

Katherine Johnson, una matemática estelar con la que construir problemas

IGNACIO LÓPEZ MENDIVE
JUAN MIGUEL RIBERA PUCHADES

En matemáticas, o estás en lo cierto o estás equivocado.

Eso es lo que más me gusta.

Katherine Johnson



Katherine Coleman Johnson (1966) en su puesto de trabajo de la NASA realizando cálculos simplemente con la ayuda de un lápiz, un papel y una calculadora manual
Fuente: Wikimedia Commons

Mujeres matemáticas: rompiendo moldes

La noche del lunes 20 de julio del año 1969 una nación, un continente, el planeta entero, tenía su atención posada en la Luna. Y es que millones de personas fueron testigos de cómo, tras cuatro días de misión espacial a bordo del Apolo 11, Neil Armstrong acababa de posar su pie en el satélite natural de la Tierra. En concreto, frente a una pequeña televisión en blanco y negro, en un complejo vacacional en las montañas de Pocono al noreste de Pensilvania (EE. UU.), un grupo de mujeres afroamericanas celebraban dicho triunfo como si suyo se tratase. Entre ellas, sentada en una esquina del sofá, se encontraba una mujer callada, aparentemente nerviosa, y en cuyos pensamientos se decía a sí misma: «Tranquila, has hecho los cálculos y sabes que son correctos, pero puede pasar cualquier cosa». Ella era la matemática y científica, Katherine Johnson.

Esta eminencia, apodada cariñosamente por la NASA¹ como «la chica que todo lo contaba», ha cumplido, el pasado 26 de agosto de 2018, nada más y nada menos que 100 años. Un siglo de lucha y superación debido a su condición de mujer negra, en una sociedad arraigada por el segregacionismo y el machismo. Gracias, en gran parte, a sus conocimientos en matemáticas y física, y debido a su carisma y curiosidad, logró hacerse un hueco entre las altas esferas de una agencia tan importante

como es la NASA, llegando a participar en proyectos de gran envergadura como es el *Proyecto Mercury* y el vuelo del Apolo 11 a la Luna.

Toda una calculadora humana

Nacida en White Sulphur Springs (estado de Virginia, EE. UU.), hija de un padre leñador y una madre profesora, fue la más joven de cuatro hermanos. Desde bien pequeña mostró un gran interés por las matemáticas. Así describe Margot Lee Shetterly, en su libro *Hidden Figures* (2016) los orígenes de la inquietud de la joven Katherine, por los números:

Contaba todo. Contaba los pasos hasta la calle, los pasos hasta la iglesia, el número de platos que lavaba... Cualquier cosa que se pudiera contar, la contaba.

Debido a las leyes de segregación racial, toda la familia tuvo que mudarse al condado vecino de Kanawha (estado de Virginia Occidental, EE. UU.) para que ella y sus hermanos pudieran continuar con sus estudios en el Instituto Estatal de Virginia Occidental para estudiantes negros. Su precoz talento por las matemáticas se desarrolló hasta tal punto que consiguió graduarse en la enseñanza secundaria de manera prematura, accediendo a la Universidad Estatal de Virginia Occidental² a la edad de 15 años. En 1937 Katherine se graduó con una licenciatura *summa cum laude*, especializada en matemáticas y francés.



Figura 2. Katherine Johnson adolescente

Katherine recuerda con muchísimo cariño a varios de sus profesores. Entre ellos destaca, la

química y matemática, Angie Turner King como «una maestra maravillosa, brillante, cariñosa y muy rigurosa» (Warren, 1999). Esta ejerció una tremenda influencia sobre Katherine, inculcándole el amor por las matemáticas, el cual ha demostrado durante todos los días de su vida. Por otro lado, el matemático W. W. Schieffelin Clayton pronto detectaría el talento de Katherine, incluso llegó a crear cursos de geometría analítica especialmente para ella.

Muchos profesores te dicen que serías buena en esto o en lo otro, pero no siempre te ayudan durante el proceso. El profesor Clayton se aseguró de que estuviera preparada para ser una buena investigadora matemática.

Tras finalizar sus estudios, Katherine se mudó a Marion (estado de Virginia, EE. UU.), donde comenzó a trabajar como profesora de matemáticas, francés y música. Fue entonces cuando encarnó en primera persona las consecuencias de la segregación racial y el racismo de la época. Según sus propias palabras (2015):

El racismo en Virginia Occidental era menos flagrante que en Virginia. Como tal, me sorprendí cuando al viajar a Virginia desde Virginia Occidental, el autobús se detuvo y nos pidió a todos los negros que nos moviéramos hacia atrás... me negué a moverme hasta que finalmente me lo pidió de manera cortés.

De hecho, Katherine nunca se ha quedado callada frente a las desigualdades sociales, optando por tomar una postura negativa ante la idea de ser considerada inferior. Jamás se le olvidarán las palabras que su padre le enseñó de joven:

Eres tan buena como cualquiera en esta ciudad, pero no eres mejor.

En 1939, tras casarse, abandonó la enseñanza para formar una familia. De hecho, sus tres hijas siguieron el ejemplo de su madre convirtiéndose en excelentes profesoras de matemáticas. En 1940 fue la única mujer, de los tres estudiantes afroamericanos seleccionados, para realizar estudios de postgrado en la Universidad Estatal de Virginia Occidental. Sin embargo, debido a causas familiares tuvo que rechazar la plaza, renunciando a su sueño de formar parte en el campo de la investigación matemática.



Figura 3. Katherine Johnson y sus hijas Constance (fallecida en 2010), Katherine y Joylette (foto tomada en 1950)

Una mujer especial y «espacial»

Trece años después (1952), en el salón de una pequeña casa en Newport News, Virginia (EE.UU.), se celebraba una de las habituales reuniones familiares a las que solía acudir Katherine Johnson junto a su familia. Durante la hora del té, uno de sus familiares más cercanos le informó sobre algo que cambiaría su vida para siempre: «La NACA³ está buscando mujeres matemáticas afroamericanas para trabajar en sus instalaciones». Katherine sintió que esta era una oportunidad que debía aprovechar para demostrar su talento, por lo que motivada se decidió a solicitar un puesto.

Pese a poder optar a una plaza de trabajo fijo como docente, decidió cambiar el rumbo de su vida laboral. En 1953 Katherine comenzó a trabajar como «calculadora»⁴ en la sección *Colored Computers* —que literalmente quiere decir «calculadoras de color»— dentro del Departamento de Navegación y Guiado. Y es que los temas de astronomía y aeronáutica no eran desconocidos para ella, ya que durante su paso por la escuela secundaria ya comenzó a interesarse por dichos asuntos. Este interés surgió debido a que caminaba de vuelta a casa todas las noches con el director de la escuela, el cual le señalaba estrellas y constelaciones.

Durante cinco años desempeñó de manera sobresaliente su labor en la realización de cálculos. En 1958 la NACA pasó a

[...] la segregación racial acabó,
sin embargo, todavía existía
discriminación hacia las mujeres.
Por ello, el machismo fue uno de
los aspectos claves con el que
Katherine tuvo que luchar.

llamarse la NASA. No solo cambió el nombre de la agencia espacial más importante del mundo, sino que se produjeron varias reformas en cuanto a su funcionamiento interno. Hasta entonces la segregación racial dentro de dicha institución estaba a la orden del día, hasta tal punto de que había una abismal separación entre blancos y negros. Por aquel entonces, las personas negras trabajaban y comían en espacios separados, incluso hasta debían usar aseos distintos a las personas blancas. Katherine Johnson sabía que la discriminación racial existía dentro de la NACA, aun así, aseguraba que «no tenía tiempo para eso». Ella no daba importancia, entre otras cosas, a que sus compañeros blancos le hicieran utilizar otra cafetera, su principal objetivo era realizar cálculos lo más precisos posible.

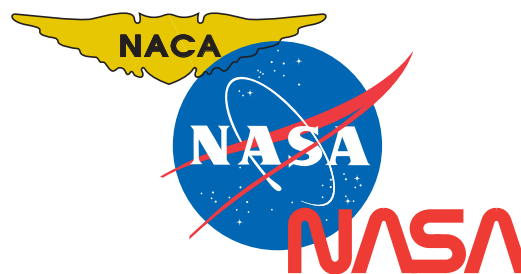


Figura 4. Tri-Logo NACA-NASA (Fuente: NASA)

Tras la transición de la NACA a la NASA, la segregación racial acabó, sin embargo, todavía existía discriminación hacia las mujeres. Por ello, el machismo fue uno de los aspectos claves con el que Katherine tuvo que luchar. Y se puede afirmar con seguridad que luchó y además venció. Puede que sus avanzados conocimientos matemáticos en geometría hicieran de ella una figura imprescindible para la NASA; pero su curiosidad, su constancia en el trabajo y su afán de superación personal, fueron claves para sobrepasar las barreras de género establecidas en la agencia espacial, fuertemente condicionada por la sociedad falocrática de la época.

Uno de los aspectos discriminatorios contra la mujer, que Katherine fue capaz de vencer, fue el no poder acudir a reuniones informativas a las que solo asistían ingenieros varones. En

una entrevista (2013), Katherine se refería a esta situación de la siguiente manera:

Las mujeres hacían lo que les decían [...] No preguntaban o iban más allá. Yo preguntaba; quería saber por qué. Se acostumbraron a que hiciera preguntas y que fuera la única mujer allí.

Tuvo que lidiar con malas caras y comentarios ofensivos por parte de sus compañeros varones blancos. Ante las críticas, Katherine, con la cabeza bien alta, alegaba:

Yo he hecho el trabajo que me han pedido y tengo derecho a estar presente.

Otro de los aspectos discriminatorios contra la mujer era la incapacidad de firmar informes científicos, fuera cual fuera su grado de implicación. Ella cuenta que «en los primeros días de la NASA, a las mujeres no se les permitía poner sus nombres en los informes. Y que ninguna mujer de su división tenía su nombre en un informe». En este punto, nuestra protagonista jugó un papel de vital importancia, ya que fue la primera mujer en poner nombre y apellidos a un informe científico en la NASA,—el primero de un total de 21 documentos—.

Terminé el informe y puse mi nombre. Esa fue la primera vez que una mujer en nuestra división tuvo su nombre en algo.

Dicho informe trataba sobre *la determinación del ángulo de azimut en el agotamiento para colocar un satélite sobre una posición concreta de la Tierra*. Este contenía la información necesaria que permitió calcular la trayectoria espacial, utilizada en el vuelo de Alan Shepard en mayo de 1961 —el primer estadounidense en llegar al espacio— y el vuelo de John Glenn en febrero de 1962. Era tal la fama de Katherine dentro de la NASA, que el propio Glenn pidió que los cálculos realizados por las computadoras fueran comprobados por Katherine, negándose a volar en caso contrario. «Si ella dice que los números son buenos, estoy listo», dijo Glenn según Margot Lee Shetterly, haciendo alusión a Katherine.

Cabe destacar dos de los proyectos más ambiciosos en los que la NASA se ha embarcado a lo largo de su historia, y en los que Katherine Johnson, debido a su talento matemático, ha par-

ticipado de manera activa. El primero de ellos fue calcular la trayectoria del Apolo 11 (1969), el cohete que llevaría al primer hombre a la Luna. Y el segundo fue la misión del Apolo 13 (1970), que tras un inesperado giro de los acontecimientos fue abortada, siendo la ayuda de Katherine fundamental para que la tripulación volviera sana y salva a la Tierra, a través de la implementación de procedimientos y cartas de navegación. Por ello se puede afirmar que Katherine Johnson es toda una heroína.



Figura 5. Katherine Johnson en el Centro de Investigación Langley de la NASA en 1980 (Fuente: NASA)

Durante los años siguientes trabajó en el programa *Space Shuttle* y en planes de misión a Marte hasta su jubilación en 1986. Katherine, fiel defensora del trabajo duro, pero sobre todo de disfrutar y poner pasión en lo que uno hace, recuerda nostálgica, orgullosa y casi emocionada:

Yo fui a trabajar contenta cada día durante 33 años. Nunca me levanté un día y dije: no quiero ir a trabajar.

La figura oculta que salió a la luz

Durante sus últimos años en la NASA, Katherine fue premiada con seis Premios Especiales al Logro y el premio al equipo *Lunar Orbiter*. Un homenaje efímero en comparación con el talento, el trabajo y las aportaciones realizadas por esta excepcional mujer.

Su listado de méritos y reconocimientos a una vida de completa dedicación no había hecho más que empezar. En 1997 fue nombrada matemática

del año por la National Technical Association. A su vez fue honrada con dos títulos honorarios de doctora en Ciencias, uno por la Universidad Capitol de Maryland (EE. UU.) y otro por la Universidad Old Dominion de Virginia (EE. UU.). El 4 de junio de 1998 recibió el título honorario de doctora en Derecho por la Universidad Estatal de Nueva York (EE. UU.), y se le dedicaron las siguientes palabras:

Has elevado nuestros corazones y mentes a las estrellas. Tu genio en matemáticas y física ayudó a eliminar las barreras físicas y contribuyó enormemente a colocar al primer astronauta estadounidense en el espacio. Te has enfrentado a los obstáculos impuestos por las fuerzas de la naturaleza y has ayudado a lanzar a nuestro país hacia la frontera espacial. Por tu contribución como pionera en la tecnología aeroespacial y tu búsqueda continua de la excelencia en la educación, la Universidad Estatal de Nueva York en Farmingdale le confiere orgulloosamente a usted, Katherine Johnson, el prestigioso grado de doctora en Derecho, honoris causa.

En 1999 Katherine fue nombrada como una de las exalumnas más destacadas del lugar donde estudió, la Universidad Estatal de Virginia Occidental, a la cual siempre estará muy agradecida. No será hasta el 16 de noviembre de 2015, cuando fue condecorada con la Medalla Presidencial a la Libertad⁵ —siendo hoy en día, la única mujer de la NASA que la ha recibido—, concedida por el entonces presidente de los Estados Unidos, Barack Obama. Este ha sido el premio más importante que ha recibido a lo largo de su carrera.



Figura 6. Katherine Johnson recibiendo la Medalla de la Libertad de manos del presidente Barack Obama

Hoy en día, Katherine, además de practicar actividades de ocio como jugar a las cartas, realizar algún rompecabezas y ver los deportes en la

tele, se dedica a dar charlas entre jóvenes, especialmente mujeres, sobre la importancia de luchar por los sueños por encima de todo, animándolas a que estudien ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas, ya que fielmente defiende que:

Algunas cosas desaparecerán de nuestra vista, pero siempre habrá ciencia, ingeniería y tecnología. Y siempre, siempre, habrá matemáticas.

Del papel a la gran pantalla

El 6 de septiembre de 2016 se publicó, en las librerías de medio mundo, un libro en cuya portada aparecía escrito *Hidden Figures* —cuya traducción al español es *Figuras Ocultas*—, junto a una imagen de tres mujeres negras, aparentemente desconocidas. En él, Margot Lee Shetterly, nos relata la historia de tres «calculadoras» que cambiaron el rumbo de la NASA y de un país entero. De hecho, estas mujeres son las matemáticas afroamericanas Dorothy Vaughan, Mary Jackson y nuestra querida protagonista, Katherine Johnson. Dos meses más tarde, se estrenó la película, del mismo nombre, dirigida por Theodore Melfi, la cual ha sido muy aclamada por la audiencia. El director comentó en una entrevista (2017) que «para él no es una película negra ni blanca, simplemente es una película que muestra la vida de tres mujeres increíbles».

Una experiencia docente de película

Uno de los factores que más nos ha sorprendido en la formación para la docencia ha sido el desconocimiento de mujeres matemáticas por parte del alumnado, reconociendo únicamente a figuras masculinas como Pitágoras y Descartes. Motivados por la preocupación hacia la situación de la figura de la mujer en la sociedad actual y por los diferentes movimientos feministas⁶, decidimos aportar nuestro pequeño granito de arena a la causa. Para ello, a través de recursos existentes que pretenden visibilizar el papel de la mujer a lo largo de la historia de las matemáticas, es posible trabajar contenidos matemáticos que puedan ser aplicados en la enseñanza con el interés aña-

dido de sensibilizar y concienciar al alumnado sobre la igualdad de género. Asimismo, de manera global, pretendemos orientar la educación y enseñanza de cualquier materia a través de la empatía, la tolerancia y el respeto, dotando a los alumnos y alumnas de un sentimiento crítico que les permita detectar, juzgar y rechazar cualquier tipo de discriminación hacia la mujer.

La visualización de la película *Hidden Figures* nos inspiró y emocionó de tal manera que, la gran Katherine Johnson, pasó de ser una «figura oculta» para convertirse en un referente. Es por ello que nos sentimos en la obligación de dar a conocer al alumnado en particular, y la comunidad matemática en general, la figura de Katherine.

Otro factor que nos motivó a tomar parte en la educación en la igualdad fue la existencia de numerosos problemas en colecciones y libros de matemáticas que escondían micromachismos. En la literatura nos podemos encontrar problemas en los que siempre es una mujer la que hace la compra, la que más gasta de toda la familia o la que se ocupa de las tareas del hogar. La mujer también suele aparecer reflejada en menor proporción respecto al hombre en problemas estadísticos relacionados con la educación, las oportunidades o el empleo. Estos contextos presentes en los problemas de matemáticas facilitan la normalización social de situaciones en las que la mujer no está representada en las mismas condiciones que el hombre. Es por ello por lo que se crea la necesidad de plantear nuevos contextos que remarquen el papel de la mujer en los avances científicos.

Por todo ello, planteamos la necesidad de crear nuestros propios problemas contextualizados en las figuras matemáticas que siguen ocultas para nuestro alumnado pero que también deben ser visibilizadas. Una de las protagonistas de la propuesta que planteamos es Katherine Johnson.

Preparando el contexto

Para la implementación de nuestra propuesta, no solo es importante la creación de problemas contextualizados en la vida de Katherine, sino la

contextualización de esos problemas dentro de la unidad didáctica.

La manera de llevarlo a cabo en el aula es bastante intuitiva. Comenzamos con una breve introducción de la situación histórica en la que nació y vivió Katherine Johnson, seguido de una explicación biográfica, la cual nos permite presentar a nuestra protagonista. En tercer lugar, procedemos

a la realización del problema contextualizado, contando en todo momento con la participación del alumnado. Finalmente contamos curiosidades, logros y otros datos de interés sobre Katherine, lo que permitirá que nuestra protagonista permanezca grabada en las mentes de nuestros alumnos, al

menos por una larga temporada.

La propuesta que hemos planteado basada en Katherine puede ser adaptada a otros contenidos, cursos y personajes históricos femeninos. Asimismo, la estructura de la propuesta que presentamos permite atender a la diversidad del aula y el trabajo en las diferentes competencias LOMCE⁷.

Las derivadas, el camino hacia la Luna

Una vez en el aula, presentamos a nuestra protagonista contando algunos datos sobre su vida que pudieran llamar la atención del alumnado. Resultan muy interesantes para ellos, pero sobre todo para ellas, algunas de las anécdotas sobre su vida y estancia en la NASA, como por ejemplo que fuese considerada toda una «calculadora humana», o las veces que tenía que caminar para acudir al aseo para personas negras, el cual se encontraba a más de un kilómetro del ala donde trabajaba.

Posteriormente, les proponemos el siguiente problema titulado: *Las derivadas, el camino hacia la Luna*. Esta actividad en concreto, la dirigimos a alumnos de 1.º de Bachillerato Científico/Tecnológico. Con ella pretendemos trabajar la unidad didáctica Cálculo de derivadas y sus aplicaciones. Estructuramos el problema en dos partes, una primera en forma de problema de optimización; y una segunda basada en el cálculo de la recta tangente a una cónica —en concreto una elipse— mediante el uso de derivación implícita.

Otro factor que nos motivó a tomar parte en la educación en la igualdad fue la existencia de numerosos problemas en colecciones y libros de matemáticas que escondían micromachismos.

Las derivadas, el camino hacia la Luna (Primera parte)

La NASA ha encomendado a Katherine Johnson una tarea muy importante que va a ser crucial para la misión de enviar el primer hombre a la Luna.

En la construcción del Saturno V, el cohete usado en la misión Apolo 11, la nave con la cual Neil Armstrong logrará alcanzar el satélite, son necesarios costosos materiales y arduos cálculos matemáticos. En particular la parte más cara del proyecto es el tanque de combustible de la nave que es un recipiente cilíndrico cuya capacidad es de 160 millones de litros de hidrógeno líquido como el que aparece en la figura 7. La tarea encomendada a esta gran matemática es calcular las dimensiones del tanque de combustible para que los materiales utilizados en su construcción sean mínimos. ¿Cuál debe ser el área del tanque?

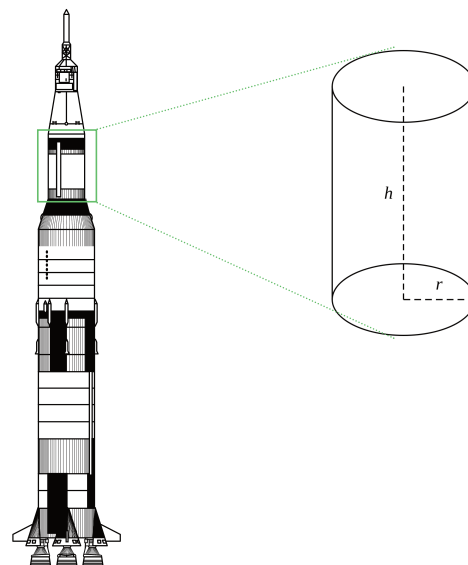


Figura 7. El cohete Saturno V utilizado durante la misión Apollo 1
(Fuente: Wikimedia Commons)

Las derivadas, el camino hacia la Luna (Segunda parte)

Tras el exitoso despegue del Apolo 11, toda la NASA está de celebración, incluida Katherine Johnson, ya que sin ella esta misión no hubiera sido posible. ¡Un momento! Parece que algo va mal. Durante el despegue la nave ha perdido combustible, debido a una fuga en el depósito. La única manera de que la expedición lunar continúe su rumbo es haciendo que la nave de una vuelta completa a la órbita alrededor de la Tierra y así, gracias a las fuerzas gravitacionales del planeta, coja el impulso necesario para llegar hasta la Luna.

De inmediato, el jefe de la NASA se acerca a Katherine y le pide que realice las tareas de cálculo necesarias para recalcular la nueva trayectoria de la nave. Esta sin perder un instante de tiempo, saca un mapa de coordenadas de un cajón y se pone a recopilar algunos datos.

La órbita alrededor de la Tierra tiene la forma de una elipse. Sabemos que la Tierra está centrada en el punto de coordenadas espaciales $C(5, 1)$ y los focos se corresponden con dos observatorios espaciales que la NASA dispone en el ecuador terrestre. Uno situado en el punto más al este $E(3, 1)$ y el otro en el punto más al oeste $O(7, 1)$ del globo terráqueo. Sabemos que actualmente la nave se encuentra en órbita, ya que manda señales de alerta a ambos observatorios. Tras analizar las señales, se sabe que la distancia del punto de la órbita, donde se encuentra la nave, al foco del este es de 2 unidades, y la distancia al foco del oeste es de 6 unidades.

- Calcula la ecuación de la órbita elíptica en la que se encuentra la nave. Indica todos los elementos de la elipse. Haz un dibujo aproximado.
- ¿En qué punto de la órbita elíptica se encuentra la nave?
- Para que la nave llegue a la Luna siguiendo una trayectoria recta y tangente, esta debe desengancharse de la órbita elíptica en el punto de abscisas $x = 3$. ¿Es única la recta tangente? Calcula la ecuación de las posibles rectas tangentes.
- Katherine sabe que a esta hora del día y en esta época del año, la Luna se encuentra sobre el eje de abscisas. Si sabemos que la nave orbita alrededor de La Tierra en sentido positivo, y se desengancha de la órbita en el punto de abscisas $x = 3$, calcula las coordenadas espaciales de la Luna.

Tras restablecer todos los datos y las trayectorias, la misión espacial concluyó de manera exitosa. Los astronautas consiguieron llegar a su destino y volver a la Tierra sanos y salvos. El astronauta Neil Armstrong dedicó a Katherine unas palabras desde la Luna: «¡Es un pequeño paso para las matemáticas, pero un gran paso para la figura de la mujer en la ciencia!».

Katherine Johnson es una mujer que dedicó gran parte de su vida al estudio de las matemáticas, en concreto aquel relacionado con el cálculo y la astronomía. Por tanto, puede ser la protagonista de problemas contextualizados de diversas unidades didácticas dentro de los distintos cursos de ESO y Bachillerato, por ejemplo referidas a los contenidos sobre gráficas y funciones, movimientos en el espacio, ecuaciones, sucesiones y límites, etc. Principalmente aquellas unidades didácticas pertenecientes al bloque de Geometría analítica y Análisis.

Matemáticas para un mundo mejor

Con una incommensurable pasión por las matemáticas, gracias a las cuales logró acabar con las barreras raciales y de género, Katherine Johnson es considerada una leyenda de los viajes espaciales. Fue capaz de «tocar la Luna», simplemente con la ayuda de un lápiz, un papel y una calculadora.

Hemos tenido la suerte de conocer y dar a conocer a esta mujer, trabajar contenidos matemáticos, y de manera indirecta, transmitir al alumnado, todo aquello que no está escrito en los libros, con el objetivo de acabar con los estereotipos que siguen condenando a la mujer a la sombra del hombre.

Cabe destacar que los resultados conseguidos durante la aplicación de la propuesta fueron más que satisfactorios. Por este motivo, pretendemos animar y motivar a todos los docentes a divulgar el papel de las mujeres matemáticas en el aula, ya que, contribuyendo en la difusión de estos valores, y promoviendo la visibilidad de estas personalidades, finalmente lograremos sacar a la luz sus contribuciones y aportaciones a la ciencia, analizar su influencia y desarrollo en la historia de las matemáticas y, por supuesto, conseguir que la lucha por la igualdad de género deje de ser una batalla y pase a ser historia.

Referencias bibliográficas

- DEISS, H. S. (2015), «Katherine Johnson: A Lifetime of STEM», NASA Educational Technology Services, EE.UU.,
<<https://www.nasa.gov/audience/foreducators/a-lifetime-of-stem.html>>.
- HUGHES, J. (2015), «Katherine Johnson: Space scientist», The Heroine Collective, United Kingdom.
<<http://www.theheroinecollective.com/katherine-johnson-space-scientist/>>.
- LÓPEZ, A. (2016). «Katherine Johnson: La calculadora humana», Mujeres con Ciencia, País Vasco, España.
<<https://mujeresconciencia.com/2016/12/12/katherine-johnson-la-calculadora-humana/>>.
- O'CONNOR, J. J., y E. F. ROBERTSON (2016), «Katherine Coleman Goble Johnson», *MacTutor History of Mathematics*, octubre University of St Andrews.
<http://www-history.mcs.st-andrews.ac.uk/Biographies/Johnson_Katherine.html>.
- PEREDA, C. F. (2016), «El arma secreta de Estados Unidos en la carrera espacial», *El País*, 10 de septiembre de 2016.
<https://elpais.com/elpais/2016/09/09/ciencia/1473440241_066243.html>.
- PÉREZ-TORRES, M. A. (2018), «Katherine Johnson y las figuras ocultas de la NASA», *Información y Actualidad Astronómica*, n.º 54, 9-10.
- SHETTERLY, M. L. (2016), *Hidden figures: The American Dream and the Untold Story of the Black Women Mathematicians Who Helped Win the Space Race* (first edition), William Morrow, an imprint of HarperCollins Publishers, Nueva York.
- WARREN, W. (1999), «Katherine Coleman Goble Johnson», en *Black Women Scientists in the United States*, Indiana University Press, 140-147.

IGNACIO LÓPEZ MENDIVE
Universidad de La Rioja
<iglopem@gmail.com>

JUAN MIGUEL RIBERA PUCHADES
Universidad de La Rioja
<juan-miguel.ribera@unirioja.es>

1 NASA: National Aeronautics and Space Administration (Administración Nacional de la Aeronáutica y el Espacio, EE. UU.)

2 Tanto el Instituto Estatal de Virginia Occidental como la Universidad Estatal de Virginia Occidental pertenecían al mismo distrito.

3 NACA: 1915-1958. Comité Consultivo Nacional para la Aeronáutica (EE. UU.), fue el antecesor de la NASA.

4 Las Calculadoras de la NASA: Eran mujeres de color que se

dedicaban a realizar arduas y tediosas operaciones matemáticas simplemente con lápiz, papel y calculadoras mecánicas, ya que los ordenadores en aquel entonces brillaban por su ausencia.

5 La Medalla Presidencial a la Libertad es la condecoración más valiosa que un civil puede recibir en EE. UU.

6 Día de la Mujer, 8 de marzo. Día Internacional de la Mujer y la Niña en la Ciencia, 11 de febrero.

7 LOMCE: Ley Orgánica para la Mejora de la Calidad Educativa.