



SHOHINI  
GHOSE

# Su espacio, su tiempo

Científicas pioneras  
que descifraron  
el universo

PAIDÓS

SHOHINI GHOSE

# SU ESPACIO, SU TIEMPO

---

Científicas pioneras que  
descifraron el universo

Traducción de Pedro Pacheco González

PAIDÓS Contextos

Título original: *Her Space, Her Time*, de Shohini Ghose

Publicado originalmente por MIT Press.

Esta edición se ha publicado por acuerdo con Westwood Creative Artists LTD y Sandra Bruna Agencia Literaria SL

1.<sup>a</sup> edición, junio de 2024

La lectura abre horizontes, iguala oportunidades y construye una sociedad mejor.

La propiedad intelectual es clave en la creación de contenidos culturales porque sostiene el ecosistema de quienes escriben y de nuestras librerías. Al comprar este libro estarás contribuyendo a mantener dicho ecosistema vivo y en crecimiento. En Grupo Planeta agradecemos que nos ayudes a apoyar así la autonomía creativa de autoras y autores para que puedan seguir desempeñando su labor.

Dirígete a CEDRO (Centro Español de Derechos Reprográficos) si necesitas fotocopiar o escanear algún fragmento de esta obra. Puedes contactar con CEDRO a través de la web [www.conlicencia.com](http://www.conlicencia.com) o por teléfono en el 91 702 19 70 / 93 272 04 47.

© Shohini Ghose, 2023

© de la traducción, Pedro Pacheco González, 2024

© de todas las ediciones en castellano,

Editorial Planeta, S. A., 2024

Paidós es un sello editorial de Editorial Planeta, S. A.

Avda. Diagonal, 662-664

08034 Barcelona, España

[www.paidos.com](http://www.paidos.com)

[www.planetadelibros.com](http://www.planetadelibros.com)

© de las fotografías: pág. 47, History and Art Collection / Alamy Stock Photo; pág. 48, Science History Images / Alamy Stock Photo; pág. 49 arriba, Harvard-Smithsonian Center for Astrophysics, Wolbach Library, Photographic Glass Plates; pág. 49 abajo, NASA / ESA / STScI; pág. 50 arriba, AIP Emilio Segrè Visual Archives, Physics Today Collection; pág. 50 abajo, Harvard-Smithsonian Center for Astrophysics, Wolbach Library, Photographic Glass Plates; pág. 85, Abbas Archive Images / Alamy Stock Photo; pág. 86, Wikimedia Commons / Solon Irving Bailey; pág. 87, Volgi archive / Alamy Stock Photo; pág. 130, Cortesía de las Colecciones Especiales y Archivos de la Northeastern State University / Smithsonian Institution; pág. 131, 132, 134, NASA; pág. 133 arriba, NASA / JPL-Caltech; pág. 133 abajo, Heavy.com / Creative Commons; pág. 165, Springer Nature; pág. 166, Maidun Collection / Alamy Stock Photo; pág. 199 arriba, Album / akg-images; pág. 199 abajo, Abbas Archive Images / Alamy Stock Photo; pág. 200, Album / Science Source / Smithsonian Institution Libraries; pág. 201, AIP Emilio Segrè Visual Archives; pág. 240 y 241 arriba, Agnes Rodhe / personal archive / Central Library for Physics, Vienna; pág. 241 abajo, Springer Nature Limited; pág. 242 arriba a la izquierda, Wikimedia Commons / Noopur Desai; pág. 242 arriba a la derecha, The Hindu BusinessLine / Unknown Author; pág. 242 abajo, Wikimedia Commons / Marhorr; pág. 243, The Brazilian Center for Research in Physics (CBPF); pág. 290, Acc. 90-105 / Science Service, Records, 1920s-1970s / Smithsonian Institution Archives, pág. 291 arriba, Archives and Special Collections / Vassar College Library; pág. 291 abajo, NOAO / AURA / NSF; pág. 292, AAS / Autorización para reproducir.

ISBN: 978-84-493-4260-8

Maquetación: Realización Planeta

Depósito legal: B. 9.527-2024

Impresión y encuadernación en Gómez Aparicio Grupo Gráfico

Impreso en España – *Printed in Spain*



# SUMARIO

Introducción . . . . .	11
1. Buscando su espacio: las decodificadoras de estrellas que catalogaron el universo . . . . . <i>Annie Jump Cannon, Anna Draper, Williamina Fleming, Antonia Maury, Cecilia Payne-Gaposchkin y las mujeres del Observatorio del Harvard College</i>	21
2. Sobre el tiempo: descubridoras del <i>big bang</i> . . . . . <i>Henrietta Leavitt y Margaret Burbidge</i>	51
3. Velocidad de escape: pioneras de la exploración espacial . . . . . <i>Mary Golda Ross, Joyce Neighbors, Dilban Eryurt, Claudia Alexander y las mujeres que impulsaron el programa espacial de la NASA</i>	89
4. Una cuestión de elección: investigadoras de la radiactividad. . . . . <i>Harriet Brooks y Marie Skłodowska-Curie</i>	135

5. Energía de enlace: cómo se separan los átomos . . . . .	167
<i>Lise Meitner</i>	
6. Fuerzas de la naturaleza: fotografías del mundo subatómico . . . . .	203
<i>Marietta Blau, Hertha Wambacher, Bibha Chowdhuri y Elisa Frota-Pessôa</i>	
7. Asimetría: transgresoras de la naturaleza . . . . .	245
<i>Maria Mitchell, Vera Rubin, Wu Chien-Shiung y las mujeres de la era atómica</i>	
Epílogo . . . . .	293
Agradecimientos . . . . .	297
Artículos científicos . . . . .	301
Lecturas adicionales . . . . .	307
Índice onomástico y de materias . . . . .	317

---

## Buscando su espacio: las decodificadoras de estrellas que catalogaron el universo

*Annie Jump Cannon, Anna Draper, Williamina Fleming,  
Antonia Maury, Cecilia Payne-Gaposchkin y las mujeres del  
Observatorio del Harvard College*

Me encontraba frente a doscientos rostros expectantes que me observaban con atención, así que respiré hondo y me dispuse a empezar mi charla. Era el invierno de 2006, y yo, una profesora universitaria novata a la que habían asignado el curso de astronomía de primer año. Había aprovechado la oportunidad que se me ofreció de poder asombrar a los nuevos estudiantes explicándoles las maravillas del universo, pero las primeras semanas fueron duras. Como estudiante, nunca tuve como profesora de física a una mujer. Como maestra, pude ver la expresión de sorpresa en las caras de mis alumnos cuando me vieron entrar por primera vez en el aula. Había tratado de ganármelos centrándome en la belleza de la ciencia que estábamos estudiando, y la verdad es que estaba funcionando. Pero la clase de ese día era muy especial. Les iba a hablar de las mujeres científicas que habían cartografiado y medido las estrellas, y tenía que hacerlo bien.

Mientras preparaba la clase, ojeé el libro de texto de astronomía elegido para el curso y encontré una frase bastante extraña utilizada para describir una propiedad clave de las estrellas: *Oh, Be A Fine Girl, Kiss Me!* Me pregunté si debería utilizar otro libro de texto. Pero cuando consulté otros, publicados en diversas partes del mundo, ahí estaba la misma frase, tanto impresa como en

formato digital. En todos ellos. Me pregunté cómo podría abordar este tema en clase y, finalmente, encontré inspiración en las estrellas. Ahora tenía un plan.

### *IN MEMORIAM*

La observación de las estrellas es una de las actividades científicas más antiguas, pero en Norteamérica no se convirtió en una actividad profesional y a gran escala hasta principios del siglo xx. Curiosamente, una gran parte de la financiación que recibió la astronomía fue aportada por mujeres, como la astrónoma aficionada Mary Anna Palmer. Es más que posible que no encuentres su nombre en los libros de texto de astronomía. En cambio, sí que te topará con el nombre de Henry Draper, el hombre con el que se casó en 1867. Médico y profesor de la Universidad de Nueva York, Draper era también un apasionado aficionado a la astronomía. Era uno de esos hombres que, en aquella época, eran conocidos como caballeros científicos. La finca de su padre, situada en Hastings-on-Hudson, a las afueras de la ciudad de Nueva York, era el lugar ideal en el que construir su propio observatorio. Allí pasó noches maravillosas estudiando los cielos con el telescopio que él mismo fabricó. La afición de Henry despertó el interés de Anna, aunque no existía un término equivalente para designar a una mujer que se dedicara a la ciencia como afición. Al día siguiente de su boda, fueron a comprar vidrio para construir los espejos de un nuevo telescopio. Durante los quince años siguientes, la astronomía fue su pasión común. En 1872, la pareja captó unas imágenes que supusieron el comienzo de una revolución en la astronomía observacional.

Los astrónomos escudriñaban el cielo con telescopios desde 1610, año en el que se produjeron las primeras observaciones trascendentales de Galileo. En los dos siglos posteriores, se desentrañaron muchos secretos del universo (nuevos planetas, lunas,

cometas, estrellas, constelaciones y mucho más). Pero una vez descubiertas, estas maravillas tenían que ser dibujadas a mano en papel y descritas con palabras si querían compartirse con el mundo. Aquella era una tarea frustrante e imprecisa. La invención de la fotografía en la década de 1830 fue un punto de inflexión. El padre de Henry Draper, John William Draper, ávido observador de los cielos como él, fue la primera persona de todo el mundo que, en 1840, tomó una fotografía de la Luna vista a través de un telescopio.

Mientras tanto, progresaba a gran velocidad otra técnica de observación que nació en el siglo XVII. Empezó con un simple prisma. La luz solar que pasa a través de un prisma se dispersa en sus muchos colores constituyentes. En la actualidad, todos damos por válida la idea de que la luz solar está compuesta por todos los colores del arcoíris, pero no se demostró científicamente hasta que Isaac Newton llevó a cabo un experimento aparentemente sencillo y a la vez crucial: utilizó un prisma para separar los colores de la luz solar y otro para recombinarlos de nuevo, demostrando así que no era el prisma el que contenía los colores, sino la propia luz. También demostró que un determinado color de la luz —por ejemplo, el rojo— seguía siendo el mismo al pasar a través de un segundo prisma, lo que confirmaba que el color era una propiedad de la luz y no del prisma. En realidad, la naturaleza nos muestra el contenido de la luz solar cada vez que se crea un arcoíris, cuando las gotas de agua presentes en el aire actúan a modo de prisma, pero no lo entendíamos hasta que Newton realizó sus experimentos. Newton acuñó el término «espectro» para describir los colores que componían el arcoíris. Los científicos empezaron pronto a desarrollar mejores técnicas para separar y estudiar el espectro de la luz solar, y también para explorar los espectros emitidos por otras fuentes de luz como velas o gases calientes. Había nacido el campo de la espectroscopia.

Cansados de registrar a mano los espectros de las estrellas, los Draper se propusieron tomar la fotografía más nítida posible de



un espectro estelar. Hoy en día, cuesta imaginar la magnitud del reto que supuso esta idea antes de que existieran los ordenadores, las cámaras CCD o incluso las películas fotográficas. Cada imagen se grababa en placas de vidrio recubiertas de emulsiones químicas especiales. La placa debía colocarse con mucho esmero en una determinada posición para que la luz de la estrella recogida por el telescopio se pudiera separar en su espectro, para luego enfocarla en la placa fotográfica, la cual debía protegerse de las fuentes de luz parásita. Los Draper se centraron en la estrella Vega, y en 1872 pudieron tomar la primera fotografía de la historia del espectro de una estrella. Entusiasmada, la pareja continuó con sus observaciones durante la década siguiente, convirtiéndose en exploradores que vagaban juntos entre las estrellas. Henry incluso renunció a su puesto de profesor en la Universidad de Nueva York para dedicarse a tiempo completo a la astronomía. Pero en 1882, sin llegar a poder hacerlo, falleció por culpa de una inflamación pulmonar. Tenía cuarenta y cinco años.

Anna Draper intentó contratar ayudantes para continuar con el trabajo que hacían juntos, pero se dio cuenta de que no era tan fácil reemplazar a Henry. Así que decidió cambiar de estrategia. Cuando falleció su padre, heredó una importante cantidad de dinero. Eso le permitió crear la fundación Henry Draper Memorial en el Observatorio del Harvard College, uno de los primeros edificios del país dedicados a la investigación astronómica. Anna donó sus telescopios al observatorio. Ese apoyo era exactamente lo que Edward Charles Pickering, director del observatorio, estaba buscando para poner en marcha un plan bastante ambicioso: quería crear un catálogo completo de miles de estrellas. Ahora ya tenía lo que necesitaba; lo único que le quedaba por hacer era encontrar a las personas adecuadas que lo ayudaran a llevar a cabo su proyecto. Una de ellas iba a ser Annie Jump Cannon.

## CÓDIGOS DE BARRAS EN LA LUZ DE LAS ESTRELLAS

Tenía claro que mi charla solo tendría éxito si podía esbozar para mis alumnos un retrato de Annie Jump Cannon lo más fiel posible. Por suerte, su historia es maravillosa.

De niña, Annie disfrutó de algunas ventajas que la ayudaron a encontrar el camino que acabaría llevándola al Observatorio del Harvard College. Era hija de un senador de Delaware, lo que le facilitó el acceso a buenas escuelas y universidades para mujeres. Aunque el estatus de su padre le abrió muchas puertas, fue su madre quien, literalmente, le dio a conocer el universo, ya que juntas observaban las estrellas desde la buhardilla de su casa. Ese temprano estímulo resultó ser crucial. Annie decidió estudiar física y astronomía en el prestigioso Wellesley College, donde se graduó con las mejores calificaciones en 1884. Durante su estancia allí, tuvo la suerte de asistir a clases de astronomía impartidas por Sarah Frances Whiting, la primera profesora de física en Wellesley y la persona que había creado el departamento. En las clases de Whiting, las estudiantes realizaban experimentos prácticos y utilizaban técnicas de laboratorio que ella misma había aprendido de Edward Pickering.

Podría parecer que el siguiente paso natural en la carrera de Cannon era Harvard, pero en aquella época a las mujeres no se les permitía estudiar allí, y mucho menos en disciplinas tan dominadas por los hombres como la astronomía. Annie se pasó los siguientes diez años en su tierra natal de Delaware, dando clases y explorando por sí misma el campo aún en desarrollo de la fotografía. Incluso publicó un folleto con fotos que se distribuyó en la Exposición Universal de Chicago de 1893.

En 1894, su mundo se derrumbó con el fallecimiento de su madre. Devastada por la pérdida de su gran apoyo, Annie buscó consuelo en la astronomía. Empezó a trabajar como ayudante de la profesora Whiting en Wellesley. Con su ayuda, pudo matricularse en Radcliffe, la universidad hermana de Harvard. Las clases

eran impartidas por profesores de Harvard, gracias a lo cual a Cannon se le presentó una gran oportunidad. En 1896 fue seleccionada para trabajar como ayudante en el Observatorio del Harvard College. Por entonces, se había quedado parcialmente sorda, probablemente debido a una infección de escarlatina, pero eso no la desanimó.

El observatorio de la Universidad de Harvard fue fundado por otro caballero científico, William Cranch Bond. Relojero de profesión, Bond sentía tanta pasión por la astronomía que convirtió su salón en un observatorio. Colocó una claraboya en el techo para poder observar el cielo con su telescopio. Fue el primer estadounidense que detectó el Gran Cometa de 1811, y en las dos décadas siguientes fue conocido por sus mediciones astronómicas. La Marina de Estados Unidos llegó a utilizar la localización de su casa como punto de referencia, ya que había medido con gran precisión su latitud y su longitud. En 1839, cuando Harvard lo nombró Observador Astronómico de la Universidad (un puesto no remunerado), instaló allí su propio equipo personal de observación, creando de esa forma el Observatorio del Harvard College.

En 1843, un cometa pasó tan cerca del Sol que su cola alcanzó la impresionante longitud de trescientos millones de kilómetros. Fue uno de los cometas más brillantes de la historia. Su rastro se podía ver incluso durante el día, lo que despertó el interés del público por la astronomía. Harvard aprovechó ese brillante acontecimiento celeste para recaudar dinero, gracias al cual se pudo comprar el mejor telescopio disponible en el mercado y construir una instalación específica para él. El Gran Refractor, que debe su origen al Gran Cometa de 1843, siguió siendo el mayor telescopio de Estados Unidos durante las dos décadas siguientes, convirtiendo al observatorio en el líder mundial en astrofotografía.

La señorita Cannon, que es como la llamaban en el observatorio, no fue la primera mujer que trabajó allí. Antes que ella ya se había contratado a más de una docena de mujeres para que ayudaran a analizar las observaciones realizadas por los astrónomos,

todos hombres. Algunas de esas mujeres eran esposas o parientes de los científicos del equipo. Todas cobraban la mitad que los hombres de la plantilla. Pickering justificó la brecha salarial existente calificando el trabajo que realizaban las mujeres en la categoría de secretaría o contabilidad. Pero no era así.

Para poder apreciar en toda su dimensión lo que estaban haciendo estas mujeres pioneras a principios del siglo xx, podemos hacer el siguiente ejercicio mental. Imaginemos un hermoso bosque otoñal, cuando los árboles se tiñen de amarillo dorado, naranja ardiente o rojo vino. Mientras escribo estas líneas puedo ver a través de la ventana los árboles del parque, situado al otro lado de la carretera, brillando al atardecer. Imaginemos, entonces, que mi trabajo consistiera en catalogar y clasificar el color de cada árbol del bosque calculando la proporción de amarillo, verde, rojo y naranja de cada uno de ellos. Para hacerlo, solo puedo utilizar mis ojos, una lupa, un papel, un lápiz y una fórmula para cuantificar la cantidad de cada color. Me paso el día analizando imágenes de bosques, catalogando y calculando los componentes de cada color presente en cada árbol. Si nos parece que es una tarea agotadora, tediosa y casi imposible de hacer, entenderemos qué fue lo que se les pidió a las mujeres de Harvard.

Gracias a la espectroscopia estelar, el objetivo del Observatorio del Harvard College era intentar obtener y catalogar el espectro de colores de bosques de estrellas en lugar de árboles. El primer paso era tomar fotografías con los mejores telescopios disponibles. La luz recogida se separaba en los colores que la componían y el espectro del arcoíris resultante se grababa en una placa de vidrio (la fotografía). Los astrónomos se encargaban de manejar los telescopios y de registrar las imágenes. Las mujeres, en cambio, examinaban las placas.

Trabajaban juntas en una sala del observatorio, grande y bien iluminada, que se conocía como «sala de las calculadoras». Eran aproximadamente doce mujeres que a menudo se agrupaban como si fueran estrellas binarias. Una escudriñaba la placa con una

lupa o un microscopio transmitiendo en voz alta sus observaciones, mientras que la otra orbitaba a su alrededor, anotando lo que le decía su compañera. Pensar en aquella sala de una institución científica, en la que resonaban las voces de las mujeres, me llena de alegría. Es algo que incluso hoy en día resultaría extraño. Aunque las placas solo podían captar imágenes en blanco y negro de los espectros, si se escrutaban de cerca se podían detectar patrones de líneas oscuras que las hacían parecer un código de barras borroso sobre el fondo grisáceo del espectro del arcoíris. Oculta en esos «códigos de barras» se hallaba la composición química de las estrellas.

Anteriormente, los científicos ya habían observado la presencia de líneas oscuras en el espectro de la luz solar si esta había atravesado algún gas, y se dieron cuenta de que cada gas en particular tenía asociado un conjunto específico de líneas. Por ejemplo, cuando la luz solar pasa a través del gas de hidrógeno, este absorbe colores concretos, lo que da como resultado un conjunto de líneas oscuras de «absorción» en el espectro del arcoíris que es diferente al de las líneas que se ven cuando, por ejemplo, la luz atraviesa gas de sodio o de cualquier otro elemento de la tabla periódica. El espectro de absorción es realmente un código de barras, una huella dactilar del elemento que es el resultado de su estructura interna única. Es un regalo para los químicos que intentan identificar compuestos desconocidos y para los astrónomos que intentan averiguar cuál es la estructura química de las estrellas.

Al comparar el espectro de absorción de una estrella con los espectros de absorción conocidos del hidrógeno, el helio u otros elementos, los científicos pueden averiguar cuáles son los gases constituyentes de la estrella en cuestión. Para eso contrataron a las decodificadoras de códigos de barras de Harvard. Analizaron cuidadosamente cada imagen borrosa buscando todas las líneas de absorción. Una vez detectadas, calculaban las longitudes de onda (colores) absorbidas, calculaban la solidez y la anchura rela-

tiva de cada línea, y comprobaban un par de veces sus números. De este modo pudieron identificar cuáles eran los gases y registraron los datos con todo lujo de detalles. Su trabajo cumplía con todos los requisitos que hoy en día creemos que debe caracterizar a cualquier investigación científica seria: análisis cuidadoso, registro y catalogación de los datos. Ningún trabajo de secretaría o contabilidad exigía hacer tareas como esas. Pickering y el resto de los astrónomos justificaron haber calificado ese trabajo de la forma en la que lo hicieron porque requería paciencia y concentración, cualidades típicas de las secretarías (mujeres), ya que no se distraerían pensando en otras cosas. No eran astrónomas, eran «computadoras» o «calculadoras». Nadie les preguntó a las mujeres si estaban de acuerdo.

También se dio por sentado que al ser un trabajo en el que la organización era esencial resultaría atractivo para las mujeres, dado que por regla general eran amas de casa. ¿A quién se le ocurrió que la espectroscopia astronómica era una tarea remotamente similar a organizar los armarios de la cocina? Además, las mujeres no eran la principal fuente de ingresos de sus hogares, por lo que se consideraba razonable pagarles salarios más bajos. Pero dado que tenían muy pocas oportunidades de participar en algo que tuviera que ver con la astronomía y el análisis científico, aceptaron el trabajo con entusiasmo. Cuando Annie Jump Cannon se unió al equipo, las mujeres del Observatorio del Harvard College ya habían analizado miles de estrellas, gracias a lo cual elaboraron un catálogo tan completo que se sigue utilizando hoy en día. A pesar de sus importantísimas contribuciones, en la primera edición del *Catálogo Henry Draper*, compuesto por más de diez mil estrellas y publicado en 1890, aparecía un único autor: Edward Pickering.

Las mujeres de Harvard pudieron dar su opinión en otra «publicación astronómica». Concretamente, en una ópera que parodiaba un éxito previo de Gilbert y Sullivan. Fue escrita en 1879 por Winslow Upton, un astrónomo asistente del observatorio,

aunque con ayuda de las propias calculadoras. La tituló *The Harvard Observatory Pinafore*:

Trabajamos desde la mañana hasta la noche,  
 pues calcular es nuestro trabajo.  
 Somos fieles y educadas,  
 y nuestro libro de registros es una belleza.  
 Con Crelle, Gauss, Chauvenet y Pierce  
 trabajamos duramente todo el día;  
 sumamos, restamos, multiplicamos, dividimos,  
 nunca tenemos tiempo para nada más.

#### ORGANIZANDO LAS ESTRELLAS

Annie Jump Cannon fue la primera «calculadora» que —gracias a su licenciatura en Física y a su experiencia a la hora de observar estrellas, adquirida con la profesora Whiting— pudo tener acceso directo a los telescopios. Le encantaba el trabajo que hacía, y los días le pasaban volando. «Por fin puedo tener la vida ajetreada que anhelaba desde hace mucho tiempo», escribió en su diario. «Ahora, mi corazón y mi vida entera son el estudio de la astronomía». Por la noche realizaba observaciones junto a los hombres, mientras que durante el día se unía a las mujeres que examinaban las placas. En muy poco tiempo aprendió a identificar tanto los patrones de líneas más comunes como aquellos que no lo eran tanto y diferían de una estrella a otra. ¿Acaso había una taxonomía de las estrellas oculta en esos patrones?

Aunque Pickering no la incluyó como autora en el *Catálogo Henry Draper* de 1890, sí que reconoció la importancia de las aportaciones de la «señorita M. Fleming» en la introducción. Williamina (Mina) Fleming era una madre soltera que fue contratada como criada antes de que la esposa de Pickering se diera cuenta de que tenía algo especial. Así que, en 1881, Pickering, frustrado

porque el proceso de catalogación de estrellas iba muy lento, ofreció a Fleming un trabajo como calculadora. Necesitada de una fuente de ingresos que le permitiera salir adelante como madre soltera de un bebé tras ser abandonada por su marido, Fleming aceptó, a pesar de no tener experiencia ni en astronomía ni en espectroscopia. Fue una decisión que cambió su vida y el futuro de la investigación astronómica.

Cuando se publicó el primer *Catálogo Henry Draper*, Mina Fleming ya era supervisora del equipo de calculadoras. Tras examinar miles de espectros estelares, desarrolló un método para clasificarlos basado en la solidez relativa de las líneas de absorción de hidrógeno. Si, por ejemplo, el hidrógeno era el elemento más dominante en el espectro de una estrella concreta, esta se colocaba en la clase A. A medida que encontraba espectros más complejos, iba creando más categorías en las que clasificar las estrellas. Fueron quince en total, de la A a la Q. La clase P era para las nebulosas planetarias, y la Q, para todo aquello que no encajaba en las otras clases. ¡Diecisiete categorías que contendrían los miles de estrellas que observaron en el cielo! Sé que yo no tengo ni la resistencia ni la capacidad de observación necesarias para llevar a cabo semejante tarea. Fleming y su equipo lo hicieron por el módico precio de veinticinco centavos la hora.

Cuando, en 1896, Annie Jump Cannon se unió al equipo del observatorio, Fleming se encargó de enseñarle todo lo que sabía. Incluso le ofreció en alquiler una habitación de su casa (una fuente adicional de ingresos para la madre soltera). Cannon aceptó encantada, y las dos mujeres se hicieron íntimas amigas, de modo que, a menudo, continuaban con sus conversaciones científicas en casa, tras acabar su jornada laboral. Mientras tanto, el sistema de clasificación estelar Pickering-Fleming, que es como pasó a ser conocido, había hecho famosa a Mina Fleming. Cualquier otra mujer podría haberse sentido intimidada por el nivel mostrado por Fleming, pero Cannon era la persona más indicada para continuar con su trabajo. Clasificar 10.000 estrellas no es poca cosa.



Pero clasificar 300.000 es una tarea monumental. Y eso es lo que hizo Cannon.

Al parecer, la capacidad de observación de Cannon era asombrosa. De ella se decía que tenía unos «ojos maravillosos», capaces de reconocer al instante características casi inapreciables de los espectros, algo que nadie más era capaz de hacer. Se quitaba los audífonos para no distraerse y estudiaba minuciosamente placa tras placa con su lupa. Tardaba menos de un minuto en clasificar una estrella. Tanto Pickering como las compañeras de Cannon estaban convencidos de que nadie más podía ver lo que ella veía; la prueba eran los nuevos rasgos y patrones que era capaz de detectar. Cannon se dio cuenta de que existía demasiado solapamiento entre las diecisiete categorías estelares de Fleming, ya que había características comunes ocultas en clases que, aparentemente, eran diferentes. Y el orden de la A a la Q que Fleming había creado basándose en la abundancia de hidrógeno tampoco era del todo correcto.

#### REORGANIZANDO LAS ESTRELLAS

Además de la clasificación estelar de Mina Fleming, en el Observatorio del Harvard College se propusieron otros enfoques para clasificar las estrellas. Edward Pickering también estaba trabajando con una joven en el análisis y la clasificación del espectro de las estrellas brillantes del hemisferio norte. En 1897, un año después de la llegada de Cannon a Harvard, Antonia Caetana de Paiva Pereira Maury se convirtió en la primera mujer que figuraba como autora (junto con Pickering) de un artículo publicado en los *Anales del Observatorio Astronómico de la Universidad de Harvard*.

Antonia Maury era sobrina de Henry y Anna Draper, y nieta de John William Draper, la primera persona que hizo una fotografía de la Luna. Parecía predestinada a estudiar las estrellas. Después de graduarse con honores en física, astronomía y filo-

sofía en el Vassar College, en 1887, Pickering la contrató para trabajar en el proyecto del catálogo estelar que su tía estaba financiando en memoria de su tío. Una de las primeras tareas que le asignaron fue analizar el espectro de la estrella Mizar A en la constelación de la Osa Mayor.

Pickering se había dado cuenta de que, en algunas ocasiones, las líneas espectrales de Mizar A aparecían duplicadas, lo cual era muy inusual. Maury también lo vio. Juntos estudiaron el espectro durante muchos meses y confirmaron la sospecha de Pickering: Mizar A no era una estrella, sino dos. Era la primera «binaria espectroscópica» que se descubría. Mizar A está formada por dos estrellas que orbitan una alrededor de la otra pero no se pueden distinguir visualmente, aunque sí al examinar sus espectros. Maury calculó su periodo orbital y su velocidad, y pronto descubrió otra binaria oculta en los difusos espectros. La pareja de Harvard había encontrado una nueva forma de observar pares celestes. Sin embargo, cuando en 1890 se publicó el descubrimiento, el único autor que aparecía era Pickering, como venía siendo habitual en él, mientras que Maury tan solo fue merecedora de una frase en los agradecimientos.

A principios de 1892, Antonia Maury abandonó el observatorio. En aquella época estaba trabajando en su propio sistema de clasificación estelar. Temiendo no recibir el reconocimiento que merecía por su trabajo cuando abandonó el observatorio, escribió una carta a Pickering en la que le decía: «¿No sería lo más justo que, en el momento en que se publiquen los resultados, reciba crédito por lo que dejé por escrito en relación con este asunto?». No debió de ser fácil enfrentarse al director, especialmente porque en esa época no existían otros lugares en los que una mujer se pudiese dedicar a la espectroscopia estelar. Además, Maury sabía que Pickering estaba en contacto con su tía Anna Draper, a quien no le parecía aceptable la actitud de su sobrina. En cualquier caso, Maury se mantuvo firme, no solo insistiendo en que debía recibir el crédito público que merecía por su trabajo, sino que también

se negó a conformarse con el sistema de clasificación Pickering-Fleming, ya que, en su opinión, era demasiado simple porque no tenía en cuenta las diferencias de anchura y nitidez de las líneas espectrales. Finalmente, regresó a Harvard con el beneplácito de Pickering, y juntos publicaron su nueva y más compleja clasificación estelar en el histórico artículo de 1897, en el que, en la lista de autores, aparecía el nombre de Maury justo encima del de Pickering.

A pesar de tener ideas diferentes sobre la organización de las categorías estelares, Fleming y Maury se llevaban bien. Cannon, conocida por sus modales amistosos y abiertos, era también amiga y defensora no solo de ellas dos, sino de todas las mujeres calculadoras del observatorio. Cuando empezó a analizar los espectros estelares era consciente de que contaban con dos enfoques diferentes para clasificar todas esas estrellas. En su opinión, ambos sistemas tenían mérito, por lo que propuso un nuevo conjunto de categorías estelares basado en los dos enfoques, pero clasificó las estrellas en solo siete categorías principales. Eliminó varias de las diecisiete clases (cada una caracterizada por una letra) del sistema de Fleming y adaptó el de Maury para reorganizar las restantes de tal modo que ya no estaban en el orden original, que iba de la A a la O. Una vez reorganizadas, se quedó con el siguiente conjunto de clases estelares: O, B, A, F, G, K y M. Ella y Pickering publicaron el nuevo sistema en los *Anales del Observatorio Astronómico de la Universidad de Harvard* en 1901 (Cannon aparecía como autora). Poco después, alguien inventó una regla mnemotécnica para recordar el orden de las letras: «Oh, Be A Fine Girl, Kiss Me!». (Oh, sé una buena chica, ¡bésame!).\*

Así es como el brillante logro científico alcanzado por una mujer, basado en dos décadas de trabajo realizado por otras mu-

\* En español, la regla mnemotécnica más utilizada para esta clasificación es «¡Oh, Bienaventurados Aquellos Feligreses!, Gritó Krispín, Mintiendo». (N. del t.).

jes, la mayoría del cual fue financiado también por mujeres, se convirtió en una frase que era una ridícula petición a todas y cada una de las mujeres. Es más, ese sistema pasó a ser mayormente conocido como «clasificación espectral de Harvard», en lugar de «clasificación espectral de Cannon», lo que, con el tiempo, fue minimizando su contribución al proyecto. La Unión Astronómica Internacional acabó adoptando oficialmente el sistema, que sigue utilizándose en la actualidad y apareciendo en todos los libros de texto de astronomía, incluido el que utilizan los alumnos de mi clase. En la mayoría de ellos no mencionan a Cannon, a Maury ni a Fleming. En un débil intento de hacer que la regla mnemotécnica parezca menos sexista, algunos textos modernos (y Wikipedia) le han añadido una palabra: *Oh, Be A Fine Girl/Guy, Kiss Me!* (Oh, sé una buena chica/un buen chico, ¡bésame!). Yo tenía pensado algo diferente para la clase; no me limitaría a la ciencia y al sistema de clasificación que se describe en los libros de texto, sino que les iba a contar a mis alumnos la historia completa de aquella increíble época de exploración y descubrimiento de estrellas, y les hablaría de las mujeres científicas que participaron y que no aparecen en los libros de texto.

A medida que escuchaban mi explicación, sus ojos se iban abriendo de par en par. Se quedaron prendados de aquellas extraordinarias científicas y de sus historias inspiradoras. Les asombró la historia de Fleming y les impresionó el valor mostrado por Maury. Cuando llegué a la regla mnemotécnica, algunos parecían sorprendidos y otros se reían incómodos, sin saber muy bien cómo reaccionar. Así que les encargué la tarea de inventar su propia regla para la siguiente clase, y yo elegiría la mejor. Puse una condición: tenía que estar relacionada con la astronomía. ¿Cuál fue la maravillosa regla ganadora?: «Occasionally Broken Asteroids Fall, Giving Kids Meteorites». (De vez en cuando caen asteroides fragmentados, dando meteoritos a los niños).

Mis estudiantes estaban ansiosos por saber qué ocurrió después. ¿Continuaron aquellas mujeres con su trabajo? ¿Fue reco-

nocido como trabajo científico y no de secretariado? Esto es lo que sucedió.

Mina Fleming, el ama de llaves y calculadora, nunca recibió en el observatorio el título oficial de astrónoma. Sin embargo, fue una científica incansable. A lo largo de su carrera descubrió más de trescientas estrellas y diez estrellas novas. Además, fue quien descubrió la famosa nebulosa Cabeza de Caballo, una de las más de cincuenta nebulosas que encontró ocultas en aquellas borrosas placas fotográficas de cristal. Como era de esperar, el descubrimiento se atribuyó inicialmente a Pickering, pero más tarde se corrigió. Las maravillosas fotografías modernas de alta resolución de dicha nebulosa realizadas por la NASA se han convertido en icónicas, pero pocos saben que la primera persona que la descubrió fue una mujer. En 1910, Fleming fue también quien identificó por primera vez una estrella enana blanca, un remanente frío de una estrella que ha agotado su combustible nuclear. En 1899, Harvard aceptó que Pickering nombrara a Fleming conservadora de las fotografías astronómicas del observatorio, lo que la convirtió en la primera mujer que ocupaba un puesto oficial.

A pesar de la negativa de Harvard a reconocer oficialmente las contribuciones científicas de Fleming, la comunidad astronómica la respetaba. Los miembros de la Real Sociedad Astronómica de Londres, que no se caracterizaban precisamente por su apertura mental hacia las contribuciones de las mujeres, estaban tan impresionados con su trabajo que en 1906 la nombraron miembro honorario. Era la primera mujer escocesa y la primera mujer estadounidense que recibía ese honor. El Wellesley College la nombró miembro honorario del Departamento de Astronomía a pesar de carecer de un título oficial. Aun así, nunca recibió el mismo salario que los hombres que publicaban con sus nombres los trabajos que ella había realizado. Al ser el único sostén de su familia, se encontraba en una situación económica complicada. A pesar de habérselo pedido a Pickering, este creía que no tenía la cualificación que justificara recibir el mismo salario que los hombres. Eso

la encolerizaba, y con razón. «Parece que piensa que ningún trabajo es demasiado duro para mí, no importa cuál sea la responsabilidad o cuántas horas tenga que dedicarle. Pero si le planteo la cuestión del salario, enseguida me dice que recibo un sueldo excelente en comparación con los sueldos habituales de las mujeres». Tuvo que recurrir a trabajos de secretaria (más tradicionales) para poder mantener a su hijo, quien acabó graduándose en el MIT. No es de extrañar que Fleming hablara en público a favor de la igualdad de oportunidades para las mujeres que se dedicaban a la astronomía.

Mina Fleming murió de neumonía en 1911, después de pasar treinta de sus cincuenta y cuatro años de vida en Harvard. En 1970, casi sesenta años después, la Unión Astronómica Internacional (UAI) bautizó un cráter de la Luna con el nombre de Fleming, pero incluso en este caso tuvo que compartir el reconocimiento; el cráter también honra al microbiólogo sir Alexander Fleming (puede que la UAI temiera quedarse sin cráteres a los que dar nombre). Creo que le habría complacido ver la indignación y el apoyo que sus logros, que durante tanto tiempo no le fueron reconocidos, despertaron en los estudiantes de mi clase.

Fleming estaba tan bien considerada en la comunidad científica de su época que, cuando murió, la revista *Science* publicó una necrológica escrita por Annie Jump Cannon. Después de describir sus diversas contribuciones a la astronomía, finalizó señalando que «una vida dedicada a la rutina de la ciencia no tiene por qué anular el atractivo carácter humano de la naturaleza femenina». Cannon creía firmemente que las mujeres podían contribuir a la astronomía tanto como los hombres, pero que eso no contradecía lo que se entendía de manera predominante como «naturaleza» femenina. Era una persona cálida y abierta que ayudaba a los hombres del laboratorio a realizar su trabajo y que actuaba como mentora de las mujeres jóvenes.

Aunque nunca se casó ni tuvo hijos propios, cuestionó la incompatibilidad que en aquella época se creía que existía entre la

vida familiar y la investigación (una actitud que persiste en nuestros días). Cannon se preguntaba: «¿Acaso la investigación, que no se limita a unas horas fijas o necesariamente al laboratorio, no puede ser llevada a cabo por mujeres casadas?». Ella misma navegó con pericia entre los límites y roles existentes asignados a las mujeres y se convirtió en embajadora de la institución, ayudándola a crear redes internacionales, organizando conferencias, negociando el intercambio de equipos, y escribiendo sobre astronomía para fomentar el interés público por este campo científico.

Tras la muerte de Fleming, Pickering consideró que Cannon era su sucesora natural en el cargo de conservadora del archivo de fotografías astronómicas del observatorio, pero el presidente de Harvard, Abbott Lowell, pensaba de otra forma. Consideraba que Fleming era una anomalía, y no tenía intención de abrir las puertas de Harvard a otras anomalías. Pickering y otros miembros de la comunidad astronómica se sorprendieron ante esa flagrante injusticia. Desde la publicación de la clasificación Cannon-Pickering, en 1901, Cannon había llegado a ser conocida como la mayor experta mundial en clasificación espectral. Nadie, ya fuera mujer u hombre, podía tener una mejor cualificación en ese campo. De todos modos, Pickering la nombró conservadora, pero no podía aparecer como tal en el directorio oficial de personal. Cannon ni se inmutó y dejó que su trabajo hablara por ella, igual que hizo Fleming.

Durante los años siguientes, Cannon y su equipo clasificaron estrellas a la vertiginosa velocidad de unas cinco mil al mes. Su reputación no dejaba de crecer. Astrónomos de todo el mundo le pidieron consejo sobre espectros y análisis estelares. En 1913, la Sociedad Astronómica Estadounidense (AAS, por sus siglas en inglés) la eligió como tesorera, lo que la convirtió en la única mujer que tenía un cargo oficial en la entidad. Ese mismo año viajó a Europa para asistir a reuniones astronómicas. Era bienvenida, a pesar de que solía ser la única mujer presente en la sala. En el Observatorio de Greenwich se percató de que no había mujeres

trabajando como ayudantes, pero eso no impidió que disfrutara de sus conversaciones con los astrónomos «sin la menor sensación de estar fuera de lugar». En Alemania también se dio cuenta de que en las reuniones científicas no había ninguna mujer, y eso la incomodaba, aunque los hombres eran amables con ella. Cuando la Unión Solar la nombró miembro del comité de clasificación de espectros estelares, no pudo evitar darse cuenta una vez más de que era la única mujer presente en la sala, pero, dado que el comité la consideraba la mayor experta en el tema, no dudó en llevar la voz cantante durante toda la reunión. En 1914, la Real Sociedad Astronómica de Londres nombró a Cannon miembro honorario, el mismo honor que recibió Fleming antes que ella. Ese año, Anna Draper —que había desempeñado un papel crucial en la historia de las mujeres calculadoras— falleció, y de nuevo fue Annie Jump Cannon quien escribió su obituario para la revista *Science*, rindiendo un sentido homenaje al impacto que tuvo Draper en la astronomía. Incluso después de su muerte, Anna Draper siguió vinculada a la astronomía. En su testamento donó otros 150.000 dólares a la fundación Henry Draper Memorial de Harvard, la cual sigue financiando en la actualidad el puesto de conservador del archivo de fotografías astronómicas, cargo que se le negó a Cannon.

Pickering y Cannon siguieron trabajando en el *Catálogo Henry Draper* de estrellas, y publicaron tres nuevos volúmenes en 1918. Al año siguiente, Pickering murió repentinamente como consecuencia de una neumonía, y dejó a Cannon al cargo de los volúmenes restantes. En 1924 publicó el último de los nueve volúmenes, completando así una vasta colección de casi un cuarto de millón de estrellas. En todos ellos aparecían los nombres de ambos como autores.

Por desgracia, Edward Pickering no vivió lo suficiente para ver cómo la Unión Astronómica Internacional adoptaba oficialmente el sistema de clasificación estelar de Harvard en 1922. En otro obituario, este dedicado a su mentor y colaborador más cer-



cano, Cannon escribió lo siguiente: «El legado que dejó al mundo fue la historia que el cielo nos ha contado durante los últimos treinta y cinco años, impresa en la colección de fotografías de Harvard».

#### OBSERVANDO EL INTERIOR DE LAS ESTRELLAS

Tenía una historia más para contar a mis alumnos que sería un gran colofón. En 1923 llegó otra mujer al Observatorio del Harvard College, pero no iba a formar parte del equipo de calculadoras. Cecilia Payne viajó desde Inglaterra para estudiar astronomía en el observatorio, gracias a una beca Pickering.

Unos años antes, mientras estudiaba física en el Newnham College para mujeres, perteneciente a la Universidad de Cambridge, Cecilia había asistido a una conferencia pronunciada por el astrónomo sir Arthur Eddington sobre su famosa expedición a África para fotografiar el eclipse solar de 1919. Las imágenes que Eddington trajo de vuelta confirmaron las predicciones de la teoría de la relatividad general de Einstein, y lo convirtieron en una celebridad de la noche a la mañana. Cecilia escuchó boquiabierta la conferencia de Eddington. De vuelta a su habitación de la universidad, transcribió todo lo que había escuchado de memoria, mientras las preguntas se arremolinaban en su mente.

Su experiencia en Cambridge como mujer, en aulas de física en las que los hombres eran mayoría, no fue la ideal. Se solía sentar en primera fila. La toleraban, pero no la aceptaban como una más. Los hombres de la clase nunca la invitaron a ser compañera de laboratorio. Desgraciadamente, me identifico con ella. Cuando en la década de 1990 era estudiante de física, setenta años después de la época universitaria de Cecilia, muy a menudo también era la única mujer tanto en el laboratorio como en las aulas. No es de extrañar, por tanto, que buscara una salida a su aislamiento explorando otras alternativas en la astronomía en lugar de en la física.