

Maryam Mirzakhani: curiosidad, talento y humildad

MARTA MACHO STADLER

La belleza de las matemáticas sólo se muestra a sus seguidores más pacientes.

Maryam Mirzakhani

©PELOPANTÓN

#MARYAMMIRZAKHANI



© Pelopantón <<http://pelopanton.com/>>¹

Mujeres matemáticas: rompiendo moldes

Recuerdo con especial emoción el mes de agosto de 2014. Una gran noticia llegó desde el *International Congress of Mathematicians*² (ICM2014) que se celebraba en ese momento en Seúl. Me enteré de ella a través de un mensaje en redes sociales de Manuel de León que asistía a ese evento como miembro del Comité Ejecutivo de la Unión Matemática Internacional (IMU³, por sus siglas en inglés). Era un 13 de agosto; en este caso, este número primo tan *temido* fue portador de muy buenas nuevas.

Esa gran noticia a la que me refiero era el anuncio de que, por primera vez en la historia, una mujer había ganado la prestigiosa Medalla Fields⁴. Recuerdo que me emocioné con el relato de Manuel, que hablaba de la intensa ovación que recibió «la matemática Maryam Mirzakhani al anunciarse su nombre como merecedor del galardón». Ella no solo era la primera mujer premiada, también era la primera persona iraní en recibir tal distinción. Ingrid Daubechies, presidenta de la IMU, declaraba con entusiasmo:

Es una grandísima noticia. Las mujeres siguen sin estar lo suficientemente presentes en la investigación matemática, y Mirzakhani es un modelo para atraer a más mujeres a los primeros puestos. Encarna una rara combinación de habilidad técnica, gran ambición, una visión a largo plazo, una curiosidad profunda.

Nacida en Teherán, Maryam Mirzakhani (1977-2017) era en ese momento profesora en la Universidad de Standford (EE. UU.) e investigadora en el campo de la geometría y los sistemas dinámicos⁵. El comité del premio destacaba «sus importantes aportaciones en el estudio de los espacios de moduli⁶ de las superficies de Riemann⁷».

Curtis McMullen, de la Universidad de Harvard (EE. UU.), el director de tesis de Maryam, apuntaba que los logros de Mirzakhani «combinan una soberbia capacidad de resolución de problemas, una visión matemática ambiciosa y fluidez en muchas disciplinas, lo cual es inusual en la era moderna, cuando a menudo se requiere una especialización considerable para alcanzar la frontera».

Numerosos medios se hicieron inmediatamente eco de esta extraordinaria noticia. En todos ellos se destacaba su aspecto tranquilo, seguro y su gran humildad. En alguna de las entrevistas que le realizaron, la premiada comentaba que, cuando en febrero de 2014 le llegó un correo electrónico de Ingrid Daubechies anunciándole que había sido premiada con la Medalla Fields, ella pensó que «la cuenta desde la que se envió el correo electrónico había sido pirateada».

Una niña apasionada por la lectura... y el *flechazo* por las matemáticas

Cuando Maryam era solo una niña viviendo y creciendo en Teherán, no tenía las matemáticas en su horizonte. Le gustaba leer y *devoraba* todos los libros que caían en sus manos. Cuando veía la televisión, se inclinaba por las biografías de mujeres famosas, como la química Marie Curie o la escritora Helen Keller. Más tarde leyó *Anbelo de vivir*, una novela de Irving Stone sobre el pintor Vincent van Gogh. Todas estas historias de personas admirables le inspiraron el deseo de hacer algo destacado con su vida:

De niña, soñaba con ser escritora y mi pasatiempo favorito era escribir novelas. Leía todo lo que caía

Las mujeres siguen sin estar lo suficientemente presentes en la investigación matemática.

en mis manos. De hecho, nunca imaginé lanzarme a las matemáticas antes de mi último año de instituto.

Mirzakhani terminó la escuela primaria justo cuando la guerra entre Irán e Irak⁸ estaba llegando a su fin y se abrían oportunidades para estudiantes motivados. Conseguió un puesto en la escuela secundaria *Farzagan* para niñas en Teherán, centro administrado por la Organización Nacional para el Desarrollo de Talentos Excepcionales de Irán. Maryam afirmaba:

Creo que pertenecía a una generación afortunada. Era una adolescente cuando las cosas se volvieron más estables.

En su primera semana en esa nueva escuela, Maryam hizo una amiga muy especial, una amiga para toda la vida, Roya Beheshti, actualmente profesora de matemáticas en la Universidad de Washington en San Luis (EE. UU.). Las dos recorrían las librerías cercanas a su escuela y, como no estaba permitido ojear los libros y además eran extremadamente baratos, elegían al azar textos para comprar.

Aunque pueda parecer sorprendente, Mirzakhani no tuvo demasiado éxito en su clase de matemáticas durante ese año. Su profesora de matemáticas no la consideraba especialmente dotada para ellas, y esta actitud minaba la confianza de Maryam, que acabó perdiendo su interés por esta materia. Sin embargo, al año siguiente, cambió su profesora y mejoró notablemente en matemáticas, transformándose en «una estrella» según su amiga Roya Beheshti.

De hecho, su primera *seducción* matemática llegó cuando su hermano mayor le habló de un problema clásico de aritmética —el de sumar los números del 1 al 100— y de la solución propuesta por Carl Friedrich Gauss⁹. Maryam se refería a este suceso de la siguiente manera:

La solución era tan fascinante... y era la primera vez que entendía una solución tan bella que no habría podido encontrar por mí misma.

En 1994, cuando Mirzakhani tenía 17 años, ella y Roya Beheshti formaron parte del equipo

iraní para asistir a la Olimpiada Internacional de Matemáticas (IMO¹⁰, por sus siglas en inglés). La puntuación de Maryam en esta Olimpiada le valió una medalla de oro: fue la primera chica iraní en obtener tal galardón. Al año siguiente volvió a presentarse a ese concurso y logró la máxima puntuación: 42 puntos sobre 42, transformándose en la número uno mundial. Tras haber competido para descubrir sus capacidades, Mirzakhani descubrió su amor por las matemáticas.

De hecho, varios años más tarde, cuando Maryam era ya una investigadora formada, el matemático ruso Anton Zorich, afiliado a la Universidad de París 7 (Francia) y especialista en la misma área que Mirzakhani, comentaba sobre ella «parece una niña de 17 años que está completamente emocionada por todas las matemáticas que suceden a su alrededor».

Los años en Harvard

Ganar una medalla de oro en una olimpiada matemática no implica necesariamente tener éxito años más tarde en la investigación matemática. Es cierto que los problemas propuestos en estos concursos son de alto nivel y requieren una solución inteligente; pero el alumnado que se presenta a estas competiciones recibe normalmente un entrenamiento concienzudo. Aunque, sin ninguna duda, el alumnado participante tiene un enorme mérito, el momento de la investigación es muy diferente, ya que los problemas planteados pueden no tener solución. Mirzakhani no solo era una buena concursante en estas olimpiadas, también poseía esa singular visión, esa percepción que hizo de ella una matemática extraordinaria.

Después de completar su licenciatura en Matemáticas en la Universidad de Sharif (Teherán) en 1999, Mirzakhani se desplazó a la Universidad de Harvard, donde comenzó a asistir al seminario sobre geometría hiperbólica¹¹ de Curtis McMullen¹². En principio, no llegaba a entender del todo las matemáticas de las que McMullen ha-

parece una niña de 17 años
que está completamente
emocionada por todas las
matemáticas que suceden a su
alrededor

blaba. Pero, cautivada por el tema de aquellas disertaciones, no dudaba en ir a aclarar sus dudas al despacho del profesor. McMullen recordaba: «Tenía una especie de imaginación atrevida»; él recordaba cómo su alumna le consultaba, con una

imagen formada en su mente de lo que pensaba que debía de estar sucediendo, y preguntaba a su profesor si estaba en lo cierto.

Mirzakhani comenzó a trabajar en superficies hiperbólicas, objetos centrales de la geometría y conectadas hoy en día con muchas ramas de las matemáticas e incluso de la física. En el momento de iniciar su postgrado, había muchas preguntas sobre estas superficies sin respuesta. Una de esas cuestiones abiertas se refería a sus curvas geodésicas¹³, es decir, al camino más corto uniendo dos puntos sobre esa superficie hiperbólica. En una tal superficie, algunas geodésicas pueden tener una longitud infinita —como en el caso de las líneas rectas en el plano— pero otras se cierran formando circunferencias —como las circunferencias maximales en una esfera—. El número de geodésicas cerradas de una longitud determinada en una superficie hiperbólica crece exponencialmente a medida que aumenta la longitud de las geodésicas. La mayoría de estas geodésicas se cortan a sí mismas en repetidas ocasiones antes de cerrarse, pero una pequeña proporción de ellas —las llamadas geodésicas «simples»— nunca se autointersecan. Precisamente este tipo de geodésicas son la clave para entender la geometría de toda la superficie. Sin embargo, en aquel momento, no se sabía cuántas geodésicas cerradas simples de una determinada longitud podía tener una superficie hiperbólica. En su tesis doctoral —finalizada en 2004—, Mirzakhani respondió —entre otros— a esta pregunta, encontrando una fórmula describiendo cómo aumenta la cantidad de geodésicas simples de una longitud dada a medida que esa longitud crece.

Los resultados de la tesis de Mirzakhani se publicaron en tres artículos que se aceptaron en las tres principales revistas de investigación en matemáticas: *Annals of Mathematics*, *Inventiones Mathematicae* y *Journal of the American Mathematical*

Society. La mayoría de las personas investigando en matemáticas nunca conseguirán publicar en ninguna de esas revistas a lo largo de su carrera: ella lo hizo ya con su tesis, en los inicios de su investigación.

Y tras la tesis doctoral...

En alguna de las declaraciones que realizó Maryam Mirzakhani tras obtener la Medalla Fields, ella se describía a sí misma como «lenta». Los problemas a los que se dedicaba eran cuestiones profundas, problemas que desmenuzaba y analizaba durante meses e incluso años:

Meses o años después, se ven aspectos muy diferentes [de un problema].

Tras haber estado pensando sobre algunos de ellos por más de una década, comentaba:

Todavía no hay mucho que pueda hacer sobre ellos.

También decía de sí misma que no caía fácilmente en el desánimo; es cierto que cualquier persona no dedica tanto tiempo a intentar entender las claves de un problema matemático. Probablemente esa resistencia al desaliento la llevó a entender con lucidez la estructura de los espacios que estudiaba.

Maryam pensaba sus matemáticas en imágenes, dibujando sobre grandes trozos de papel. Estos bosquejos podían parecer siempre iguales, pero la ayudaban a concentrarse: «Cuando una piensa en un problema matemático difícil y no quiere anotar

todos los detalles, dibujar garabatos ayuda a mantenerse conectada al problema», comentaba.

En 2006, Mirzakhani comenzó una fecunda colaboración con Alex Eskin, de la Universidad de Chicago (EE. UU.), que hablaba de este modo de ella:

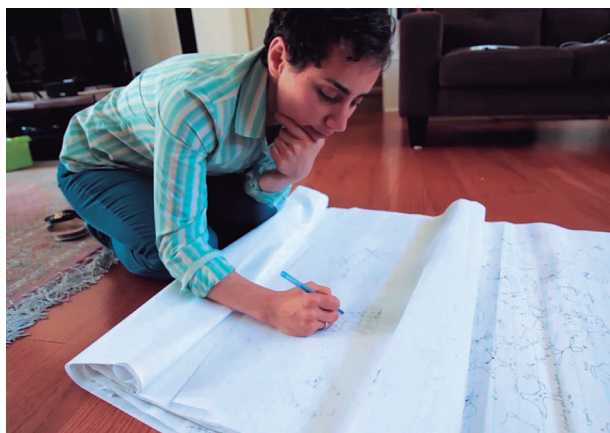
Es muy optimista, y eso es contagioso. Cuando trabajas con ella, sientes que tienes muchas más posibilidades de resolver problemas que al principio parecen imposibles.

Entre otros proyectos conjuntos, Mirzakhani y Eskin abordaron uno de los mayores problemas abiertos en su campo: el estudio del comportamiento de una bola rebotando en una mesa de billar con forma poligonal y de ángulos racionales, problema que se enmarca en el ámbito de los sistemas dinámicos. Aunque el comportamiento de una bola de billar podría parecer sencillo de determinar, resultó ser mucho más complicado de lo esperado. De hecho, el problema se propuso hace un siglo aproximadamente: comenzó con el estudio de una bola de billar rebotando en un triángulo... y aún se sigue pensando en él. Las posibles trayectorias de una bola evolucionando en un billar racional pueden «dearse» en una determinada superficie hiperbólica, más concretamente en sus llamados espacios *moduli*, a los que hemos aludido antes.

En 2003, McMullen estudió los billares racionales cuya superficie asociada es de género dos¹⁴, y demostró que, en estos casos, la órbita de una bola no podía ser excesivamente complicada —por ejemplo, no podía ser un conjunto fractal¹⁵—. Entre 2012 y 2013, Mirzakhani y Eskin, junto a Amir Mohammadi, de la Universidad de Texas en Austin (EE. UU.), consiguieron generalizar el resultado de McMullen a las superficies de género arbitrario. De hecho, los resultados que obtuvieron sobre espacios *moduli* de estas superficies tienen muchas más aplicaciones que las de la dinámica de los billares.

Una muerte prematura... y ¿la gloria?

Mirzakhani ha sido la primera mujer en ganar una Medalla Fields. Este galardón se concede a



matemáticos menores de 40 años con aportaciones extraordinarias en la profesión. Muy pocas personas tienen el nivel científico suficiente para poder optar a una de ellas porque, y cada vez más, los grandes resultados en matemáticas requieren del conocimiento profundo de áreas muy diversas. Y esa capacidad la tienen muy pocas personas. Pero, es aún más difícil en el caso de las mujeres, ya que muchas de ellas con capacidades más que suficientes, probablemente realizan una parada en su carrera investigadora para cuidar a sus hijas e hijos justo en ese momento.

Ella, la única mujer por el momento en conseguir este galardón, ya estaba enferma cuando fue a recoger su medalla a Seúl. Un año antes le habían diagnosticado un cáncer. Iba a ser la primera mujer y la primera persona iraní en recibir la Medalla Fields; aunque por su problema de salud no atendió a los medios de comunicación ni impartió la *obligada* conferencia, la presión mediática seguramente fue tremenda. El premio de Maryam eclipsó en parte la hazaña de sus compañeros Artur Avila, Manjul Bhargava y Martin Hairer.

Maryam Mirzakhani falleció el año pasado, dejando un profundo sentimiento de tristeza en

la comunidad matemática. Pero su memoria seguirá siempre viva.

En agosto de 2018 estaré pendiente de los nombres de las personas que recibirán una Medalla Fields. Confió en que habrá al menos una mujer entre ellos. Estoy segura de que muchas mujeres matemáticas la merecen.

Referencias bibliográficas

- BALL, P. (2014), «Iranian is first woman to nab highest prize in maths», *Nature*, 12 de agosto de 2014, <<https://www.nature.com/news/iranian-is-first-woman-to-nab-highest-prize-in-maths-1.15686>>.
- CAREY, B. (2014), «Stanford's Maryam Mirzakhani wins Fields Medal», *Stanford News*, 12 de agosto de 2014, <<https://news.stanford.edu/news/2014/august/fields-medal-mirzakhani-081214.html>>.
- KLARREICH, E. (2014), «Fields Medal and Nevanlinna Prize Winners Announce: A Tenacious Explorer of Abstract Surfaces», *Quanta Magazine*, 12 de agosto de 2014, <<https://www.quantamagazine.org/maryam-mirzakhani-is-first-woman-fields-medalist-20140812/>>.

MARTA MACHO STADLER
Universidad del País Vasco
<marta.macho@ehu.es>

1 Un especial agradecimiento a Pelopantón por permitirme usar una de las imágenes de su serie *Científicas*.

2 El *International Congress of Mathematicians* (ICM) es el congreso de investigación más importante organizado por la comunidad matemática. Se celebra cada cuatro años bajo los auspicios de la Unión Matemática Internacional.

3 Fundada en 1920, la Unión Matemática Internacional (IMU) es una organización internacional no gubernamental cuyo propósito es fomentar la cooperación en matemáticas.

4 La Medalla Fields es el premio más importante a escala mundial en el ámbito de las matemáticas. Solo se concede a personas que no superen los 40 años y se premian grandes descubrimientos en matemáticas. La IMU las otorga cada cuatro años durante los ICM. En los 78 años de existencia del premio, han recibido la Medalla Fields 55 hombres —aunque Grigori Perelman rehusó aceptarla en 2006— y una mujer, Maryam Mirzakhani.

5 Un sistema dinámico es un sistema cuyo estado evoluciona con el tiempo.

6 Un espacio *moduli* es un espacio geométrico cuyos puntos representan objetos algebraico-geométricos o clases de isomorfismo de tales objetos. Muchas veces provienen de soluciones de problemas de clasificación.

7 Una superficie de Riemann es una variedad compleja de dimensión (compleja) uno. Es decir, la variedad real subyacente es de dimensión 2.

8 La guerra Irán-Irak fue un conflicto bélico que comenzó en 1980, duró casi ocho años, y enfrentó a Irán e Irak por rivalidades regionales.

9 Se cuenta que la maestra de Gauss propuso a su alumnado sumar los números del 1 al 100, pensando que ese cálculo les llevaría tiempo. Gauss dio la respuesta al poco rato: 5050. El niño explicó su estrategia de esta manera: «1 más 100 es igual a 101, como 2 más 99, 3 más 98 y así sucesivamente. Como hay 50 de estas sumas, en total tenemos 101 por 50, que es 5050».

10 La Olimpiada Internacional de Matemáticas (IMO) es el campeonato mundial de matemáticas para estudiantes de secundaria que se desarrolla anualmente en un país distinto. La primera IMO tuvo lugar en 1959 en Rumanía, con la participación de siete países. Poco a poco ha ido creciendo hasta sobrepasar los cien países de los cinco continentes.

11 La geometría hiperbólica es un modelo de geometría que satisface solo los cuatro primeros postulados de la geometría euclidiana.

12 Curtis McMullen fue Medalla Fields en 1998.

13 Una curva geodésica se define como la curva de mínima longitud que une dos puntos en una superficie dada, y está contenida en esta superficie.

14 El género de una superficie se define como el máximo número de curvas cerradas simples que no se intersecan, y que se pueden dibujar sobre la superficie sin separarla.

15 Un fractal es un objeto geométrico cuya estructura básica, aparentemente irregular, se repite a diferentes escalas.