía en absoluto escribir.



Mary Fairfax Somerville

...hasta hace poco más de un siglo, a la mayoría de las mujeres les ha estado vetada incluso la lectura y la escritura pues éstas eran consideradas fuente de pecado y tentaciones.

Al percatarse su padre, a la vuelta de un largo viaje, de que era una «joven salvaje», la envió al internado de una tal señorita Primrose, una escuela en la que como método pedagógico le hicieron aprender, de memoria, las páginas de un diccionario. ¡No solamente deletrear las palabras o su significado sino recordarlas incluso en orden y sin errores! No le gustaba la escuela y a menudo lloraba. Después de un año volvió a su casa donde le reprocharon lo poco que había aprendido. A pesar de esta experiencia traumática, Mary había desarrollado el gusto por la lectura y tenía pequeñas nociones de aritmética.

A los trece años pasó un verano en casa de uno de sus tíos, el Dr. Somerville, que más tarde sería su suegro, el cual al darse cuenta de las ganas que tenía de aprender, la inspiró con historias de mujeres sabias de la antigüedad, la ayudó a aprender latín y a leer a Virgilio. Ella escribió: «El me aseguró que en la antigüedad habían existido muchas mujeres elegantes instruidas, y que él podría leerme a Virgilio si yo estudiaba una hora o dos cada mañana, lo

que le agradecí. Nunca fui más feliz en mi vida que durante los meses que estuve en Jedburgh» (Somerville, 1874: 37).

Luego asistió a un curso de pintura y danza. En el curso de pintura se interesaba por las nociones de la perspectiva y de geometría y de ahí pasó a resolver los pasatiempos matemáticos que aparecían en las revistas femeninas.

El tutor de su hermano, que daba las clases en la misma habitación donde ella cosía, se asombró al comprobar que Mary respondía a las preguntas que él le hacía al hermano. Mary aprovechó la fuerte impresión que le causó para convencerle de que comprara para ella libros científicos. Así consiguió leer libros serios como los *Elementos* de Euclides y el *Álgebra* de Bonnycastle. El tutor le ayudó a leer y a resolver los problemas del primer libro de Euclides, pero pronto ella le sobrepasaba en conocimientos y tuvo que continuar sola su formación.

Vivió las contradicciones de la educación de las chicas de su época. Primero sabía demasiado poco y luego ya sabía demasiado. La intensidad de sus estudios sorprendió a sus padres. Al enterarse su padre de la pasión de su hija por las Matemáticas le prohibió continuar estudiando ¡el pensamiento abstracto podía deteriorar la salud de la mujer! Su padre dijo: «uno de estos días veremos a Mary con camisa de fuerza. ¡Acuérdense de X, que se volvió loca de atar con el estudio de la longitud!» (Alic, 1991: 214). Su madre le quitó las velas para que no pudiese estudiar de noche. Durante el día practicaba piano, se ocupaba de las labores del hogar, de sus amistades, bailaba, pintaba, le gustaba el teatro y los conciertos y, además, encontraba tiempo para leer álgebra y a los clásicos, y logró estudiar los seis primeros libros de Euclides.

Esta anécdota de tener que estudiar a escondidas y con la oposición familiar se repite una y otra vez en la historia de mujeres. Si ya es una minoría de hombres y mujeres los que pudieron tener acceso a la educación superior, las

*Vivió las
contradicciones
de la educación
de las chicas
de su época.
Primero sabía
demasiado poco
y luego ya sabía
demasiado.*

mujeres, además, debían superar ese estereotipo social que consideraba impropio de ellas estudiar Matemáticas.

La labor de las mujeres vinculada a algún personaje masculino

Mary se casó en 1804 con Samuel Greig, capitán de la marina rusa, y adquirió una mayor libertad para continuar sus estudios en Matemáticas a pesar de que su marido no tenía ningún conocimiento científico y no le gustaban las mujeres sabias. La pareja vivió en Londres. Samuel murió pronto, en 1807, a los tres años de matrimonio, y Mary se encontró viuda, con dos hijos pequeños y con independencia familiar y económica. Pudo continuar sola su educación matemática. Por primera vez era libre para conducir su vida, sin el control de padres y esposo. En aquella época ganó una medalla de plata por la solución de un problema sobre las ecuaciones diofánticas en el *Mathematical repository* de W. Wallace. Sus amigos la animaron a que siguiera estudiando. Adquirió un buen número de libros recomendados por un profesor amigo. Se levantaba temprano, y estudiaba o escribía durante horas para poder estar luego disponible para la familia, las amistades o los compromisos sociales que tuviera. Poco después ya leía los *Principia* de Newton.

En 1812, con 32 años, volvió a casarse con el Dr. William Somerville, su primo, de profesión médico, hijo de aquel tío que de joven la ayudó, apoyó y alentó en sus trabajos, y que compartió su interés por la ciencia. Era un hombre de gran inteligencia y poca ambición personal. Estaba orgulloso de los éxitos y la fama de Mary. Fue un matrimonio duradero y feliz. Su marido, en su condición de hombre, podía usar la biblioteca de la Real Sociedad en beneficio de Mary, le presentaba a científicos importantes, y cuando ya era famosa la ayudó a editar sus libros. Dice Ch. Lyell: «Si nuestra amiga la señora Somerville se hubiera casado con Laplace, o con un matemático, nunca habríamos oído hablar de su trabajo. Lo habría fundido con el de su marido, presentándolo como si fuera de él».

En efecto, como dice Ch. Lyell, Mary no sólo tuvo la suerte de contar con la admiración y el apoyo de su esposo sino además el hecho de que éste no fuese matemático. La obra de otras mujeres ha quedado ligada a la de personajes masculinos de su familia como a su padre en el caso de Hipatia, a la de su hermano en el caso de Caroline Herschel, o a la obra de su marido, en el de Grace Crisholm Young, lo que hace muy difícil reconocer y distinguir cuáles han sido las aportaciones de ellas.

Las instituciones científicas

A las mujeres les estaba vetado el paso a la universidad y otras instituciones científicas donde, por otro lado, se encontraban las bibliotecas, de esta forma se les negaba el acceso al conocimiento.

Gracias a las reuniones sociales a las que invitaban a personas notables por sus trabajos científicos, los salones de los Somerville se convertían en punto de encuentro del saber del momento.

Mary admiraba las máquinas de calcular de Charles Babbage y fue la mentora de la joven Ada Byron. Visitaban el observatorio de los Herschel. Conocían a los más grandes científicos de la época. Los amigos les enviaban libros y trabajos científicos, les invitaban a conferencias y realizaban experimentos para ellos.

Su obra

La vida de Mary coincide con la Revolución Industrial, y en esa época existe un hondo interés por la ciencia. Mary se interesó por el magnetismo y en lo que se podría considerar un antecedente de la fotografía, observando el grado de decoloración que se producía en una hoja de papel recubierta por cloruro de plata al ser expuesta a la luz. Fue llamada a su muerte por el *London Post* «La Reina de las Ciencias del siglo XIX». Queremos advertir que en su época todas las ciencias, y entre ellas la física y las matemáticas, no estaban separadas como hoy. Podemos considerarla la última gran mujer «científica». Pronto se licenciarían separadamente biólogos, ingenieros en computación, físicos nucleares, etc. y ya nunca aparecerían importantes descubrimientos científicos estudiados por aficionados.

El 27 de marzo de 1827, lord Henry Brougham, presidente de la Cámara de los Lores, escribió a su marido pidiéndole que convenciera a Mary para que escribiera una traducción de la *Mecánica Celeste* de Laplace para su «Biblioteca de Conocimientos Útiles», dirigida a personas no instruidas. (Es curioso que en ese tiempo, y a pesar de que Mary era ya muy conocida, toda la correspondencia que le enviaban fuera dirigida a su marido.) Mary vacilaba, pero decidió hacerlo con la condición de que se mantuviera el proyecto en secreto, y con el compromiso de que su manuscrito fuese quemado si no se consideraba aceptable. Con una organización excepcional, sin renunciar a su vida social y doméstica, trabajó en su libro e hizo frente a todas las dificultades durante cuatro años. Escribió en su autobiografía: «Frecuentemente abandonaba mi trabajo tan pronto como me anunciaban una visita, para que nadie pudiera descubrir mi secreto». «Un hombre

*Mary tradujo
a Laplace,
pero su obra
fue mucho más
que una simple
traducción ya que
por un lado
añadía
comentarios
simples y claros
que permitían
la comprensión
por parte
de personas
no iniciadas
y por otro
incorporaba
opiniones
independientes
e interesantes
para las personas
expertas.*

siempre puede tener el control de su tiempo alegando que tiene negocios, a una mujer no se le permite tal excusa». (Alic, 199: 217).

En la *Mecánica Celeste* Laplace estudiaba el sistema solar y observaba los cometas, satélites y planetas, utilizando la teoría de la gravitación de Newton. Para darnos cuenta de la dificultad de esta obra, en 1808, John Playfair comentaba que en Gran Bretaña apenas había una docena de matemáticos capaces de siquiera leerla. Era una obra larga y compleja.

Mary tradujo a Laplace, pero su obra fue mucho más que una simple traducción ya que por un lado añadía comentarios simples y claros que permitían la comprensión por parte de personas no iniciadas y por otro incorporaba opiniones independientes e interesantes para las personas expertas. En su amplia *Preliminary Dissertation* están incluidas todas las Matemáticas necesarias para poder comprender la obra de Laplace, una historia del tema y explicaciones del trabajo de Laplace con dibujos, diagramas y comprobaciones matemáticas de la propia Mary. Posteriormente estas *Disertaciones* fueron reimprimadas y vendidas por separado. Fue durante el resto del siglo un texto clave en matemáticas avanzadas y astronomía. Esto es lo que al principio comentábamos. Una obra difícil es puesta por esta mujer al alcance de la comprensión de otras personas. Así avanza la ciencia.

Su obra se publicó en 1831 con el título *Mechanism of the Heavens*. Pero no en la colección de divulgación «Biblioteca de Conocimientos Útiles», ya que Brougham la juzgó demasiado larga y complicada, sino por J. Murray, que imprimió sólo 750 ejemplares pues no esperaba que se vendiera demasiado. Sin embargo fue muy alabada, y tuvo gran éxito económico.

Mary se había acostumbrado a escribir. Publicó en 1834 *The Connexion of the Physical Sciences*, libro que trataba diversos temas y en el que explicaba siempre con gran claridad cualquier

fenómeno por complejo que este fuese, aunque nunca sacrificaba por ello la precisión. Incluía en este libro los bellos diagramas de los experimentos de Chladny con placas vibratorias, (fenómeno del que también se había ocupado Sofía Germain). Para poder escribirlo hubo de estudiar, consultar e investigar a muy distintos autores. Tuvo aún más éxito. *The Athenaeum* opinaba que «el libro era “delicioso” y, con excepción de los tratados de sir J. Herschel, la obra de ciencia más valiosa y más agradable que se ha publicado en el transcurso del siglo».

El 13 de febrero de 1835 fue nombrada, junto con Carolina Herschel, miembro honorífico de la Real Sociedad de Astronomía. Fueron las primeras mujeres que tuvieron este nombramiento y durante muchos otros años fueron las únicas. A pesar del nombramiento Mary consideraba, y con razón, que no tenía derecho a visitar la Sociedad si no recibía una invitación especial. La reina Victoria le concedió una pensión anual de 200 libras esterlinas, aumentada dos años más tarde a 300 libras (Eychenne, 1993). Por fin, como ella comentaba, era feliz al poder disponer de dinero e independencia económica para comprar por sí misma los libros que necesitaba para continuar estudiando.

Continuó estudiando matemáticas con ¡92 años! Sus últimos escritos muestran gran maestría en la investigación matemática. Poco antes de morir escribió: «Tengo 92 años, [...], mi memoria para los acontecimientos ordinarios y especialmente para los nombres de las personas es débil, pero no para las Matemáticas o las experiencias científicas. Soy todavía capaz de leer libros de Álgebra superior durante cuatro o cinco horas por la mañana, e incluso de resolver problemas».

La dificultad de compaginar «sus labores» con el trabajo científico

Nuestra Mary era considerada una heroína en los círculos científicos y feminis-

Hemos querido utilizar la vida y la obra de Mary para hacer hincapié en una serie de elementos comunes que se repiten y que pensamos han influido para que las mujeres no hayan entrado en la historia con la justicia que les hubiera correspondido.

tas, donde sus contemporáneos insistían en su feminidad. J. G. Children escribe: «...dejando al propio tiempo un registro imperecedero de la perfecta compatibilidad entre el cumplimiento ejemplar de las tareas más suaves de la vida doméstica y las más profundas investigaciones en filosofía matemática» (Alic, 1991: 213). No obstante, ella en su vejez escribió: «La edad no ha menguado mi celo por la emancipación de mi sexo frente al prejuicio irracional que prevalece demasiado en Gran Bretaña en contra de una educación literaria y científica para las mujeres» (Somerville, 1873: 345). Siempre organizó su tiempo de forma que fuesen compatibles sus obligaciones domésticas y sociales con su trabajo como investigadora. Quizás en esto radicó su éxito: nunca se desvió de la conducta socialmente aceptada para una mujer. Sin embargo, no pudo librarse de que en alguna ocasión se la tratara de loca y de excéntrica, pidiéndola que fuese «una mujer respetable».

El problema del nombre

Se cuenta que, un día, cuando Laplace estaba cenando con los Somerville en 1817 afirmó ingenuamente: «He escrito libros que nadie puede leer. Sólo dos mujeres han leído la *Mecánica Celeste*; ambas son escocesas: la señora Greig y usted», pues Laplace no conocía el nombre del primer marido de Mary: Samuel Greig.

Observemos cómo algunas mujeres, al perder su apellido al casarse, pueden tener dos o tres nombres distintos a lo largo de su vida. Si a esto sumamos el frecuente uso de seudónimos masculinos como el de M. Le Blanc utilizado por Sophie Germain, o el firmar sus trabajos únicamente con sus iniciales como Ada Lovelace, añadimos una dificultad aún mayor al querer recuperarlas para la historia.

Hemos querido utilizar la vida y la obra de Mary para hacer hincapié en una serie de elementos comunes que se repiten y que pensamos han influido para que las mujeres no hayan entrado en la historia con la justicia que les hubiera correspondido. Hemos mencionado:

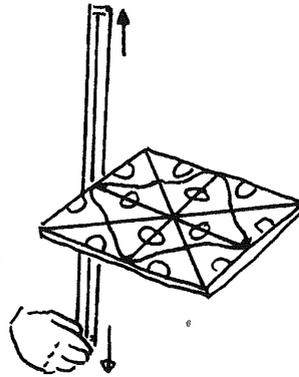
- El problema de la educación, ya que muchas mujeres no han tenido acceso a ella a lo largo de la historia. Algunas, muy pocas, han recibido una instrucción cuidadosamente planificada, pero a la mayoría trataron de impedirles el acceso al conocimiento y en especial al conocimiento científico.
- Unas estudiaron en casa bajo supervisión de un tutor. Pocas tuvieron acceso a las instituciones educativas, no les dejaban entrar en la Universidad, y las que lo hicieron se encontraron con una oposición cerril e irracional, no dejando que pudieran ganarse la vida de un modo independiente.
- Muchas debieron compaginar «sus labores» con el trabajo científico.

- En sus publicaciones, el uso de iniciales, de un seudónimo masculino o la firma en nombre del esposo, no garantiza el reconocimiento de la autoría de estas mujeres.
- A muchas, la historia las recuerda por alguna anécdota sobre su vida o sobre su muerte en lugar de reconocer sus méritos científicos.

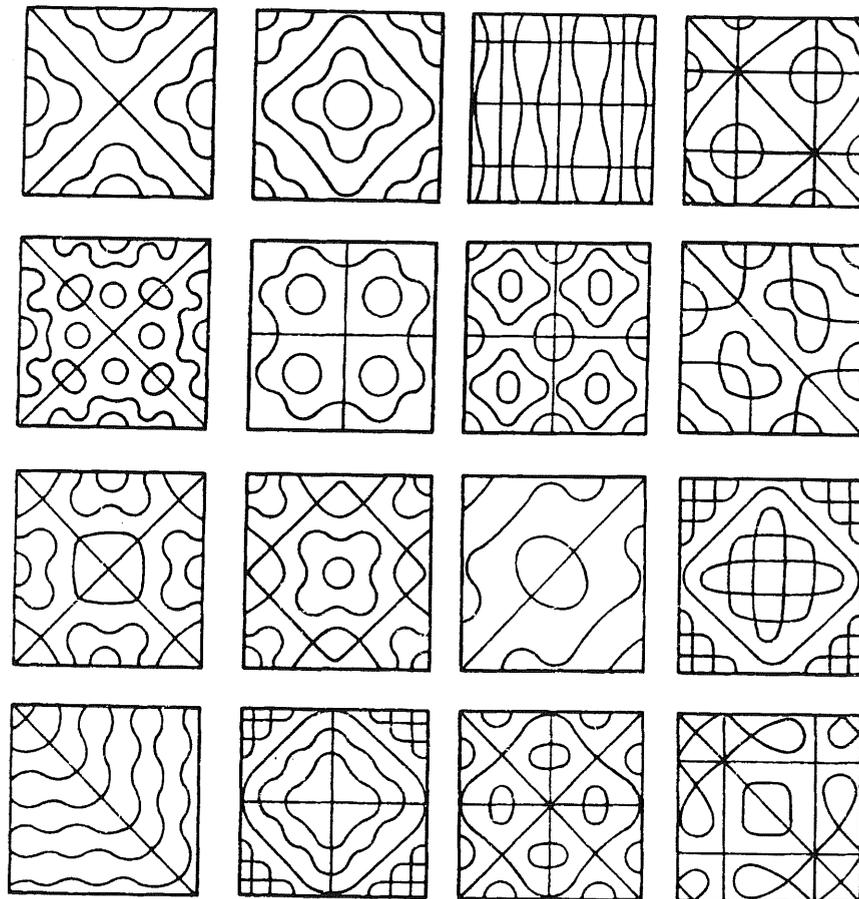
Figuras de arena musicales

Las figuras de arena musicales de Chladny están directamente relacionadas con la vibración de una membrana sobre la que hemos extendido una cierta cantidad de arena.

Pasamos el arco de un violín por el lateral de la placa hacia arriba y hacia abajo, y sorprendentemente la arena va disponiéndose de tal manera que aparecen diferentes figuras geométricas sobre la placa.



Generación de los diagramas



Figuras de arena musicales de Chladny. Estos diagramas aparecen publicados en *On the Connexion of the Physical Sciences*, libro escrito por Mary Fairfax Somerville.

Actividad 1. Diagramas

Las preguntas que planteamos en esta actividad son las siguientes:

- ¿Por qué sucede esto?
- Una vez que la arena se ha depositado y formado una determinada figura, ¿se mantiene estacionaria pese a nuevos pases con el arco del violín?
- ¿Por qué con el mismo movimiento del arco sobre una placa con arena y otra con un polvo muy fino se obtienen figuras diferentes? Aún más, si mezclamos la arena y el polvo antes de extenderlos sobre la placa, observaremos que tras pasar el arco, se separan para formar sus figuras particulares (las mismas que habían aparecido al hacer el experimento por separado).

Lo que hacemos al pasar el arco es producir una vibración en la placa o membrana. Tanto la figura que se obtendrá como las amplitudes máxima y mínima dependen de la forma de la placa y de su marco o puntos de apoyo que hayamos elegido para mantenerla sujeta, que serán puntos de amplitud cero. En estos puntos no se producirá ninguna oscilación. En nuestro caso consideramos membranas cuadradas cuyo borde está sujeto y no puede moverse. Mientras deslizamos el arco por el borde de la placa, la arena que se encontraba en lugares de amplitud máxima se mueve a lugares de amplitud menor y se acumula en los puntos que no se mueven, o líneas nodales, formando las diferentes muestras.

En el caso del polvo sucede exactamente lo mismo, aunque en este caso hay que tener en cuenta la influencia de las corrientes de aire que se producen con la vibración de la placa. Estas corrientes se dirigen siempre desde los lugares de mínima amplitud a los de máxima, y desde allí hacia arriba, de manera que el polvo es «transportado» por las corrientes de aire hasta los lugares de máxima amplitud y cuando finalizamos el movimiento del arco, se deposita allí.

La justificación matemática de este hecho comienza con la ecuación de vibraciones en el plano y para el caso de membranas circulares, que simplifican mucho el trabajo, se relaciona con las ecuaciones de Bessel. Intentaremos dar una explicación lo más accesible posible a este hecho.

Se basa en resolver el problema de una membrana vibrante y determinar una solución $u(x, y, t)$ de la ecuación bidimensional de onda: $u_{tt} = \Delta u$ que satisfaga la condición de frontera $u = 0$ sobre el borde de la membrana y unas condiciones iniciales de desplazamiento inicial y velocidad inicial. Se aplica el método de separación de variables y teniendo en cuenta las condiciones de frontera se obtiene una ecuación diferencial ordinaria y una ecuación diferencial parcial. Para resolver ésta, de

nuevo se aplica el método de separación de variables con lo que se obtiene la solución general como desarrollo de una doble serie de Fourier de funciones de la forma:

$$u(x, y, t) = (B_{mn} \cos \lambda_{mn} t + B_{mn}^* \operatorname{sen} \lambda_{mn} t) \operatorname{sen} \left(\frac{m\pi x}{a} \right) \operatorname{sen} \left(\frac{n\pi y}{b} \right)$$

de frecuencia $\lambda_{mn}/2\pi$. Los coeficientes B_{mn} y B_{mn}^* son constantes que se obtienen como integrales dobles teniendo en cuenta las condiciones iniciales.

Nos interesa fijarnos en las *líneas nodales* o curvas de puntos de la membrana que no se muevan. Por ejemplo, si consideramos una membrana cuadrada con $a=b=1$ las soluciones:

$$u_{12} = (B_{12} \cos(c\pi\sqrt{5} \cdot t) + B_{12}^* \operatorname{sen}(c\pi\sqrt{5} \cdot t)) \operatorname{sen} \pi x \operatorname{sen} 2\pi y$$

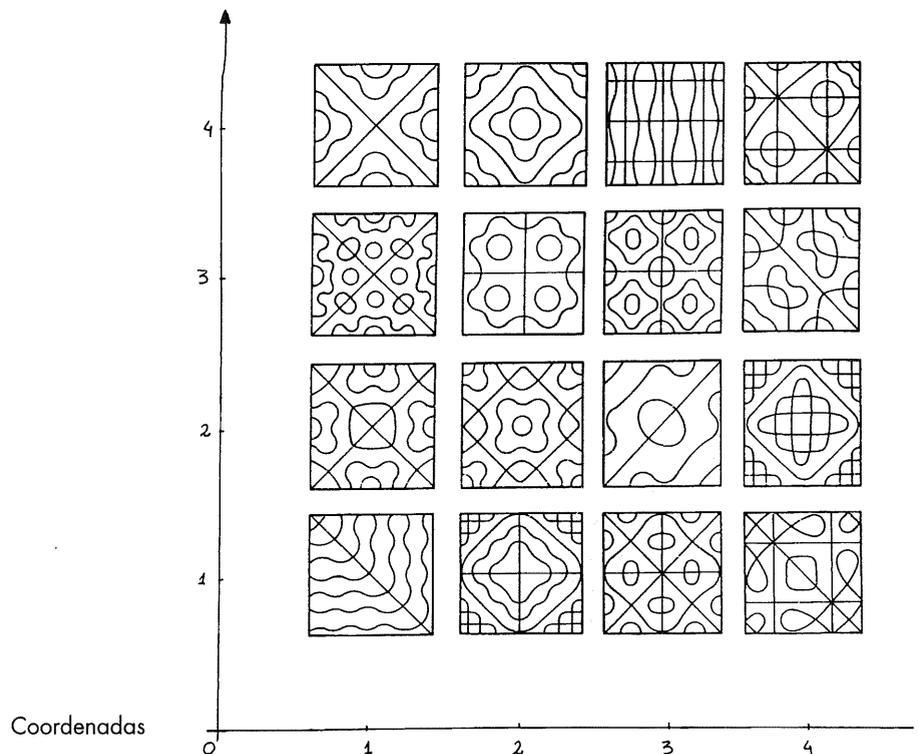
$$u_{21} = (B_{21} \cos(c\pi\sqrt{5} \cdot t) + B_{21}^* \operatorname{sen}(c\pi\sqrt{5} \cdot t)) \operatorname{sen} 2\pi x \operatorname{sen} \pi y$$

- tienen las líneas nodales $y=1/2$ y $x=1/2$ respectivamente. (Kreyszig, 1992: 97)

Isometrías en los diagramas de Mary Somerville: Actividades

Actividad 1: Coordenadas

La utilización de coordenadas nos permite referirnos a cada uno de los cuadrados anteriores mediante un par de números. Así, si fijamos el centro en el vértice inferior izquierdo podemos representar cada diagrama mediante sus coordenadas:



Actividad 2: Espejos y simetrías

Consiste en la búsqueda de simetrías en los diagramas mediante el espejo. Las variaciones de luz que obtenemos a través de las imágenes reflejadas en los espejos nos permiten describir un mundo de simetrías recurrentes. Mediante reflexión óptica podremos obtener los distintos tipos de simetrías a la vez que quedamos sorprendidos por lo mágicos que pueden resultar estos efectos de luz.

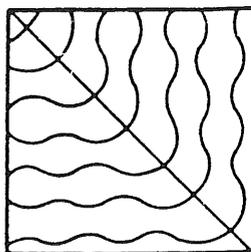
¡IMAGINA!

- ¿Cómo colocarías un espejo en el cuadrado (1, 1) para que veamos exactamente la misma figura?, o lo que es lo mismo ¿cuántos ejes de simetría tiene este cuadrado?
- Haz lo mismo con el resto de los cuadrados. ¿Hay alguno que también tenga un solo eje de simetría? Habrás observado que no. Nuestro cuadrado tiene un grupo de autosimetría D_1 pues sólo tiene un eje de simetría.
- Busca ahora cuadrados que sólo tengan dos ejes de simetrías. ¿Has encontrado alguno? Sitúa en el cuadrado (2, 1) el espejo entre los puntos medios de los lados y las diagonales. Es un ejemplo que te permitirá descartar otros que inicialmente parecen tener sólo dos ejes de simetría.
- Sitúa el espejo en las diagonales de los cuadrados (4, 1), (3, 2) y (4, 4) y en el (3, 4) en los puntos medios de los lados. ¿Qué se observa respecto de sus simetrías? ¿Tienen estos cuadrados centro de simetría? Observa que el cuadrado (1, 1) no lo tiene.
- En el plano se llama simetría central al giro de 180° . Los cuadrados (4, 1), (3, 2), (4, 4) y (3, 4) se transforman en sí mismos, (además de por la identidad), por dos simetrías ortogonales y por un giro de 180° . A su grupo de autosimetría se le llama D_2 .

¿Cuántas simetrías presentan el resto de los cuadrados? ¿Puedes identificar sus ejes de simetría? ¿Cuántos son? ¿Quedan invariantes mediante un giro de 90° ? Su grupo de autosimetría se llama D_4 .

Actividad 3: Del plano al espacio

Imagina que, volando en avioneta, observas en la tierra formas como las de las arenas musicales. ¿A qué podrían corresponder? ¿Edificios? ¿Jardines? ¿Redes viarias? Muchas aves que vuelan a gran altura disfrutan de una imagen de nuestro planeta mucho más bella de la que por desgracia nos muestra a quienes vivimos a ras del suelo.



Cuadrado (1, 1)

**Lourdes Figueiras
María Molero
Adela Salvador
Nieves Zuasti**

Organización Española
para la Coeducación
Matemática
Ada Byron

Actividad 4: Libro de espejos

Un libro de espejos se puede construir con dos pequeñas láminas de metacrilato con una cara opaca unidas con cinta de embalar para su mejor manejo, de forma que se consigan distintas aberturas.

- Coloca un libro de espejos abierto en ángulo de 90° sobre cada una de las esquinas del cuadrado (1, 1). ¿Cuál de los resultados obtenidos te gusta más?
- ¿Cómo colocarías el libro abierto 90° sobre cada una de las esquinas del cuadrado (2, 1) para que se vea completo? ¿Y sobre el (4, 1)?
- ¿Con qué otros ángulos puedes colocar el libro de espejos sobre el cuadrado (2, 2) para verlo completo? ¿Valdría un ángulo de 45° ?
- Desliza el libro de espejos en diagonal desde los vértices de los cuadrados. Elige el que te ofrezca un resultado más sorprendente o el que consideres más bello y explica tu elección.

Bibliografía

- ALIC, M. (1991): *El legado de Hipatia. Historia de las mujeres desde la Antigüedad hasta fines del siglo XIX*, Siglo veintiuno editores, Madrid.
- ALSINA, C., C. BURGUÉS y J. M^a FORTUNY, (1988): *Materiales para construir la geometría*, Síntesis, Madrid.
- EYCHENNE, E. (1993): *Mathématiciennes, ... des inconnues parmi d'autres*, Brochure de l'IREM de Besançon.
- KREYSZIG, E. (1992): *Matemáticas avanzadas para ingeniería, Vol. II*, Limusa, México.
- SOMERVILLE, M. (1874): *Personal Recollections of Mary Somerville*, Roberts Brothers, Boston.
- SOMERVILLE, M. (1831): *Mechanism of the Heavens*, John Murray, Londres.
- SOMERVILLE, M. (1854): *The Connexion of the Physical Sciences*, Harper & Bros, New York.
- SOMERVILLE, M. (1873): *Personal recollections, from early life to old age: With selections from her correspondence*, Ed. Martha Somerville, Londres, Murray.