

PARALAJES

nº 1 2018

La revista del Instituto de Astrofísica de Canarias (IAC)

astrónomas
CON HISTORIA

mujeres en
ASTRONOMÍA

otras estrellas
DEL UNIVERSO

11 de FEBRERO
día internacional
de las Mujeres
y las Niñas en la Ciencia

GiPD
España 2017

el regreso de
HENRIETTA LEAVITT



PARALAJES

Nº1 2018

Paralajes es una publicación editada por la Unidad de Comunicación y Cultura Científica (UC3) del Instituto de Astrofísica de Canarias (IAC)

Dirección: Rafael Rebolo.

Coordinación y redacción: Carmen del Puerto.

Colaboradores: Julio Castro, Lucio Crivellari, Lydia González Orta, Silvia Granja, Iván Jiménez, Antonio Mampaso, Elena Mora, M. Ángeles Moreno, José Peña, Alejandra Rueda y Nayra Rodríguez.

Fotografías y composiciones artísticas: Inés Bonet, Pablo Bonet, Miguel Briganty, Antonio González, Pedro A. González Morales, Asier Hernández González, Daniel López, Pablo López, Elena Mora, Gabriel Pérez, Jorge A. Pérez Prieto, Pablo Rodríguez-Gil, Alfred Rosenberg y M. Rosa Zapatero. También, Archivo Harvard, ESA, NASA, Equipo de Ágora, Equipo GTC y Shelios y staryearth.

Diseño: Inés Bonet y Gabriel Pérez Díaz.

Portada: Henrietta Leavitt (1868-1921), astrónoma estadounidense que proporcionó una regla para medir grandes distancias en el Universo. Crédito: Harvard Smithsonian Center for Astrophysics.

Contraportada: IC1396. Nebulosa de emisión en Cefeo, constelación donde se encuentra delta Cephei, el prototipo de las estrellas variables Cefeidas estudiadas por Henrietta Leavitt. Crédito: Pablo A. González Morales y Jorge A. Pérez Prieto (IAM, IAC).

Depósito Legal: TF 917-2015

ISSN: 2444-8990

ÍNDICE

EDITORIAL: Mujeres en Astronomía	5
ASTRÓNOMAS CON HISTORIA	6
Hipatia de Alejandría, Caroline Herschel, Las Computadoras de Harvard, Mina Fleming, Cecilia Payne-Gaposchkin y Paris Pişmiş	
MUJERES EN ASTRONOMÍA	20
Mercedes Prieto Muñoz, Begoña García Lorenzo, María Jesús Arévalo, Elena Khomenko, Clara Régulo, Casiana Muñoz-Tuñón, Carme Gallart, Julia de León, Antonia M. Varela, Mary Barreto, Patricia Fernández Izquierdo y Teodora Viera	
DOCTORANDAS EN ASTROFÍSICA	50
EL PROGRAMA POSDOCTORAL DEL IAC	52
PROTAGONISTAS RECIENTES	54
Margherita Bettinelli, Cristina Ramos Almeida, Giussepina Bataglia, Josefa Becerra, Fatemeh Tabatabaei, Almudena Prieto, Susana Iglesias-Groth, Lara Monteagudo y Carme Gallart	
ASTROFÍSICAS EN LOS OBSERVATORIOS	58
Olga Zamora y otras mujeres	
ASTRÓNOMAS EN DIVULGACIÓN	60
Nayra Rodríguez Eugenio, María C. Anguita, Sandra Benítez, Laura Calero y otras mujeres de la UC3	
EN TORNO A LA INFORMÁTICA	62
GERENCIA CON NOMBRE DE MUJER	64
Margarita Ávila, Irene Fernández y Alejandra Martín	
CON "A" DE ADMINISTRACIÓN	66
OTRAS ESTRELLAS DEL UNIVERSO	68
Silvia Torres-Peimbert, Jocelyn Bell-Burnell, Sara Seagar, María Rosa Zapatero Osorio, Noemí Pinilla, Yun Wang, M. Dolores Rodríguez Frías y Gelys Trancho	
11 DE FEBRERO, DÍA INTERNACIONAL DE LAS MUJERES Y LAS NIÑAS EN LA CIENCIA	86
Habla con ellas: Mujeres en Astronomía	
GENDER IN PHYSICS DAY ESPAÑA 2017	90
Políticas de igualdad de género en Física	
La Comisión de Igualdad del IAC	
¿Qué tiene de particular la Física?	
EL REGRESO DE HENRIETTA LEAVITT	102
"De la escuela a la carrera investigadora pasando por el teatro"	
¿MAYOR VISIBILIDAD?	118

ENHEDUANNA

(2300 a.C.) La primera mujer astrónoma conocida; dirigió templos en Mesopotamia que servían de observatorios y creó los primeros calendarios.

AGLAONICE DE TESALIA

(s. II a.C.) Predijo momento y lugar de eclipses lunares en la Grecia Antigua y fue autora de tratados de fenómenos celestes.

HIPATIA DE ALEJANDRÍA

(s. IV-V) Maestra neoplatónica que escribió tratados de matemáticas y astronomía y mejoró el diseño de los primitivos astrolabios.

HILDEGARDA DE BINGEN

(1098-1179) La primera astrónoma que, observando noche y día el cielo, afirmó que el Sol era el centro del sistema planetario.

SOFÍA BRAHE

(1556-1643) Colaboró con su hermano Tycho en el catálogo de movimientos y posiciones planetarias que usó Kepler para sus leyes astronómicas.

MARIA CUNITZ

(1610-1664) Con su libro *Urania Propitia*, popularizó la astronomía de Kepler entre escolares.

MARIA WINCKELMANN

(1670-1720) La primera mujer que descubrió un cometa hasta entonces desconocido (C/1702 H1), atribuido a su marido.

MARIA EIMMART

(1676-1707) Realizó 250 dibujos de las fases de la Luna que sentaron las bases del mapa lunar.

NICOLE-REINE LEPAUTE

(1723-1788) Predijo la vuelta del cometa Halley y calculó el tiempo exacto del eclipse solar del 1 de abril de 1764.

CAROLINE HERSCHEL

(1750-1848) La primera astrónoma profesional con salario; trabajó con su hermano William, catalogó 2.500 nebulosas y descubrió 8 cometas.

WANG ZHENYI

(1768-1797) Con modelos que hacía en su jardín, explicó los eclipses lunares y la gravedad, que impide que nos caigamos de una Tierra redonda.

MARY SOMERVILLE

(1780-1872) Tradujo la Mecánica Celeste de Laplace y sugirió la existencia de un planeta más allá de Urano antes del descubrimiento de Neptuno.

CATERINA SCARPELLINI

(1808-1873) Relacionó los fenómenos meteorológicos con los astronómicos y catalogó cometas y lluvia de meteoros.

MARIA MITCHELL

(1818-1889) La primera astrónoma académica de Estados Unidos; descubrió con un telescopio el cometa que lleva su nombre.

WILLIAMINA FLEMING

(1857-1911) Descubrió la nebulosa de la Cabeza de Caballo y ocupó el primer cargo institucional del Observatorio de Harvard.

MARY ADELA BLAGG

(1858-1944) Compiladora de la nomenclatura lunar adoptada por la Unión Astronómica Internacional.

ANNIE CANNON

(1863-1941) Catalogó las estrellas según su luminosidad; su sistema de clasificación espectral OBAFGKM es el usado hoy en día.



ANTONIA MAURY

(1866-1952) Inventó un sistema de clasificación espectral con subíndices para las diferentes luminosidades de cada tipo estelar.

HENRIETTA LEAVITT

(1868-1921) Descubrió la relación entre la luminosidad y el periodo de las estrellas variables cefeidas para medir la distancia a galaxias lejanas.

LOUISE JENKINS

(1888-1970) Estudió la paralaje trigonométrica de estrellas próximas y fue coeditora de *The Astrophysical Journal*.

CHARLOTTE SITTERLY

(1898-1990) Elaboró las tablas de niveles atómicos de energía que se usan de referencia e identificó el tecnecio en la luz solar.

CECILIA PAYNE

(1900-1979) La primera mujer en hacer una tesis en Astronomía; demostró que el hidrógeno es el principal componente de las estrellas.

PARIS PIŞMIŞ

(1911-1999) Maestra de astrónomos, compiló el catálogo que lleva su nombre de cúmulos estelares y globulares del Hemisferio Sur.

RUBY PAYNE-SCOTT

(1912-1981) Fue la primera radioastrónoma; demostró que el magnetismo terrestre no tiene apenas incidencia en los seres humanos.

KATHERINE JOHNSON

(1918-) Experta en navegación astronómica, fue una de las tres mujeres afroamericanas de la NASA que permitió al *Apolo XI* alcanzar la Luna.

MARGARET BURBIDGE

(1919-) Descubrió, con su marido Geoffery, que los cúasares se están alejando a gran velocidad y son los objetos más distantes del Universo.

ASSUMPCIÓ CATALÀ

(1925-2009) Estudió la nube de cometas de Oort y fue la primera mujer con un cargo de astrónoma profesional en la universidad española.

VERA RUBIN

(1928-2016) Midió la rotación de las estrellas dentro de una galaxia poniendo de manifiesto la existencia de la materia oscura.

SILVIA TORRES-PEIMBERT

(1940-) Reconocida por sus investigaciones en materia interestelar y actual presidenta de la Unión Astronómica Internacional.

CATHERINE CESARSKY

(1943-) Experta en astronomía de altas energías e infrarroja, fue la primera mujer en presidir la Unión Astronómica Internacional.

JOCELYN BELL

(1943-) Detectó por primera vez la señal en radio de un púlsar, pero fue excluida del Premio Nobel concedido por ese descubrimiento.

JILL TARTER

(1944-) Acuñó el término enana marrón y fue directora del Centro de Investigación SETI para la búsqueda de inteligencia extraterrestre.

MARGARET GELLER

(1947-) Una de las descubridoras de la Gran Muralla, la segunda superestructura más grande del Universo con infinidad de galaxias.

EDITORIAL

Mujeres en Astronomía

¿Por qué dedicar un número de *Paralajes* a Mujeres en Astronomía y su portada a la astrónoma americana Henrietta Leavitt? La respuesta hace referencia a dos compromisos adquiridos por el Instituto de Astrofísica de Canarias (IAC).

El primero, más general, se refiere a la voluntad de este centro de contribuir a reconocer la labor de las mujeres en ciencia y a hacer efectiva la igualdad entre hombres y mujeres en el terreno laboral que la realidad social demanda.

El segundo, más concreto y consecuencia del primero, es el cumplimiento de las acciones previstas en el marco del proyecto “El regreso de Henrietta Leavitt: de la escuela a la carrera investigadora pasando por el teatro”, una iniciativa del IAC en colaboración con la Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología (FECYT), del Ministerio de Economía, Industria y Competitividad del Gobierno de España, y en el que también han participado otras instituciones. Una de las actividades del proyecto incluía la edición de esta revista sobre “Mujeres en Astronomía” del pasado y del presente, con especial énfasis en las mujeres del IAC.

Por esta razón, en esta revista encontraremos a algunas astrónomas “con historia” por mérito propio, a algunas científicas que nos han visitado, a mujeres del IAC “con premio”, a coordinadoras de áreas de este instituto y a otras astrofísicas e ingenieras que dan prestigio al centro

y a los Observatorios de Canarias. Destacaremos a las protagonistas de descubrimientos recientes, a ingenieras cualificadas, a docentes universitarias, a organizadoras de congresos, a responsables de campañas de prospección astronómica, a mujeres del mundo de la informática... sin olvidar que en el IAC trabajan mujeres imprescindibles con puestos de gerencia, gestión y administración, así como periodistas y divulgadoras. Más de un centenar de mujeres “fichan” actualmente en el IAC. Aunque no todas aparecerán aquí con sus nombres y apellidos, la labor de este centro sería impensable sin ellas.

Recordaremos asimismo tres eventos organizados recientemente por el IAC con el fin de visibilizar a las mujeres vinculadas a la Ciencia y fomentar vocaciones científicas en niñas. Actividades que obtuvieron excelentes resultados, como la iniciativa “Habla con ellas”, con motivo de la celebración del 11 de Febrero, Día Internacional de las Mujeres y las Niñas en la Ciencia, el *Gender in Physics Day España 2017*, en el marco del proyecto europeo GENERA, con el lema “Políticas de igualdad de género en Física, de la

escuela a la carrera investigadora”; y, por último, el proyecto que mencionamos al principio en torno a la figura de Henrietta Leavitt, una astrónoma brillante que no tuvo en su momento el reconocimiento que se merecía.

Y para terminar, en este editorial de *Paralajes* no queremos dejar de mencionar a las mujeres que, de algún modo, estuvieron estrechamente vinculadas al IAC y que lamentablemente se fueron antes de tiempo, como Montserrat Anguera Gubau, Elena Torres Delgado, Irene González Hernández o Àngels Riera Mora. Porque también ellas, grandes mujeres, estarán siempre en nuestra memoria.

CARMEN DEL PUERTO

Jefa de la Unidad de Comunicación y Cultura Científica (UC3) del IAC.



Astrónomas con historia

Hipatia de Alejandría

Siglo IV. Egipto bajo el Imperio Romano. Las violentas revueltas religiosas en las calles de Alejandría alcanzan a su legendaria Biblioteca. Atrapada tras sus muros, la brillante astrónoma Hipatia lucha por salvar la sabiduría del Mundo Antiguo con la ayuda de sus discípulos.

(Extracto de la sinopsis de la película *Ágora*, de Alejandro Amenábar)

Hipatia es una de las primeras mujeres astrónomas y matemáticas de las que se tiene constancia histórica. Vivió en Alejandría (Egipto) en la segunda mitad del siglo IV de nuestra era y murió en el año 415, asesinada por un grupo de cristianos. Su padre, Teón, era miembro destacado del Museo (la Biblioteca) de Alejandría y un incansable estudioso y editor de los textos antiguos. Se conservan sus *Comentarios* (textos preparados para la enseñanza) de *Los Elementos*, de *Óptica* y de otras obras de Euclides, aunque su contribución más importante son los *Comentarios al Almagesto* de Ptolomeo y su *Manual de Tablas Astronómicas*. Teón dice en el preámbulo a su *Comentario al Almagesto* que “ha sido preparado por la filósofa, mi hija”. Ambos, Teón e Hipatia, enseñaban astronomía y matemáticas a alumnos procedentes de diversas zonas del Imperio Romano y realizaban observaciones astronómicas ayudados por una variedad de instrumentos que habían ido desarrollando generaciones previas de astrónomos desde al menos 600 años antes, desde la época de Hiparco, en el s. II a.e.

ANTONIO MAMPASO

La actriz Rachel Weisz en el papel de Hipatia de Alejandría en la película *Ágora*. Fotografías realizadas por Teresa Isasi y cedidas por MOD Producciones/Himenóptero para la exposición con motivo del Año Internacional de la Astronomía 2009 “¡ASTRONOMÍA, se rueda!”, en el Museo de la Ciencia y el Cosmos, de Museos de Tenerife, que mostraba los instrumentos astronómicos utilizados en el film. El astrofísico del IAC Antonio Mampaso fue precisamente el asesor científico de la película.



Caroline Herschel

Astrónoma con medalla de oro

El esfuerzo en el deporte tiene su recompensa y se colma de medallas; también en el campo de la ciencia, aunque no siempre si se trata de mujeres. En la última edición de los Juegos Paralímpicos, en Río de Janeiro, participaron 4.350 deportistas (2.700 hombres y 1.650 mujeres), con retos que conllevan un esfuerzo y compromiso hacia una meta única. Muchos y muchas lograron subir al podio, como lo hicieron los deportistas españoles en los pasados Juegos Olímpicos, con un total de 17 medallas: ocho para ellos y nueve para ellas. En Ciencia también se dan medallas, aunque no es frecuente que las reciban competidoras del sexo femenino. Sí obtuvo una medalla, y de oro, la astrónoma Caroline Herschel hace casi tres siglos, aunque siempre fue eclipsada por el brillo de su hermano. Aun así, ella fue una de las pocas excepciones en la historia de la Astronomía. Afortunadamente, aunque poco a poco, se va reconociendo que tanto mujeres como hombres pueden alcanzar grandes logros científicos.

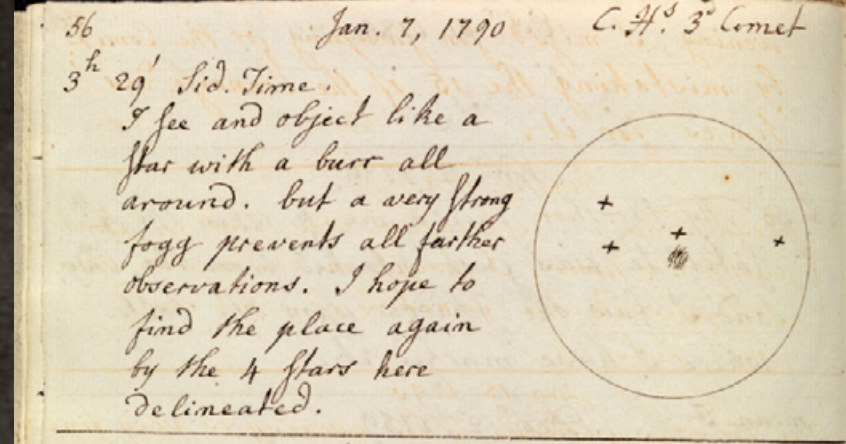
Caroline Lucretia Herschel nació el 16 de marzo de 1750, en Hannover (Alemania). Hermana del astrónomo y músico William Herschel (1738-1822) –descubridor del planeta Urano y uno de los astrónomos más famosos–, abandonó su profesión de cantante de ópera para dedicarse a las Matemáticas y al estudio del firmamento junto con su hermano. Ambos se centraron en el estudio del Universo: él realizaba las observaciones; ella, los cálculos. Juntos trabajaron en el diseño y construcción de sus propios telescopios.

Considerada la primera mujer científica remunerada, fue la primera astrónoma profesional de lav corte del rey Jorge III de Inglaterra, con un salario anual pagado por el monarca como ayudante de su hermano. Halló ocho cometas y elaboró un catálogo de diversos objetos celestes. También, pulía con habilidad los espejos de los telescopios que ambos poseían y construían.



Mientras su hermano William observaba el firmamento, ella anotaba los detalles y realizaba los cálculos, hallaba qué estrellas de referencia debían emplear, preparaba la catalogación de objetos, acumulaba datos para las publicaciones y revisaba las observaciones. De modo que las investigaciones y hallazgos astronómicos eran fruto de una participación conjunta. Los hermanos Herschel llegaron a descubrir 2.500 objetos celestes, entre cúmulos, galaxias y nebulosas. Formaron un equipo de trabajo que les permitió realizar grandes descubrimientos astronómicos y avances científicos en el desarrollo de la construcción de telescopios.

Por cierto, el Telescopio William Herschel (WHT, por sus siglas en inglés), ubicado en el Observatorio del Roque de los Muchachos, en Garafía (La Palma), recibió su nombre en honor de William. Con un espejo primario de 4,2 m, y hasta la construcción del Gran Telescopio Canarias (GTC), era el mayor de su clase en Europa. Uno de los resultados más destacados obtenidos con este



Observación de un cometa en 1790 por Caroline Herschel. Crédito: Royal Astronomical Society.

telescopio fue la confirmación del primer candidato a agujero negro, V404 de la constelación del Cisne, o su contribución a la prueba de la expansión acelerada del Universo. El WHT permite desarrollar importantes observaciones astronómicas que abarcan desde longitudes de ondas ópticas hasta el infrarrojo cercano, así como la realización de imágenes y espectros electromagnéticos, con exposiciones profundas para la observación de objetos lejanos, como galaxias débiles.

Caroline descubrió dos cúmulos abiertos en 1783 y observó que existían muchos más en el Universo. El 1 de agosto de 1786, halló su primer cometa, descrito como “el primer cometa femenino”. Le valió el reconocimiento de la comunidad científica y la asignación de un sueldo de 50 libras anuales. Tras este cometa, descubrió siete más. Entre ellos destaca el cometa periódico 35P/Herschel-Rigollet, además de tres nebulosas.

También revisó y ordenó el catálogo de estrellas fijas, *Historia Caelestis Britannica*, elaborado por el astrónomo John Flamsteed. Así, en el año 1798, envió a la Royal Astronomical Society su “Índice de Observaciones de Estrellas Fijas de Flamsteed”, al que incorporó una lista de 560 estrellas que habían sido omitidas por el astrónomo británico.

Nebulosas, estrellas binarias, galaxias espirales e irregulares y cúmulos abiertos formarían parte de sus hallazgos, que fueron incluidos en el catálogo elaborado por su hermano William. En la actualidad, los objetos de cielo profundo que ella descubrió figuran en el *New General Catalogue*. Y alguno de los “Objetos Messier”, como el cúmulo abierto localizado en Hydra, M48, y una de las dos galaxias irregulares satélites de Andrómeda, M10, fueron redescubiertos y registrados correctamente por Caroline.

Tras la muerte de su hermano en 1822, ella continuó trabajando en las observaciones astronómicas. Publicó el catálogo de 1.500 nebulosas descubiertas por ambos y, por ello, en 1828, la Royal Astronomical Society le concedió la Medalla de Oro. A la edad de 85 años, fue nombrada miembro honorario de esta Sociedad, junto con la matemática y astrónoma Mary Somerville. Ambas fueron las primeras mujeres en recibir este título, aunque siguió quedando restringido el ser miembro de pleno derecho por estar vetado a las mujeres.

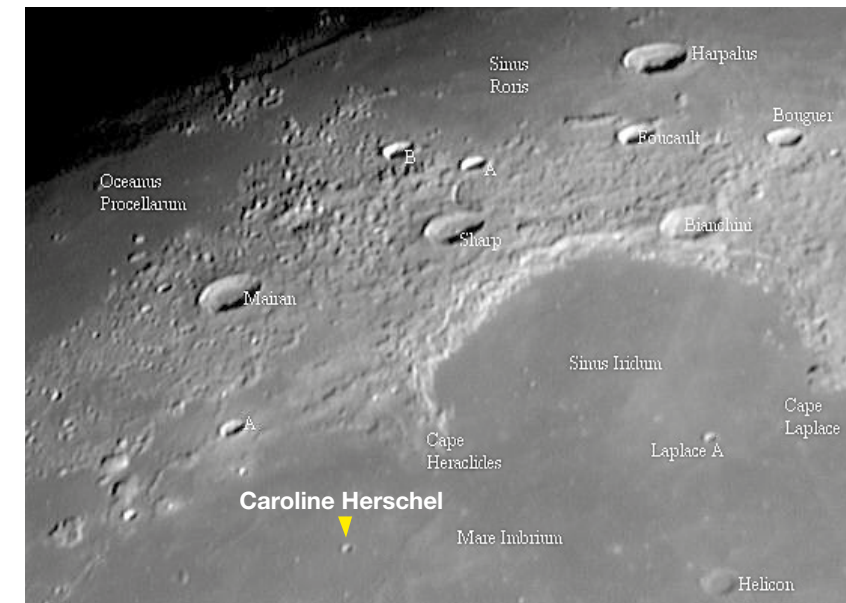
Años después, Caroline fue nombrada miembro honorario de la Academia Real de Irlanda, y en 1846, el rey Federico Guillermo IV de Prusia le otorgó la Medalla de Oro de la Ciencia.

Su trabajo quedó registrado, y su carrera como astrónoma fue reconocida en el ámbito académico y científico. Su nombre también se rememora en el firmamento. Un cráter de la Luna lleva su nombre y apellido “Caroline Herschel”, y un asteroide, su segundo nombre, “Lucretia”. Esta astrónoma falleció el 9 de enero de 1848, no sin dejarnos un extraordinario legado astronómico.

Inspirada en su dedicación y vocación como astrónoma, la escritora norteamericana Adrienne Rich (1929-2012) le dedicó un poema en 1968 evocando la ciencia que esta mujer logró realizar en el siglo XIX.

(Este artículo fue publicado en el blog “Vía Láctea, S/N” el 7 de septiembre de 2016).

M. ÁNGELES MORENO



Las Computadoras de Harvard

Hay quien sostiene que, cuando el director del Observatorio de la Universidad de Harvard, Edward Pickering, seleccionó a un equipo de mujeres para analizar placas fotográficas del cielo nocturno, quizás estuviera más motivado por sacar el máximo rendimiento a su presupuesto que por ofrecer a sus empleadas un trabajo acorde con su valía.

Antes de que se inventasen los ordenadores, los datos que se obtenían de las observaciones del cielo nocturno se analizaban manualmente. Las personas que realizaban esos cálculos eran conocidas como “computadoras”. Si por el contrario se dedicaban solamente a observar, se las llamaba “observadoras”, y si su tarea era anotar los datos recogidos, “registradoras”.

Entre 1877 y 1918, Edward Pickering contrató a varias decenas de mujeres. La persona que le recomendó hacerlo fue María Mitchell, la primera profesora estadounidense de Astronomía y, posteriormente,

directora del Vassar College, donde formaba a mujeres para que se dedicasen a este campo como profesionales. Ella le sugirió a Pickering contratar mujeres porque las consideraba más hábiles realizando trabajos tediosos y que requerían gran paciencia. Aunque Mitchell siempre luchó por equiparar los salarios femeninos y masculinos, Pickering podía contratar a dos científicas por el mismo precio que tendría que pagar a un investigador. Las “Computadoras de Harvard” trabajaban días completos, seis días a la semana y cobraban entre 25 y 50 centavos la hora.

Los resultados obtenidos por estas mujeres supusieron numerosos avances y beneficios para la Astronomía aunque no siempre se reconoció y premió debidamente el trabajo de las cerca de 80 investigadoras que pasaron por el Observatorio en esa época.

DESCUBRIMIENTOS CON NOMBRE DE MUJER

Williamina Fleming fue la primera de estas famosas “Computadoras de Harvard”. Embarazada y tras ser abandonada por su marido, comenzó a trabajar para Pickering como empleada del hogar. El director del Observatorio estaba muy disgustado con el trabajo de su ayudante masculino y terminó sustituyéndolo por Fleming, quien descubrió la Nebulosa de la Cabeza del Caballo y elaboró el primer Catálogo Draper de espectros estelares clasificando 10.351 estrellas en 17 categorías gracias al sistema que lleva su nombre. También fue la primera en proponer la utilización de letras para la clasificación estelar de acuerdo con la cantidad de hidrógeno observada en los espectros.

Algunas de las mujeres que trabajaban en el Observatorio eran especialistas en Física y Astronomía, como es el caso de **Annie Cannon**. Ella creó el sistema de clasificación estelar que aún hoy se utiliza y que se vale de 7 letras (O, B, A, F, G, K, M) para organizar las estrellas de las más calientes a las más frías, correspondiendo O a las gigantes azules y M a las enanas rojas.

Henrietta Leavitt, tras formarse en el Radcliff College, entró a trabajar en el Observatorio de Harvard como voluntaria en 1895, pero no fue contratada hasta

siete años después para comparar estrellas variables. Superponía una placa fotográfica sobre otra para detectar la variación del brillo de las estrellas. De esta manera encontró aproximadamente 2.400 estrellas variables y descubrió el patrón variable de las Cefeidas gracias al que se pudieron calcular muchas distancias relativas y absolutas entre estrellas. Su candidatura para el Premio Nobel llegó cuatro años tarde: había fallecido a causa de un cáncer en 1921.

Margaret Harwood también estudió en Radcliffe y, más adelante, en la Universidad de California-Berkeley. Se convirtió en una de las “Computadoras de Harvard” y ocupó el puesto de directora del Observatorio Maria Mitchell en Nantucket, Massachusetts. Su carrera se vio obstaculizada cuando en 1917 descubrió un asteroide que, cuatro días después, fue avistado por el también astrónomo George H. Peters. A pesar de no corresponderle, fue a Peter a quien se le atribuyó el logro.

Cecilia Payne-Gaposchkin fue la primera en aplicar las leyes de la Física atómica al estudio de la densidad de los cuerpos estelares y concluyó que el hidrógeno y el helio son los dos elementos más comunes del Universo. Su tesis fue considerada durante mucho tiempo la más brillante en Astronomía. En 1956 se convirtió en la primera mujer en alcanzar el puesto de profesora



asociada en Harvard y, posteriormente, la primera en dirigir un departamento.

Florence Cushman trabajó en el Observatorio de Harvard durante cerca de 50 años, entre 1888 y 1937. Colaboró con Annie Cannon en el cuidadoso proceso de observación y clasificación de estrellas para el catálogo Henry Draper entre 1918 y 1934.

Antonia Maury mejoró el sistema de clasificación de Annie Cannon y su trabajo es considerado un elemento integral en el desarrollo de la Astrofísica teórica. Colaboró con Pickering identificando estrellas binarias. Tras un tiempo realizando tareas rutinarias, dejó el Observatorio y se dedicó a la enseñanza. En 1935 se convirtió en conservadora del Observatorio y Museo Draper en Hastings-on-Hudson.

Evelyn Leland fue una astrónoma americana que trabajó en el Harvard College Observatory con Edward Pickering entre 1889 y 1925. Allí estudió espectros estelares, descubrió estrellas variables y publicó sus resultados junto con otras personas del Observatorio.

Mary H. Vann, Alta Carpenter, Dorothy Black, Marion Whyte, Grace Brooks, Johanna Mackie, Arville D. Walker, Edith F. Gill, Mabel A. Gill, Lillian L. Hodgdon, Ida E. Woods, Agnes M. Hoovens, Mary B. Howe, Harvia H. Wilson y Margaret Walton son sólo una pequeña muestra de esas científicas que reclamaron el lugar de las mujeres en la Astronomía. Un camino que doscientos años después continúa lleno de obstáculos.

Este artículo, publicado en el blog del IAC “Vía Láctea, S/N”, se escribió en el marco del proyecto “El regreso de Henrietta Leavitt. De la escuela a la carrera investigadora pasando por el teatro”, una iniciativa del Instituto de Astrofísica de Canarias (IAC), con la colaboración de la Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología (FECYT), del Ministerio de Economía, Industria y Competitividad.

ALEJANDRA RUEDA

En la imagen superior, Annie Jump Cannon. En la inferior, Edward Pickering con astrónomas de su equipo. En la página anterior y en la siguiente página, otras imágenes de las Computadoras de Harvard. Crédito: Harvard University Archives.



Mina Fleming

Esta mujer escocesa, empleada en la casa del director del Observatorio de Harvard, terminó siendo una pieza clave en la aparición de la Astrofísica.

“¡Hasta mi criada haría un trabajo mejor!”, pero el profesor Pickering jugaba con las cartas marcadas cuando les lanzó estas palabras de “ánimo” a sus ayudantes en Harvard. Delante de ellos se acumulaban las placas fotográficas con los espectros estelares más detallados captados hasta la fecha. Las primeras placas de una enorme serie que, a la postre, estaría llamada a ser la llave con la que la vieja Astronomía daría paso a una ciencia nueva: la Astrofísica.

Cómo es la vida, un día tienes 19 años y el tiempo se te escapa. Rompes a correr sin rumbo, provocando al destino, te casas, te largas lejos y antes de dos años estás sola, en la calle, preñada y a 5.000 km de casa. Estos pensamientos debían rondar la mente de Mina Fleming en la primavera de 1879 mientras se sobreponía a los quiebro de la vida y se guardaba sus seis años de prácticas de magisterio para buscar un trabajo urgente de criada. Su vieja Dundee natal no era, desde luego, sitio para una mente inquieta, más allá de un duro pero estable futuro en la floreciente industria textil de fibra de yute o en las fábricas de mermelada. Al igual que tampoco su marido, James Fleming, un contable bancario, viudo y 15 años mayor, era, probablemente, su compañero de viaje ideal. Sea como fuere, Mrs. Fleming encontró refugio, y trabajo, en el servicio doméstico de la casa del director del Observatorio de la Universidad de Harvard, el profesor Edward Charles Pickering.

Williamina Paton Stevens Fleming tenía una personalidad magnética y un rostro atractivo, con ojos brillantes y vivos que aumentaban el encantador efecto que, al entrar, dejaba en el aire un saludo alegre, adornado de acento escocés. A Edward Pickering, entre cuyas habilidades estaba la de identificar el talento, no le pasó desapercibido ni un instante que, además, la nueva sirvienta tenía una educación e inteligencia claramente superiores. Así que esperó a que volviera de Escocia, a donde Williamina había regresado para dar a luz a su hijo y, conforme puso el pie de nuevo en Boston



en abril de 1881, le ofreció trabajo en el Observatorio. De momento, como ayudante en tareas administrativas y para hacer cálculos rutinarios en los que, en su visión de entonces, una mujer mostraría especial destreza. Al menos, más que sus ayudantes varones.

Pickering era un profesor de Física al mando de un observatorio astronómico, lo que no fue fácil de asumir para la vieja guardia de Harvard. Creía que era el momento de introducir nuevos métodos. Dejar atrás la antigua astronomía de posición y movimientos para dar paso a la fotometría y los estudios espectrales. Y aunque aún sin la base física que permitiera conocer la naturaleza de los objetos, tenía claro que el camino era la obtención y clasificación de la mayor cantidad de datos. Para ello, al igual que hiciera Piazzi Smyth en su pionera campaña en Tenerife, puso la técnica delante del carro de la ciencia. Con el apoyo de su hermano menor, William Henry, comenzó por adoptar el método de obtención de espectros estelares mediante la colocación de un prisma en el objetivo del telescopio, para seguir mejorando las técnicas espectroscópicas a lo largo de toda la década de los 80. Como siempre en ciencia, Pickering viajaba a hombros de gigantes en su empresa. Antes que él, las primeras descripciones de los espectros de Sirio y Arturo de William Herschel (1798), la clasificación de las líneas del espectro del Sol de Joseph von Fraunhofer (1814), la identificación de elementos químicos en la atmósfera solar por Gustav Kirchhoff y Robert Bunsen (1861), las primeras placas y clasificaciones de espectros estelares de Lewis Rutherford (1862) y, finalmente, el meticuloso trabajo del Padre Angelo Secchi durante la década de los 60 (siempre s. XIX) que culminó en la primera clasificación de estrellas por su

distribución de líneas espectrales, es decir, de momento, por los componentes químicos de sus atmósferas (1867).

En 1886 llegó el dinero de la viuda de Henry Draper, un pionero en la obtención de fotografías de espectros de estrellas. En memoria de su marido y para la finalización de su sueño de realizar un gran catálogo, interrumpido por una muerte prematura, Mary Draper decidió financiar los trabajos de Pickering. Fiel a su pragmatismo y poco complejo ante las novedades, Pickering no perdió un momento. Su experiencia con Williamina Fleming no podía haber sido mejor, así que contrató a otras nueve mujeres. Mujeres para realizar los cálculos rutinarios y la clasificación de los espectros en las placas fotográficas. Un equipo de calculadoras humanas que pasarían a ser conocidas como “las Computadoras de Harvard” o “el harén de Pickering”, según se fuera mejor o peor intencionado. Un grupo de mujeres que seguiría aumentando en los años siguientes y entre las que se encontrarán algunos de los más relevantes astrofísicos de la historia. Un auténtico chollo, al fin, para el pragmático Pickering, que se hizo con un brillante equipo de 10 especialistas al precio de 5 ayudantes varones. Como responsable nombró a Nettie Farrar, que tan sólo unos meses después abandonaría su carrera para casarse. Una decisión de hace 130 años sobre cuya proyección en el presente podríamos reflexionar. Pickering no tuvo dudas: Nettie sería sustituida por Mrs. Fleming.

Laboriosa, incansable y con el coraje suficiente para defender sus resultados, Williamina identificó y clasificó los espectros de más de 10.000 estrellas. Amplió la clasificación de 4 grupos de Secchi e introdujo un nuevo esquema basado en 16 tipos, tomando como referencia las líneas de absorción del Hidrógeno, identificados alfabéticamente desde A a N (saltando la J), más las letras O para estrellas con líneas brillantes de emisión, P para nebulosas planetarias y Q para las estrellas que no encajaban en los grupos anteriores. Esta primera entrega del catálogo Draper, en compensación por la financiación recibida, la publicó Edward Pickering en 1890 sin figurar Fleming como autora (aunque sí está citada en el interior y, posteriormente, no dudó en hacer reconocimiento público de su autoría) y es la base de la clasificación espectral hoy en uso (clasificación de Harvard). La llegada de espectros cada vez de mayor resolución y la instalación de un telescopio en Arequipa, Perú, en el Hemisferio Sur, permitió al equipo dirigido por Fleming y Pickering evolucionar en la clasificación, sobre todo con las decisivas aportaciones de otras dos “calculadoras”, Antonia Caetana Maury y Annie Jump Cannon, que reordenaron los grupos espectrales y aumentaron el número de estrellas clasificadas. En la publicación de las extensiones del catálogo Draper lideradas por Maury (1897) y Cannon (1901 y varias otras hasta su muerte en 1941) ya figuran ellas como las autoras del trabajo. En total, las

clasificaciones de estrellas llevadas a cabo por estas mujeres fueron más de 400.000.

La aportación de Williamina Fleming podría considerarse decisiva y envidiable para cualquier astrónomo hasta aquí. Pero se le debe sumar el descubrimiento de 10 supernovas y más de 300 estrellas variables, de las que midió la posición y magnitud de 222 de ellas (1907), como parte de la línea de trabajo que llevaría a otra eminente “computadora de Harvard”, Henrietta Swan Leavitt, a realizar uno de los descubrimientos fundamentales de la Astrofísica: la relación periodo-luminosidad de las Cefeidas, la base de la medición de distancias en el Universo. Finalmente, 59 nebulosas, entre las que se encuentra uno de los objetos más hermosos y fotografiados del firmamento, la nebulosa Cabeza de Caballo en la constelación de Orión (1888). Uno solo de estos descubrimientos serviría para compensar los sacrificios de cualquier astrónomo. Antes de que una neumonía se llevara a Mina a los 54 años, aún le dio tiempo a publicar una última clasificación de un tipo de estrellas con un espectro especialmente particular y color blanco que daría lugar a lo que, posteriormente, se denominaron “enanas blancas”.

El éxito en el desempeño de sus tareas y su capacidad de trabajo terminaron cargándola con tareas más prosaicas que la alejaban, con fastidio por su parte, de la ciencia. Mrs. Fleming fue nombrada Conservadora de la colección fotográfica del Observatorio, siendo este el primer cargo orgánico ocupado por una mujer. Pero también gastó innumerables horas, por ejemplo, en labores de edición y corrección de los Anales de Harvard. Su sueldo “de mujer”, muy inferior al de sus compañeros varones, fue otro de sus fastidios y motivos de protesta permanentes, puede que parcialmente compensado, a cambio, por el reconocimiento y honores que tuvo de numerosas Sociedades Astronómicas.

En alguna tarde de domingo, quizás a la vuelta del estadio de fútbol americano tras ver a los Harvard Crimson, mientras sus manos zigzagueaban rematando con la aguja un precioso traje de muñeca vestida al más completo estilo de los Highlands escoceses y sus pensamientos divagaban libres entre preocupaciones cotidianas y desvelos de madre, puede que volvieran a rondar por su mente reflexiones acerca de los meandros del azar y de cómo es la vida.

Este artículo fue publicado en la versión digital del periódico *El País/Materia* con fecha 29 de octubre de 2015 y en el blog “Vía Láctea, S/N” el 30 de octubre de 2015.

Cecilia Payne-Gaposchkin

Trabaja con amor, acepta lo inesperado, no dejes que nadie más tome decisiones intelectuales por ti y permanece siempre en contacto directo con la fuente.

(Cecilia Payne-Gaposchkin)



Cuando completó sus estudios en Cambridge, no obtuvo la certificación de su carrera ya que esta universidad no acreditó a las mujeres hasta la segunda mitad del siglo XX. Desilusionada por sus perspectivas de futuro en Inglaterra, solicitó una beca en el Harvard College Observatory, que se convirtió en su hogar hasta el día de su muerte, el 7 de diciembre de 1979.

Después de obtener la ciudadanía estadounidense, Payne realizó un viaje por Europa en 1933. A lo largo del recorrido visitó varios países, entre ellos Alemania, donde conoció al que un año después se convertiría en su marido, Sergei I. Gaposchkin, cuyo apellido se incorporó al suyo. Por eso también se la conoce como Cecilia Payne-Gaposchkin. Tras la boda, se asentaron en la ciudad de Lexington (Massachusetts), donde tuvieron tres hijos. La familia formó parte de la primera iglesia unitaria de la localidad y ella enseñó en la escuela dominical. También fue muy activa con los cuáqueros de la comunidad.

DOCTORADO EN ASTRONOMÍA

El astrónomo Harlow Shapley persuadió a Payne para que escribiera una tesis doctoral, por lo que en 1925 se convirtió en la primera persona en obtener un doctorado en Astronomía en Radcliffe, la vertiente femenina de la Universidad de Harvard. El título de su tesis fue “Atmósferas estelares, una contribución al estudio observacional de la alta temperatura en las capas internas de las estrellas” y apareció en forma de monográfico en el primer número de la publicación del Observatorio de Harvard. Los astrónomos Otto Struve y Velta Zeberg lo llamaron “indudablemente la tesis de doctorado más brillante jamás escrita en Astronomía”; y, a raíz de ella, en 1926, cuando tenía 26 años, se convirtió en la científica más joven en entrar en la lista “American Men of Science”.

Payne permaneció científicamente activa durante toda su vida, pasando toda su carrera académica en Harvard, a la que alguna vez se refirió como “una madrastra de corazón de piedra”. Cuando llegó a esta universidad, no tenía un cargo oficial y durante 11 años fue considerada “asistente técnica” de su director. Hubo momentos en los que barajó la posibilidad de abandonar como consecuencia de su bajo estatus y el pobre salario que recibía. Sin embargo, Shapley se esforzó hasta conseguir que en 1938 recibiese el título de “Astronomer” y, posteriormente, ascendiese a “Philips Astronomer”. En 1943 fue elegida miembro de la Academia Estadounidense de las Artes y las Ciencias.

Donald Menzel, cuando fue nombrado Director del Harvard College Observatory en 1954, continuó la labor de su predecesor intentando mejorar el estatus de Payne. En 1956 se convirtió en la primera mujer en ser profesora titular dentro de la Facultad de Artes y Ciencias de Harvard. Más tarde se convirtió también en la primera mujer en dirigir un departamento en Harvard optando a la Cátedra del Departamento de Astronomía.

LOGROS CIENTÍFICOS

Entre sus aportaciones a la Astronomía, la más destacada fue relacionar las clases espectrales de las estrellas con sus temperaturas reales aplicando la entonces reciente teoría de la ionización del físico indio Meghnad Saha. Demostró que la variación en las líneas de absorción estelar se debía a las diferentes cantidades de ionización a diferentes temperaturas, no a diferentes cantidades de elementos. Descubrió que el silicio, el carbono y otros metales comunes que se ven en el espectro del Sol estaban presentes en aproximadamente las mismas cantidades relativas que en la Tierra, de acuerdo con la creencia aceptada de la época, que sostenía que las estrellas tenían aproximadamente la misma composición elemental que la Tierra. Sin embargo, también descubrió que el helio y particularmente el hidrógeno eran mucho más abundantes. Su tesis estableció que el hidrógeno era el elemento principal de las estrellas y, en consecuencia, el elemento más abundante en el Universo.

Cuando se revisó la tesis de Payne, el astrónomo Henry Norris Russell quiso que la corrigiese para que no concluyese que la composición del Sol era fundamentalmente hidrógeno y, por lo tanto, muy diferente a la de la Tierra, lo que contradecía a la teoría cosmológica del momento. Como no estaba de acuerdo con ella, determinó que el resultado de la tesis de Payne era “espuria”. Sin embargo, cuatro años después, tras obtener los mismos resultados que ella por

diferentes medios, tuvo que rectificar y reconocer el trabajo y el descubrimiento de Payne, lo que hizo en un breve artículo. A pesar de ello, a menudo se le atribuyen las conclusiones a las que Cecilia había llegado antes que él.

Entre 1920 y 1979 publicó alrededor de 150 artículos y algunos monográficos, incluido “Las estrellas de alta luminosidad” (1930) y una enciclopedia de Astrofísica y Estrellas Variables (1938), un manual de Astronomía escrito con su marido. También publicó cuatro libros en la década de los años 50 sobre estrellas y evolución estelar. Además, aunque se había retirado de su puesto en Harvard en 1966, recibió el título de profesora emérita de esta universidad el año siguiente; y continuó escribiendo hasta su muerte. Su autobiografía fue publicada en 1984 bajo el título *Cecilia Payne-Gaposchkin: una autobiografía y otros recuerdos*.

Fue elegida como miembro de la Royal Astronomical Society en 1923 mientras era estudiante en Cambridge; y, un años después, pasó a formar parte también de la American Astronomical Society. En 1934 recibió el premio Annie Jump-Cannon por sus contribuciones a la Astronomía; en 1936 fue elegida miembro de la Sociedad Filosófica Americana; y, en 1977, el planeta menor 1974 CA fue llamado Payne-Gaposchkin en su honor.

MUJERES EN CIENCIA

Según Gabriele Kass-Simon y Patricia Farnes, en su libro *Women of Science*, la carrera de Payne marcó un punto de inflexión en el Observatorio de la Universidad de Harvard. El Observatorio ya había ofrecido más oportunidades en Astronomía a las mujeres. Williamina Fleming, Antonia Maury, Annie Jump Cannon y Henrietta Swan Leavitt consiguieron notables logros a principios de siglo. Sin embargo, gracias al doctorado de Payne-Gaposchkin y al reconocimiento de su trabajo, las mujeres entraron en la “corriente principal”. El camino que ella abrió a la comunidad científica predominantemente masculina fue una inspiración para muchas mujeres.

Al mirar hacia atrás, el panorama del conocimiento humano a lo largo de su larga carrera y al pasar de la evolución del conocimiento científico a la evolución de la cultura, en su autobiografía, Cecilia Payne reflexionó sobre lo que se necesita para anular las fuerzas de la resistencia:

He alcanzado una altura que nunca, en mis sueños más salvajes, habría previsto hace 50 años. Ha sido un caso de supervivencia, no de ser la más apta, sino de ser la más tenazmente persistente. No estaba apuntando de forma consciente al punto al que finalmente llegué. Solo seguí andando, recompensada por la belleza del paisaje, hacia un objetivo inesperado.

LUCIO CRIVELLARI Y ALEJANDRA RUEDA

Paris Pişmiş

La astrónoma turca con pasaporte mexicano

En 1994 tuve la oportunidad de entrevistar a Paris Pişmiş (las eses de su apellido llevan cedilla) durante su estancia en el IAC. Falleció en 1999, cuando tenía 88 lúcidos años. Hoy la recuerdo porque fue una eminente astrónoma y, sobre todo, una gran mujer. Su peculiar historia comparte escenario con la novela de Kenizé Mourad *De parte de la princesa muerta*. Como el personaje de la literatura, contaba que “vivió de niña la vigorosa revuelta de Mustafá Kemal (Atatürk, ‘el padre de los turcos’), que acabó con el decadente régimen de sultanato en Turquía”. También viajó y dejó parte de su vida en otros países, tan diferentes como Estados Unidos y México. Se confesaba una viajera incansable, atrevida y sencilla a la vez. Orgullosa de ser mujer de Ciencia, mantenía que la mente humana no tiene límite y que nada reemplaza al sentido común. Vinculada a la Universidad de Harvard en su juventud, la profesora Paris Pişmiş fue miembro del Instituto de Astronomía de la UNAM (Universidad Nacional Autónoma de México) y una de las astrónomas de mayor prestigio del mundo.

Hija de armenios, Paris Pişmiş nació en Estambul (Turquía), hacía más años de los que en realidad aparentaba en el momento de la entrevista. Su ilustre apellido, que en turco significa “bien cocido” o “bien maduro”, es algo así como un título nobiliario que le fue concedido al abuelo de su abuelo, entonces Ministro de Finanzas en Turquía, por cierto sultán en dificultades.

Además de armenio y turco en la “escuela primaria”, tuvo que aprender inglés y francés en la “escuela secundaria y preparatoria”. “Era una escuela americana -la American Mission Board-, que trataba de hacerse conocer en los ahora llamados países del Tercer Mundo, y Turquía era uno de ellos”, señalaba. Pese a las dificultades iniciales para seguir regularmente los cursos en inglés, Paris Pişmiş llegó a ser la primera de su promoción. Su idioma predilecto era



el alemán; la inspiración de aprenderlo provenía de su gran afición: cantar *Lieder* de Schubert.

Después, las matemáticas llamaron su atención, que por su dificultad era algo a lo que las mujeres no solían acceder, según la creencia de entonces. Sin embargo, “si Madame Curie pudo hacer trabajos teóricos, por qué yo no”, se dijo. Paris Pişmiş tenía 18 años y todo el empeño por vencer el reparo a que ella, de buena familia y educada en escuelas femeninas, fuera a la universidad, donde se pensaba que las mujeres iban a divertirse o a encontrar marido. Expresado con sus propias palabras, lloró sistemáticamente hasta convencer a sus padres de que debía seguir estudiando.

En los últimos años de carrera, estudió Astronomía Teórica, llamando ya entonces la atención de su profesor. Pero tan pronto terminó los cursos, la Universidad tomó una dirección nueva. “Todos los maestros fueron jubilados y sustituidos por profesores que venían de Alemania, que escapaban de Hitler. La Universidad se llenó de profesores extranjeros, el 90%. También vinieron astrónomos conocidos, y yo trabajé con alguno de ellos, como Finley Freundlich, quien a diferencia de mis anteriores maestros sí había hecho investigación. Con mucha ilusión, empecé a trabajar con Freundlich, aprendí con él la astrofísica que no sabía y traduje sus cursos del inglés al turco; mientras tanto perfeccioné el alemán.”

Tras obtener el doctorado en Turquía, con una tesis dirigida por Freundlich sobre la rotación de nuestra galaxia, Paris Pişmiş permaneció más de tres años en Estados Unidos, en la sección de Astronomía de la Universidad de Harvard. Por esta universidad, la de mayor prestigio en aquella época, pasaban los astrónomos famosos, especialmente en 1939 (Shapley, Morgan...), con motivo de lo que fue la primera “escuela de verano”, en la que Pişmiş participó.

Tras casarse con Félix Recillas, un mexicano que conoció en Harvard estudiando Astronomía y después prestigioso doctor en Matemáticas, se marchó a México justo cuando se inauguraba el Observatorio de Astrofísica de Tonantzintla, y allí aprendió español, su sexto idioma. Cuatro años después estuvo de nuevo en Estados Unidos con una beca Guggenheim y de regreso a tierras mexicanas se incorporó a la Universidad, que tenía el Observatorio de Tacubaya, creado en 1878. “Allí empezamos a formar estudiantes. Yo era la encargada de impulsar y darle ‘sabor’ a la Astronomía. Tenía tres jóvenes que venían de la Facultad de Ciencias, Física y Matemáticas, con ellos empezamos a trabajar. Trataba de mostrar lo que tenía la Astronomía: teoría, por ejemplo, para que se dieran cuenta de que la Astronomía no era sólo ‘bla, bla, bla’, sino que tiene raíces.”

Fue miembro emérito formal de la UNAM. “En México –subrayaba- no se tiene que hablar necesariamente de jubilación. Disfruto de todos los derechos de mi instituto, no estoy jubilada y sigo trabajando. No lo hago muy rápidamente, pero siempre pienso.” Con pasaporte mexicano, Paris Pişmiş siguió viajando a Turquía una vez al año. A pesar de los agotadores viajes transatlánticos, visitaba Esmirna, donde se encuentra el grupo de Astronomía que ella misma ayudó a crear. Fue maestra de maestros, muchos de ellos de renombre internacional. En familia, también vivió rodeada de científicos: tanto sus dos hijos como su nieto, que en sus últimos años la acompañaba en sus viajes, están relacionados profesionalmente con la Astronomía y las Matemáticas.

“Astrónomo” era la profesión que acreditaban sus documentos y rara vez se dedicó a algo que no fuera la Astronomía, abordándola tanto en trabajos teóricos como en el plano observacional. Sólo dos grandes hobbies: la música –a los siete años aprendió a tocar el piano- y la pintura. Sentía el orgullo de haber pintado la primera cúpula ortogonal, telescopios a colores, un rincón del Observatorio de Tonantzintla y los maguey que desde él se observan, como si de estrellas se tratara.

CARMEN DEL PUERTO



Mujeres en Astronomía

Mercedes Prieto Muñoz

Formación y evolución de galaxias

Natural de Huelva y residente en Tenerife desde 1975, Mercedes Prieto es investigadora del Instituto de Astrofísica de Canarias (IAC), profesora titular en la Facultad de Física de la Universidad de La Laguna (ULL) hasta su jubilación en agosto de 2016 y, actualmente, profesora honoraria de la ULL. Fue una de las primeras mujeres astrónomas observacionales en España y la primera que realizó observaciones en el infrarrojo. El 8 de marzo de 2016, coincidiendo con el Día Internacional de la Mujer, el Instituto Universitario de Estudios de las Mujeres de la ULL le concedió uno de sus premios anuales, que distingue a destacadas investigadoras de esta universidad en todos los ámbitos y ramas del conocimiento por su trayectoria investigadora y por su contribución al avance de las mujeres en el campo científico y social. En su caso, por “abrir camino a la incorporación de las mujeres en la Astrofísica, ámbito en sus comienzos altamente masculinizado”. Según el director-fundador del IAC, Francisco Sánchez, encargado del discurso durante la ceremonia de entrega del premio, “Mercedes Prieto es una mujer empeñada en aumentar nuestro conocimiento del Universo del que formamos parte, con un afán que ha mantenido constante durante 40 años, abordando con curiosidad lo desconocido y sin arredrarse en los nuevos caminos que iba abriendo”.

Mercedes Prieto Muñoz ha dedicado su vida profesional, principalmente, al estudio de la estructura, formación y evolución de las galaxias, en su opinión, “las estructuras más elegantes del Cosmos”. Su grupo demostró, en 2001, analizando la luz de muchas galaxias espirales, que sus bulbos se asemejan a un “iceberg”, del que sólo vemos un pequeño porcentaje. Y en la última década, han descubierto que un gran número de galaxias elípticas masivas actuales se formaron en épocas relativamente recientes mediante la fusión de galaxias espirales preexistentes. Con cuatro décadas de investigación y docencia a sus espaldas, actualmente sigue involucrada en proyectos científicos,

siendo uno de ellos GOYA (*Galaxy Origins and Young Assembly*), un proyecto científico internacional para el estudio de cuestiones claves de la evolución cosmológica de galaxias que se llevará a cabo con el instrumento EMIR, espectrógrafo multiobjeto en el infrarrojo, y con el Gran Telescopio Canarias (GTC), en el Observatorio del Roque de los Muchachos (Garafía, La Palma).

¿Cómo fueron sus comienzos profesionales y qué significa ser una pionera en la astrofísica española?

En mis comienzos y cuando llegué a la Universidad de Granada, trabajé en el Departamento de Física, en el grupo de Astrofísica. Allí estaba Pilar López de Coca, que empezó a observar unos años antes que yo. Formé parte de la primera generación de Becarios del Plan Nacional de Formación de Personal Investigador en Astrofísica del Ministerio de Educación





Mercedes Prieto, en el centro con Inmaculada Perdomo, directora del IUEM (izquierda), y Francisco Sánchez, director-fundador del IAC. Crédito: Elena Mora (IAC).

y Ciencia, durante 3 años, entre 1975 y 1978. Entramos tres mujeres y unos diez hombres. De las tres, solo yo continué en Astrofísica.

En cuanto a lo de ser pionera, la verdad es que no significa nada especial. Yo entré en la Astrofísica con un poco de miedo y vértigo, porque entonces era un mundo de hombres, aunque nunca he sentido discriminación. Sí he encontrado diferencias en el número: antes éramos aproximadamente el 1%, o incluso menos, y ahora hay muchas más mujeres astrofísicas, aunque aún no hayamos alcanzado la paridad. Pero creo que, al menos en mi área científica, no se nos trata de forma diferente.

Entonces, ¿no ha encontrado obstáculos a la hora de desarrollar su carrera científica por el hecho de ser mujer?

No en cuanto a mi relación con el centro, con los compañeros y con las instituciones. Incluso he llegado a ocupar puestos de responsabilidad. Fui Coordinadora de Enseñanza del Instituto de Astrofísica de Canarias y Directora del Departamento de Astrofísica de la Universidad de La Laguna. Pero, por supuesto que sí, y mucho, con relación al hecho de ser mujer y tener una familia. Tienes una gran responsabilidad, tanto dentro como fuera del trabajo. Y no hablo sólo por mí, sino por otras compañeras con familia, marido, hijos... Las mujeres seguimos estando más limitadas que los hombres para desarrollar nuestra labor profesional.

En resumen, no es fácil conciliar la vida laboral con la familiar...

En efecto, a las mujeres nos es muy difícil compaginar las dos cosas al 100%. Estamos discriminadas respecto de los hombres, a nivel cultural. En general, los hombres se implican mucho menos en las tareas de la casa y en las relaciones sociales. La mujer, por instinto, suele hacer más esas tareas, que no están consideradas ni recompensadas, ni con las leyes, ni de ninguna forma. Ahora hay muchas más mujeres con capacidad para ocupar puestos directivos, organizativos, etc., pero pocas lo consiguen.

¿Qué le habría gustado hacer que no ha hecho?

Quizá podría haber aspirado a una mayor proyección internacional y social de los trabajos de investigación realizados. Pero he hecho gran parte de lo que quería hacer, y lo que no he hecho yo lo han hecho otros. Así que estoy muy satisfecha con la investigación realizada y con los extraordinarios colaboradores que he tenido.

¿Qué supone para usted el premio “IUEM 8 de marzo”? ¿Un reconocimiento a su carrera? ¿A todas las mujeres científicas?

En lo referente a la investigación, hay que decir que un trabajo observacional no se realiza en solitario. Siempre hay un grupo de investigadores, todos ellos indispensables. Este premio no es sólo a mí, sino a todos los colaboradores que he tenido a lo largo de mi carrera investigadora. Quisiera destacar a la Dra. Carmen Eliche del Moral, con quien realicé durante la última década una investigación extensa y apasionante sobre aspectos de la evolución galáctica relacionados con diferentes formas de canibalismo o fusiones de galaxias. Mi prioridad ha sido hacer investigación. Pero, aunque he trabajado mucho, a veces tengo la sensación de que podría haber hecho más. En cambio, este premio es como que si me dijeran: “Pues mira, está bien con tus circunstancias”, y así me quedo más tranquila. Al menos lo que hecho está reconocido.

Usted tuvo la oportunidad de observar y estudiar el cometa Halley durante su última visita en 1986. ¿Cómo fue aquella experiencia?

Inolvidable. Formé parte del “International Halley Watch” para la obtención de datos durante su aparición. Descubrimos, antes de que fuera visible a simple vista, que el diámetro del cometa Halley era ocho veces mayor



que el hasta entonces estimado. Y observamos las dos colas, una de polvo y otra de gas. El IAC organizó una campaña de observación y miles de personas acudieron a la Playa de las Teresitas, en Tenerife, para verlo. La visita de un gran cometa es un espectáculo en el cielo que nadie debería perderse. ¡Ojalá aparecieran con más frecuencia!

¿Con qué descubrimiento le gustaría culminar su carrera?

El cómo las galaxias se formaron y han evolucionado para llegar a ser tal como las observamos en la actualidad es un tema que aún no está resuelto en su totalidad. Hay muchas esperanzas puestas en proyectos científicos de envergadura como GOYA, ya que nos permite ir poniendo piezas en este enorme puzzle de la evolución galáctica, y creo que ya quedan pocas piezas para resolver el enigma. Me gustaría ver la imagen del puzzle completada y comprender el origen de la diversidad de formas, poblaciones, edades y otras características de las galaxias tal como las observamos en nuestro tiempo presente.”

ELENA MORA Y CARMEN DEL PUERTO

Participantes en la I Asamblea Nacional de Astronomía y Astrofísica de 1979. Destacada con una flecha, Mercedes Prieto. A la derecha, cartel de esta reunión.



Begoña García Lorenzo

Coordinadora de Instrumentación

Begoña García Lorenzo es Científica Titular en el Instituto de Astrofísica de Canarias (IAC). Ha desarrollado proyectos de investigación en el campo de la formación y evolución de galaxias, así como en óptica atmosférica aplicados al desarrollo de instrumentos de alta resolución espacial. Participa además en actividades de didáctica y divulgación de la Ciencia.

Desde los inicios de su carrera profesional ha estado vinculada al desarrollo de instrumentación para Astrofísica, siendo una de las pioneras en la aplicación de técnicas de espectroscopía de campo integral con fibras ópticas. Tras leer su tesis doctoral en 1997 en la Universidad de La Laguna (ULL), pasó a ser astrónoma de soporte para los telescopios del Grupo Isaac Newton en el Observatorio del Roque de los Muchachos. En 2003 se incorporó al grupo de Alta resolución espacial y Calidad del Cielo del IAC, con el que realizó estudios de caracterización de la turbulencia atmosférica para el desarrollo de sistemas de óptica adaptativa. Entre 2007 y 2011 disfrutó de un contrato Ramón y Cajal del programa nacional de potenciación de recursos humanos del Plan Nacional de I+D+i. Ocupó el puesto de Científica Titular de OPI en el IAC en 2012. Desde el año 2014 y hasta 2018 ha ocupado el cargo de Coordinadora del Área de Instrumentación del IAC, siendo además miembro del comité de coordinación del programa de excelencia Severo Ochoa en el IAC.

Fue la responsable de la línea “Actividad nuclear en galaxias” en el IAC entre los años 2010 y 2014 y ha sido Investigadora Principal de tres proyectos financiados por los planes nacionales de I+D y de otros cuatro proyectos financiados por los programas nacionales de infraestructuras científicas y técnicas. Además ha participado en otros ocho proyectos de los planes nacionales de I+D y en tres financiados por el Gobierno



de Canarias. Formó parte de la red europea EURO3D, para la promoción de la Espectroscopía de Campo Integral en Europa, y participó en el Estudio de Diseño para el Telescopio Europeo Extremadamente Grande (EELT) financiado por la Comunidad Europea dentro del Sexto Programa Marco.

Begoña ha dirigido tres tesis doctorales en la línea de formación y evolución de galaxias, la última leída en 2015. Ha publicado alrededor de 80 artículos en revistas internacionales con árbitro y varios capítulos de libros. Además ha presentado más de 40 contribuciones orales y más de 50 pósters en congresos internacionales. Desde 2006, colabora con el Departamento de Astrofísica de la Universidad de La Laguna en docencia relacionada con la instrumentación astrofísica y en la dirección de proyectos Fin de Carrera y de Máster.

Ha formado parte de numerosos comités científicos y ha participado en la organización de diversos congresos científicos, el último, AO4ELT5 celebrado en junio de 2017 en Tenerife. Ha ejercido de árbitro de artículos científicos y técnicos para revistas como MNRAS, A&A, *Optics express* y *Frontiers*, y ha evaluado proyectos de investigación para las agencias ANEP, SGPI y Fondecyt (Chile).

ESPECTROSCOPIA 3D

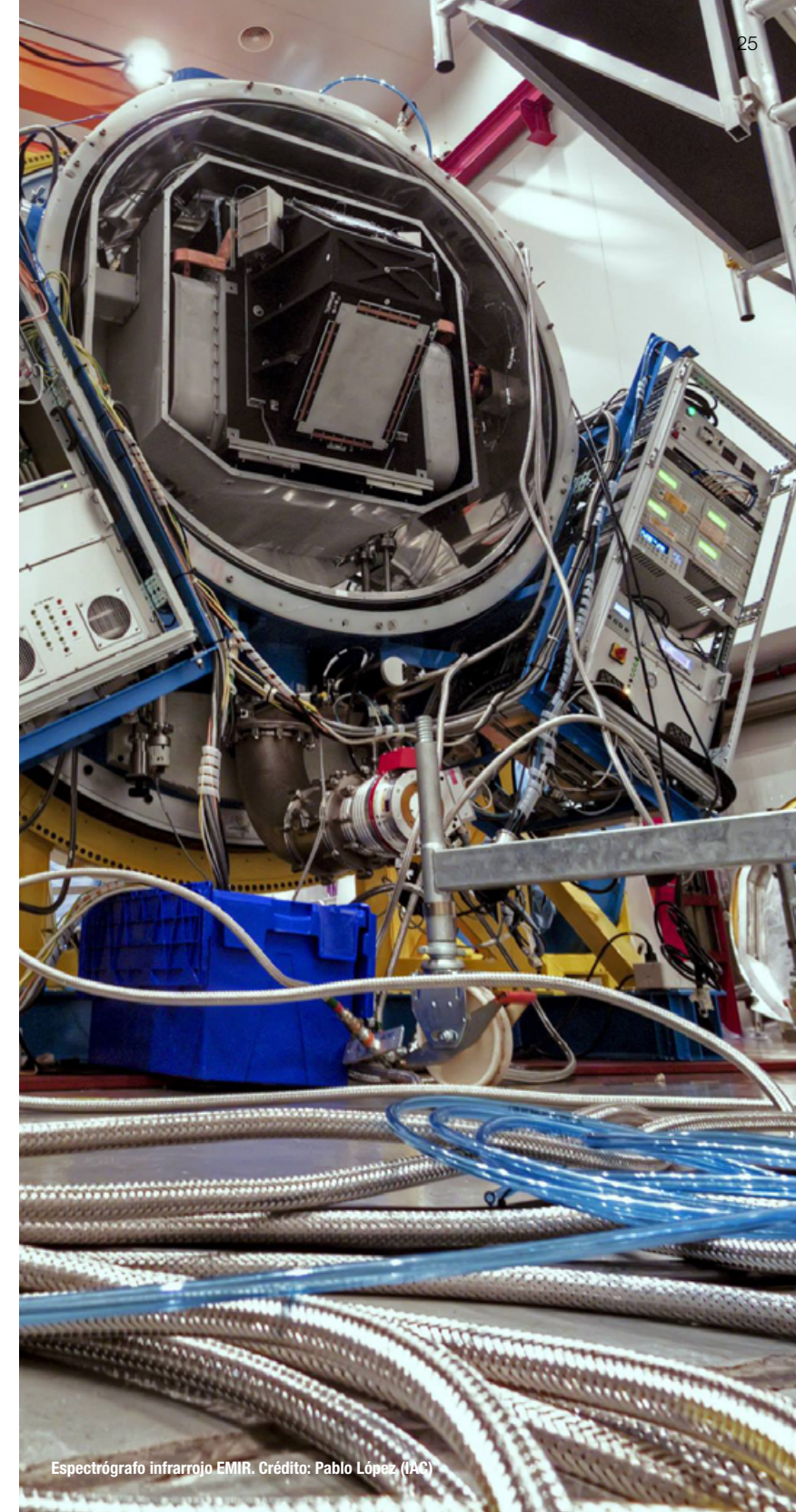
Poner de manifiesto la utilidad de la espectroscopía 3D (IFS) con fibras ópticas en el estudio de la actividad en galaxias fue el principal objetivo de la tesis doctoral de Begoña García Lorenzo (1993-97, IAC). Entonces, la IFS era una técnica en experimentación (sólo 7 instrumentos 3D prototipo antes de 1998, 3 del IAC). Desde 1997 extendió sus intereses científicos a otros campos donde la IFS podía aportar grandes ventajas frente a otras técnicas (lentes gravitatorias, fusión de galaxias, galaxias anfitrionas de cúasares, objetos Herbig-Haro). Toda su carrera investigadora en el campo de la Formación y Evolución de galaxias está ligada a la espectroscopía de campo integral. Formó parte del equipo del proyecto CALIFA (*Calar Alto Legacy Integral Field spectroscopy Area survey*), cartografiado óptico 3D de más de 600 galaxias que está permitiendo estudiar estadísticamente las propiedades de las galaxias del Universo Local.

ÓPTICA ADAPTATIVA

Desde su etapa como astrónoma de soporte en el Grupo de Telescopios Isaac Newton se interesó por las técnicas de óptica adaptativa. Estas técnicas tratan de compensar los efectos introducidos por la turbulencia atmosférica en la luz observada por los telescopios terrestres. Desde 2003 ha desarrollado parte de su investigación en este campo, participando en el desarrollo, puesta a punto y uso de varios instrumentos dedicados a la caracterización de la turbulencia atmosférica en observatorios astronómicos terrestres.

Desde el año 2012 forma parte del equipo que desarrolla el instrumento HARMONI, un espectrógrafo óptico/infrarrojo de campo integral y alta resolución espacial que será el instrumento de primera luz para el Telescopio Extremadamente Grande (ELT), actualmente en construcción en Chile.

Como Coordinadora del Área de Instrumentación supervisaba la participación del IAC en el desarrollo de una veintena de instrumentos científicos. Bajo su dirección trabajaban unas 80 personas entre ingenieros de distintas disciplinas (óptica, electrónica, software, mecánica y gestión) y personal técnico. Además, era la responsable de las infraestructuras y medios materiales del Área que permiten el desarrollo instrumental demandado por los proyectos de investigación del IAC.



Espectrógrafo infrarrojo EMIR. Crédito: Pablo López (IAC)

María Jesús Arévalo

Coordinadora de Enseñanza Superior

María Jesús Arévalo terminó su licenciatura en Físicas en el año 1979, en la Universidad de Zaragoza y, en 1980, se incorporó como profesora ayudante en la Universidad Politécnica de las Palmas hasta obtener su plaza de Titular de Escuela Universitaria en 1986. Seis años después se incorporó al Departamento de Astrofísica de la Universidad de La Laguna (ULL) y, en 2009, obtuvo la plaza de profesora titular de esta universidad. Desde 1980, forma parte del Instituto de Astrofísica de Canarias, donde realiza sus trabajos de investigación.

En estas casi cuatro décadas, María Jesús Arévalo ha impartido docencia en distintos centros y facultades dando cursos de Física General para Arquitectura, Ingenierías y Matemáticas. Ha sido también profesora de distintas asignaturas de la antigua licenciatura de Físicas, en la especialidad de Astrofísica. Hoy, esta especialidad es parte del Máster en Astrofísica de la ULL. En los últimos cursos imparte docencia en las asignaturas de técnicas de observación del Máster, tanto en fotometría como espectroscopía. Actualmente imparte el curso de Física General para estudiantes del primer curso del grado de Matemáticas de la ULL y las asignaturas de técnicas de fotometría y espectroscopía del Máster.

Ha participado como profesora en la 7th NEON Observing School (*Network of European Observatories in the North*), financiada por OPTICON y ESA, que tuvo lugar en el Observatorio del Roque de los Muchachos en 2008, y en 1999 organizó la Escuela de Verano predoctoral de 1999 EADN dedicada a estrellas binarias.



CARGOS ACADÉMICOS

Arévalo ha desempeñado cargos académicos, como el de secretaria del Departamento de Astrofísica. De 2016 a 2018 ha sido directora del Departamento de Astrofísica, formando parte de distintas comisiones y consejos de gobierno de la ULL. Al mismo tiempo, en virtud de los acuerdos entre el IAC y la ULL, también ha sido coordinadora del Área de Enseñanza Superior del IAC, con cerca de 70 estudiantes que llevan a cabo su tesis doctoral. Cada año, debe evaluar el currículum de más de 150 estudiantes de todo el mundo que se presentan a las convocatorias de becas de verano así como a las plazas de astrofísicos residentes que el IAC publica anualmente. También debe evaluar otro tipo de solicitudes, como las becas FPI Severo Ochoa que el Ministerio concede al IAC y las de estudiantes de otras universidades que realizan trabajos de investigación en la asignatura de prácticas externas.

ESTRELLAS BINARIAS

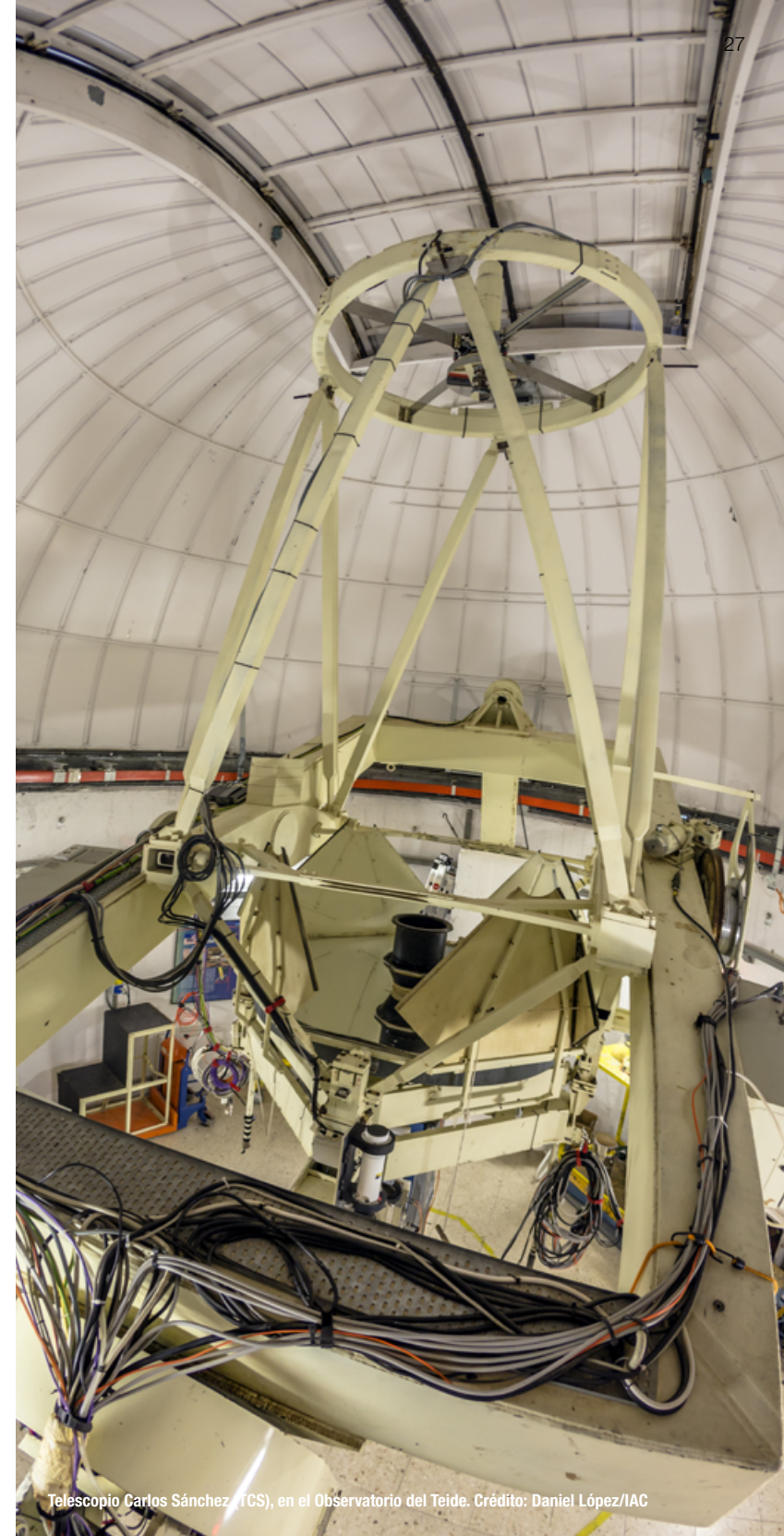
Desde 1980, María Jesús Arévalo ha llevado a cabo su investigación en el IAC. Durante su tesina de licenciatura, trabajó con el Grupo Solar del IAC bajo la dirección del Dr. Manuel Vázquez Abeledo, estudiando la rotación del Sol a partir de datos de los movimientos de manchas solares.

Después se incorporó al Grupo Estelar y, con la dirección del Dr. Carlos Lázaro, investigó durante años un grupo de estrellas binarias con muestras de actividad de tipo solar conocidas como sistemas RS CVN de periodo corto. En 1994 presentó su trabajo de tesis doctoral. Desde entonces, su investigación ha estado ligada al estudio de estrellas binarias con el objetivo de determinar sus parámetros físicos analizando sus curvas de luz fotométricas (observadas en el visible y en el infrarrojo) y sus curvas de velocidad radial obtenidas a partir de observaciones espectroscópicas. Para obtener estos datos, ha observado en distintos observatorios (Roque de los Muchachos, Teide, Calar Alto, San Pedro Mártir y Sierra Nevada, entre otros), con telescopios de 1 m, 1,5 m o 2,5 m.

Al término de su tesis doctoral, ha estudiado otros tipos de estrellas binarias: RS CVn, sistemas Algoles, cataclísmicas y, actualmente, sistemas binarios compuestos de estrellas poco masivas. La determinación de los parámetros físicos de estas estrellas es el objetivo de la tesis doctoral de Ramón Iglesias Marzoa.

También ha participado en el estudio de estrellas Algoles descubiertas por el satélite CoRoT observando sus curvas de velocidad radial desde el Observatorio del Roque de los Muchachos.

En estos años ha realizado estancias con investigadores de distintas instituciones en diferentes países, como Grecia, Nuevo México, México, Noruega y Estados Unidos. También participa activamente en las observaciones de blázares en el visible y en el infrarrojo en colaboración con el grupo internacional liderado por la Dra. Claudia Raiteri y el Dr. José Acosta. Estas observaciones se llevan a cabo desde el Observatorio del Teide, con los telescopios IAC-80 y Carlos Sánchez.



Telescopio Carlos Sánchez (TCS), en el Observatorio del Teide. Crédito: Daniel López/IAC

Elena Khomenko

Liderando proyectos de innovación europeos

La investigadora del Instituto de Astrofísica de Canarias (IAC) Elena Khomenko ha logrado una “European Research Council (ERC) Consolidator Grant”, subvención destinada a proyectos de excelencia científica de todo el mundo, para llevar a cabo durante cinco años novedosas investigaciones sobre la actividad magnética de la cromosfera, región más enigmática de la atmósfera solar. Ésta es la segunda vez que el Consejo Europeo de Investigación (ERC, por sus siglas en inglés) otorga una subvención ERC a esta astrofísica, dado que ya anteriormente, en 2011, obtuvo una ayuda para jóvenes investigadores (ERC-Starting Grant).

Elena Khomenko es doctora en Física por el Observatorio Principal de Ucrania y Científica Titular del IAC, donde trabaja desde 2003. Cuenta con una dilatada experiencia en el campo de la Física Solar, concretamente, en el magnetismo solar, teoría magnetohidrodinámica y simulaciones numéricas. En su trabajo combina la investigación numérica con observaciones espectropolarimétricas y, durante los últimos diez años, ha liderado investigaciones de interacción de ondas solares con el campo magnético y estudios de plasma magnetizado del Sol en calma fuera de las regiones activas. Ha colaborado además con varias instituciones de Europa y de Estados Unidos para profundizar sobre las propiedades de nuestra estrella. Una de sus líneas de investigación se centra en el estudio del magnetismo del Sol en calma, un campo de gran atractivo dentro de la Física Solar moderna.



OSCILACIONES Y ONDAS EN MANCHAS SOLARES

En 2007 recibió un premio internacional de la Joint Organization for Solar Observations (JOSO) por sus estudios en Física Solar, en concreto por su trabajo de propagación de ondas en manchas solares. Su mayor hito ha sido el desarrollo y la aplicación de un código numérico que permite estudiar los fenómenos complejos, como la interacción de ondas, la convección y el campo magnético solar en tres dimensiones espaciales. Como ejemplo, gracias a este código se han hecho estudios de transporte de energía magnética por ondas y su papel en el calentamiento cromosférico, o la influencia del campo magnético de las manchas en la propagación de ondas sísmicas debajo de la superficie. Actualmente, su grupo en el IAC está situado entre los líderes en simulación de ondas, como lo confirma la reciente publicación del artículo de revisión “Oscillations and waves in sunspots” (con M. Collados) por la revista *Living Reviews in Solar Physics*, la de mayor impacto en el campo.

En los últimos años, como parte de la actividad de su proyecto ERC/SPIA, el código se ha actualizado para tratar plasmas muy poco ionizados, abriendo una novedosa línea de investigación en Física Solar. Se sabe que las bajas temperaturas en la fotosfera solar dan lugar a plasmas donde

por un átomo ionizado puede haber hasta 10.000 átomos neutros, lo cual produce una serie de fenómenos muy curiosos. Entre otras cosas, permite romper así el llamado congelamiento del campo magnético en el plasma, permitiendo disipación de energía magnética y su transformación en calor de forma muy eficiente. Posiblemente, este mecanismo pueda ser clave para explicar las altas temperaturas cromosféricas, uno de los problemas más duraderos de la Física Solar. El nuevo proyecto ERC/PI2FA buscará la respuesta definitiva a esta pregunta.

ERC GRANTS

Estos y otros hitos le han valido a Elena Khomenko para ser una de las pocas científicas de España en conseguir una ERC Consolidator Grant en el campo de las “Ciencias del Universo”.

La ERC Consolidator Grant es un programa de financiación para el desarrollo de proyectos de investigación excelentes y altamente innovadores. El proyecto de Elena Khomenko, titulado “Partial Ionisation: Two-fluid Approach” (PI2FA), se destinará a la aplicación de novedosos métodos para construir modelos numéricos realistas de la cromosfera o capa externa de la atmósfera solar. Esta línea de investigación utilizará la metodología completamente nueva, desarrollada en el marco del proyecto. Su finalidad es entender los procesos que llevan a la cromosfera a tener las temperaturas tan altas. Los resultados podrían abrir una nueva ventana de investigación en Astrofísica con implicaciones muy importantes para nuestra comprensión del Sol y su actividad magnética.

Comenzando en 2018, PI2FA tendrá una duración de cinco años. Desde el IAC, Elena Khomenko coordinará un equipo investigador que contará con todo el apoyo de la Oficina de Proyectos Institucionales y Transferencia de Resultados (OTRI) y del Área de Investigación.

La consecución de esta Consolidator Grant es un nuevo éxito del grupo de Física Solar del IAC, que es también motor fundamental del proyecto “European Solar Telescope” (EST), una de las instalaciones científicas estratégicas europeas que se construirá en los Observatorios de Canarias.

Dentro de los programas de apoyo que tiene la Unión Europea para llevar a cabo iniciativas científicas con impacto internacional, las ERC Grant son las convocatorias que consiguen un mayor apoyo económico al ser proyectos de investigación, de cualquier área científica, en la frontera del conocimiento. Con estos programas se espera que la investigación financiada abra el camino a resultados científicos y tecnológicos y nuevas áreas que, en último término, puedan generar ideas novedosas que impulsen la innovación y la inventiva empresarial y afronten los retos sociales.

Clara Régulo

Enseñando Astrofísica en la Universidad

Licenciada en Ciencias Físicas por la Universidad de La Laguna (ULL) en 1983 y doctora en Astrofísica por esta universidad en 1987, Clara Régulo fue becaria residente del Instituto de Astrofísica de Canarias (IAC) desde 1983 hasta 1986. Hoy es Profesora Titular de la ULL e investigadora del IAC con 6 quinquenios de docencia y 5 de investigación.

Su evolución académica ha sido constante: Encargada de curso en la Facultad de Matemáticas de la ULL desde 1986 hasta 1987, impartiendo docencia práctica de Física Nuclear así como teórica y práctica de Física General; Profesora Titular interina de Escuela Universitaria en la misma Facultad desde 1987 hasta 1989, impartiendo docencia teórica y práctica en Física General; Profesora Titular de Escuela Universitaria en la Facultad de Físicas de la ULL desde 1989 hasta 2008, impartiendo docencia teórica y práctica en Física General, Teoría de la Comunicación, Física del Cosmos, Técnicas Astrofísicas II y Técnicas de Análisis de Datos Astronómicos; y Profesora Titular de Universidad desde 2008, impartiendo docencia teórica y práctica en Métodos de Cálculo en Astrofísica (en el Máster en Astrofísica), Técnicas de Análisis de Datos Astronómicos (en la Licenciatura de Física), Fundamentos de Física (en el Grado de Matemáticas) y Física Básica II (en el Grado de Física)

Su principal campo de interés es el estudio del interior de las estrellas tipo solar, así como de las subgigantes rojas, por medio del análisis de sus modos propios de oscilación. Se inició en el tema con el estudio del Sol



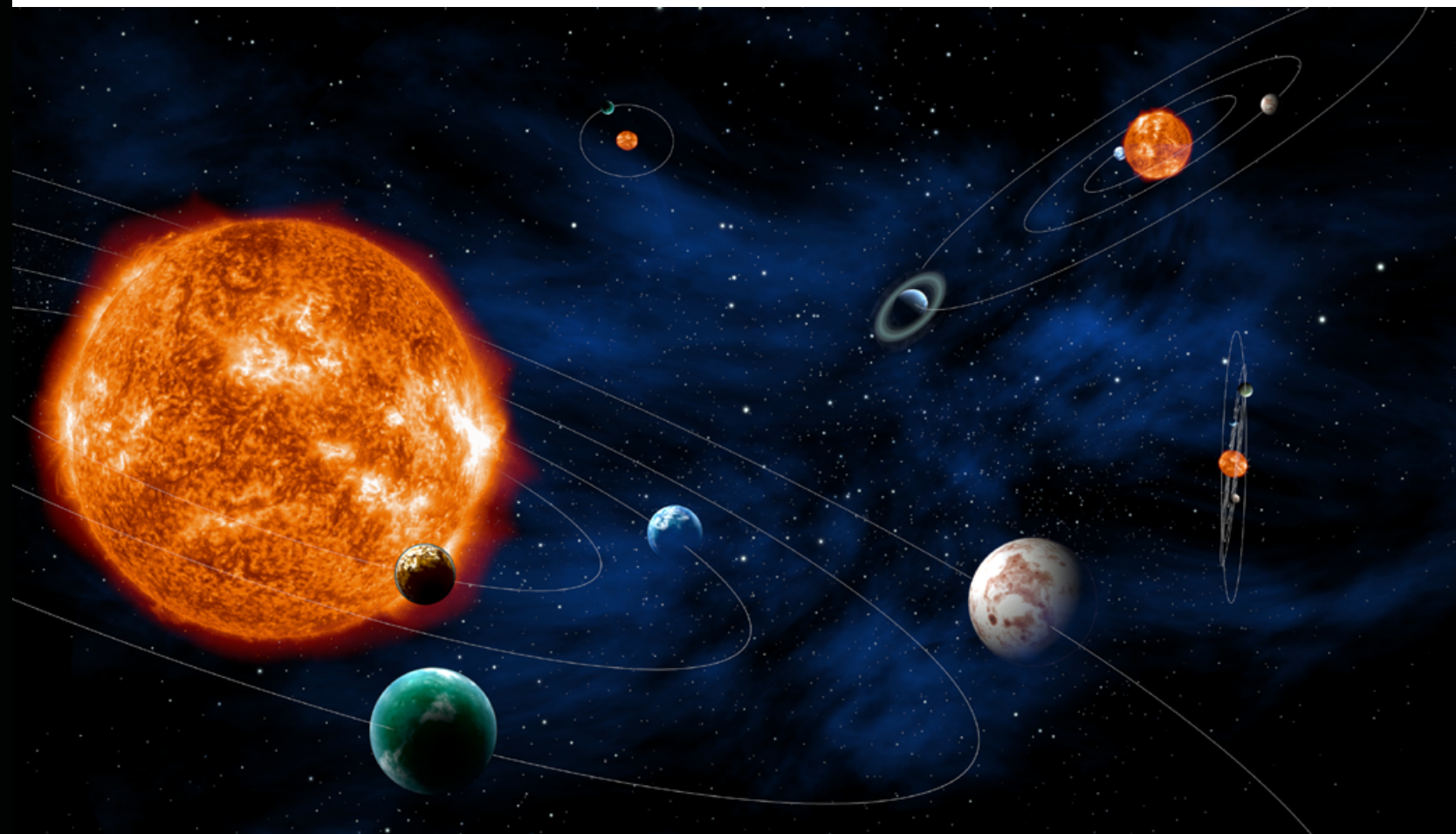
en su tesis doctoral y continuó con este tipo de estudios a partir de los datos proporcionados por el instrumento GOLF instalado en el satélite espacial SOHO (*Solar and Heliospheric Observatory*), misión conjunta entre la ESA y la NASA lanzada en 1996, y que ha proporcionado datos de increíble calidad a lo largo de más de un ciclo de actividad solar. De este periodo son sus primeros 88 trabajos (hasta 2004).

Su interés se trasladó después a otras estrellas de tipo solar con la preparación de software para el análisis científico de los datos de estas estrellas proporcionados por el proyecto CoRoT (*CO*nvection, *RO*tation and *planetary Transits*), misión conjunta de la Agencia Espacial Francesa y Europea, lanzado en el 2006. El análisis de los datos de CoRoT y, posteriormente, de Kepler -el observatorio de la NASA dedicado a la búsqueda de planetas, lanzado en 2009-, ha ocupado su tiempo en los últimos 15 años, con la producción de 109 artículos científicos en revistas internacionales especializadas.

“Los datos proporcionados por CoRoT y Kepler – explica- han cambiado totalmente nuestra capacidad para el estudio del interior de las estrellas de tipo solar y subgigantes rojas, las estrellas más susceptibles de poseer planetas en la zona de habitabilidad. Los estudios sismológicos permiten, entre otras cosas, obtener para estas estrellas sus masas, radios y edades con precisión sin precedentes. Estos parámetros son fundamentales para caracterizar a los posibles planetas que las orbiten.”

En los últimos años, Clara Régulo se ha centrado en el estudio de los campos magnéticos de este tipo de estrellas y en la rotación diferencial de las mismas. El estudio del campo magnético estelar es de un enorme interés en sí mismo, por lo poco que conocemos sobre su generación, evolución y características, así como

por su relación con los posibles planetas que pueda poseer la estrella. Este tipo de estudio llegará a su edad de oro con PLATO (*PLAnetary Transit and Oscillations of stars*), misión espacial de la ESA que tiene su lanzamiento previsto para 2024. “Con sus 32 telescopios -señala-, PLATO observará más de 100.000 objetos con una precisión no alcanzada hasta ahora. La cantidad y calidad de la nueva información que nos proporcionará va a significar un salto cuantitativo en el estudio sismológico de estas estrellas. La cantidad de datos de la que dispondremos hace imprescindible un tratamiento automatizado, que debemos poner a punto y probar con los datos de CoRoT y Kepler. Parte de mi trabajo futuro se centrará en este tipo de análisis.”



Casiana Muñoz-Tuñón

El Cielo de Canarias

El Cielo de Canarias es la expresión que entraña una valoración de calidad del cielo de las Islas. Es un concepto ya acuñado que se emplea coloquialmente en medios de comunicación. Responde a una realidad que ya fue intuida en los años 70 y que, hoy día, está científicamente establecida: el cielo de los Observatorios de Canarias -el Observatorio del Teide (OT), en Izaña (Tenerife), y el Observatorio del Roque de los Muchachos (ORM), en Garafía (La Palma), es excelente para la Astronomía. La astrofísica del IAC Casiana Muñoz-Tuñón, experta en galaxias e investigadora principal del proyecto “Grupo de Estudios de Formación Estelar (GEFE)”, también lidera el Grupo de Calidad del Cielo. En este artículo cuenta la historia de las prospecciones astronómicas en Canarias, tanto en el pasado como en el presente, y cómo se trabaja para medir los parámetros de calidad de los que tanto depende el futuro de los Observatorios.

Los observatorios de las islas Canarias están indisolublemente unidos a la creación del Instituto de Astrofísica de Canarias. Son su razón de ser, sin ellos no hubiera surgido con fuerza la Astrofísica en las islas, empujando, a su vez, el desarrollo de la Física en la Universidad de La Laguna. Estos observatorios han sido impulso y, quizás, centrales en el desarrollo de la Astronomía en España que ahora está considerada competitiva y al nivel de la de otros países del primer mundo.



El comienzo del paradigma fue en los años 70 y, sin duda, resultado de la intuición de Francisco Sánchez, quien advirtió cómo las cumbres en Tenerife podrían ser excepcionales para la observación del Universo. Fue una intuición -como casi todas- basada en una cierta experiencia personal, pero fundamentada también en información y en algunas medidas pioneras. Paco consiguió convencer a políticos regionales y del Estado de que era importante apostar por la Astronomía y, en particular, por la Astronomía observacional en Canarias.

En paralelo y a partir de los datos que se empezaban a aportar y las prospecciones que realizaban instituciones extranjeras, muchos colegas de otros países vieron una oportunidad única de ubicar telescopios en las cumbres de Tenerife y de la Palma. El clima de sus tierras de origen no favorecía la observación astronómica. Así se trasladaron a las Islas telescopios que no podían usarse en sus institutos europeos. En particular los británicos impulsaron la Astronomía a partir de sus instalaciones en el Roque y Alemania tuvo un papel fundamental en la instalación de torres solares como las que ahora se ven en Izaña, en la

isla de Tenerife. Además, los países nórdicos, Francia, Italia y muchos otros se apuntaron a la explotación o a la utilización del cielo de Canarias para hacer Astronomía. Todo este movimiento culminó en la inauguración formal de los Observatorios en el año 1985.

PARÁMETROS DE CALIDAD

La calidad del cielo para la Astronomía se puede evaluar a partir de conceptos muy intuitivos. Conceptos obvios, como la ausencia de nubes -primer indicador del tiempo que puede usar un telescopio-, que el cielo sea oscuro (las luces de la ciudad no deben dar un brillo añadido que impida ver los objetos más débiles) o que el cielo sea nítido y transparente (la atmósfera debe ser estable y libre de aerosoles que absorban la luz de las estrellas). Desde los años 80, estos parámetros, tiempo útil, transparencia del cielo, oscuridad del cielo y calidad de imagen -lo que se denomina *seeing*- se han estado midiendo con métodos y técnicas cada vez más precisos.

Al final de los años 80, el Comité Científico Internacional (CCI) de los Observatorios de Canarias planteó que la explotación y cuidado de los observatorios se hiciera de modo regulado. El espacio disponible en las cumbres de Tenerife o de la Palma es limitado y ya se sabía que una instalación, sobre todo si es muy voluminosa, puede perturbar su entorno. En particular, cuando la cúpula de un telescopio obstaculiza el viento dominante, genera una estela de turbulencia que degrada la calidad de imagen. El CCI decidió crear un subcomité, de acrónimo SUCOSIP (*Subcomité of Site Properties*), que tendría que velar por el buen funcionamiento vecinal entre los telescopios y las instituciones en los Observatorios. Además, me propuso organizar y liderar este comité, un encargo que consideré importante y acepté. Desde entonces, SUCOSIP tiene que asegurar que ninguna infraestructura que se instale moleste o dañe la calidad natural de las cumbres de los Observatorios.

Simultáneamente, el IAC consideró que los estudios de caracterización de la atmósfera para la Astronomía y la promoción o difusión de los resultados que confirmaran, avalaran o apoyaran su calidad tenían que ser algo prioritario y apoyado institucionalmente. Empecé a diseñar y luego montar un grupo que se encargara de la caracterización de los Observatorios y de promoverlos como emplazamiento ideal para instalaciones futuras. Desde entonces -final de los 80- combino esta responsabilidad institucional de impulsar los estudios de caracterización de la atmósfera y defender la candidatura

de los Observatorios en los foros internacionales con el estudio de las galaxias y la formación estelar.

Había antecedentes que podían ser el punto de partida. Francisco Sánchez había hecho medidas que, de alguna manera, habían servido para convencer a los políticos de la importancia de Canarias para la Astronomía. Para el telescopio solar LEST se habían hecho prospecciones en el Roque y Paul Murdin, del Royal Greenwich Observatory (RGO), había elaborado un compendio que fue publicado en un número especial de la revista *Vistas in Astronomy* en 1985. Pero, de algún modo, el cometido que yo tenía era nuevo. Se trataba de crear una estructura y definir la estrategia para obtener la información necesaria que permitiera, en cada momento, convencer a los potenciales nuevos usuarios de los Observatorios de la calidad del cielo en Canarias para sus proyectos de telescopios. Había que elegir técnicas, diseñar equipos y tomar datos estadísticamente significativos. Había que hacer sondeos de caracterización con método científico, con datos rigurosos, contrastados y comparables con los de otros observatorios que tenían nuestro mismo objetivo, atraer a las infraestructuras importantes de futuro. Esos observatorios tenían ya mucho camino recorrido. ESO en Chile ya tenía experiencia en la caracterización rigurosa de emplazamientos astronómicos y en Hawai también se estaban realizando estudios modernos de caracterización. Se trataba de medirse y competir con “los de primera clase” y, para ello, había que trabajar mucho.

CAMPAÑAS INTENSIVAS

En este momento interviene un personaje clave para el estudio moderno de la caracterización de la atmósfera de los emplazamientos astronómicos, Jean Vernin, profesor de la Universidad de Niza. Con él empezamos a planificar campañas intensivas, como las que se ya se hacían en Hawai y en Chile. La Universidad de Niza, heredera de la potente escuela de Óptica Atmosférica francesa, había sido pionera y participaba activamente en las campañas en Hawai para el Keck, primer telescopio de la clase 10 m, y también en las de Paranal para los cuatro VLT (*Very Large Telescope*) de 8 m. Tuvimos la suerte de tener una empatía excelente desde el principio y Jean apoyó los nuevos estudios en Canarias desde el primer momento. Le gustó la idea de ayudar a un “observatorio de gran potencial” y que aún no era un “observatorio estrella” como los mencionados. En este momento, el estudio de la atmósfera para la Astronomía, se volvió más y más interesante. Lo primero que hicimos fue decidir qué técnicas eran interesantes y evaluarlas. Se diseñaron

experimentos e instrumentos que probamos en el ORM en campañas intensivas que llevamos a cabo en los años 90. Unas campañas que proporcionaron tal cantidad de datos que aún hoy son usados. Se contó con ingenieros del IAC y, claro está, con el equipo en pleno de la Universidad de Niza. También tuvimos la colaboración de los centros de meteorología francés y español y, como siempre, el apoyo decidido del IAC. En campañas de varios meses en el Observatorio, se diseñaron nuevos instrumentos y se lanzaron globos equipados para medir perfiles de turbulencia, vapor de agua, viento... con los que se proporcionaron los primeros valores de parámetros específicos de óptica atmosférica, como el ángulo isoplanático o el tiempo de coherencia.

MONITORES DE SEEING

De esa época data el diseño de un nuevo monitor de seeing, basado en la técnica de medida diferencial de la imagen de una estrella a través de una pupila que separaba el haz



Monitor de Seeing "RoboDIMM" del Grupo de Telescopios Isaac Newton, instalado en el Observatorio del Roque de los Muchachos (La Palma).

en dos. Fue de alguna manera el primer instrumento de monitoreo de la atmósfera. Es una técnica fiable, precisa y, en la actualidad, de uso común en todos los observatorios astronómicos para medir el seeing nocturno. El DIMM (*Differential Image Motion Monitor*), que Jean Vernin y yo misma patentamos en 1995, fue el prototipo inicial y es ahora -ya más evolucionado- el instrumento que, operado por los técnicos de las instalaciones telescópicas (TOTS), sigue proporcionando el valor de seeing con una precisión mejor de 0,1 segundos de arco en el OT y en el ORM.

De los sondeos con globos equipados con sensores microtérminos se obtuvieron valiosísimos perfiles verticales de la turbulencia hasta una altura de 30 km. Con ellos se completó y validó el desarrollo de un instrumento que Jean Vernin y Max Azouit habían diseñado en la Universidad de Niza, al que se llamó SCIDAR (*Scintillation Detection and Ranging*). Permite medir el perfil de la turbulencia con un telescopio de apertura media usando la medida de la oscilación del brillo (centelleo) de una estrella binaria en el plano de pupila del telescopio. La técnica SCIDAR mejorada (el SCIDAR generalizado) fue instalada en el telescopio NOT y fue validada con los sondeos de globos que lanzábamos cada día simultáneamente durante varias campañas.

Más adelante, ya al final de los 90, entra en escena Jesús Jiménez Fuensalida que, junto con Jean, lideró el diseño de un SCIDAR propio al que, como nos gustaba, llamamos cute-SCIDAR. Tuvimos la ventaja de poder estar usando ininterrumpidamente el telescopio JKT, en el ORM, y también el Carlos Sánchez, en el OT, para hacer medidas sistemáticas de perfiles de turbulencia durante casi toda la primera década del 2000. En ese sentido hay que enfatizar que son pocos los observatorios en el mundo con perfiles de turbulencia y ninguno con la base de datos de estos perfiles que tenemos en Canarias. Es una base de datos de valor incalculable para proporcionar los parámetros necesarios para el diseño de la óptica adaptativa. En el desarrollo de SCIDAR en el IAC se implicaron, entre otros, Begoña García Lorenzo y, también, Julio Castro Almazán, quien en la actualidad forma parte del equipo de caracterización.

EL EQUIPO DE SITE TESTING

En un momento dado, pronto en la década de los noventa, el IAC se convenció de que, para la caracterización de los Observatorios, se necesitaba, además de apoyo institucional, personal dedicado a tiempo total con el que hacer planificación de trabajo futuro. Se ofreció un contrato temporal que acabó siendo fijo; un contrato que ocupó Antonia María Varela después de presentar su tesis doctoral



en el año 92 sobre galaxias. La incorporación de Toñi fue crucial, no sólo por su implicación y capacidad, sino también por su empatía extraordinaria; capacidad fundamental en cualquier equipo y aún más en uno tan transversal y polivalente como el de Caracterización de los Observatorios. Su incorporación define el momento formal en el que el IAC tiene un equipo como tal de *Site Characterization (SiteTeam)*, que sigue trabajando ininterrumpidamente desde entonces y dependiendo directamente de la dirección del Instituto.

El SiteTeam se encargó, por ejemplo, de aportar datos para la ubicación del telescopio italiano Galileo (TNG) y también lideró las campañas para elegir la ubicación del Gran Telescopio Canarias (GTC), campañas que financió el GTC y en las que participó Terry Mahoney. Cada campaña aporta nuevos métodos y, en particular, en la del GTC, José Miguel Rodríguez Espinosa propuso, por primera vez, usar la técnica del retraso de la señal de los primeros sistemas de navegación (GPS) para medir el contenido integrado de vapor de agua (PWV), tan importante para la observación en el infrarrojo. Fue la semilla de trabajos que se asumieron y desarrollarían después en nuestro *SiteTeam*.

Tras validar la técnica GPS con datos de los sondeos de globos de La Palma y Tenerife (AEMET), tanto el ORM como el OT disponen en la actualidad de una plataforma online que da los valores del vapor de agua integrado, en tiempo real. Actualmente se está desarrollando una herramienta de predicción que hace uso del modelo WRF (*Weather Research Forecasting*) que, a su vez, ha sido también validado usando datos de sondeos de globos. En 2018 los Observatorios tendrán la predicción a 24 y 48 horas del valor del vapor de agua, con una precisión mejor que 1 mm. Esto añade un potencial tremendo a la Astronomía Infrarroja en Canarias. No solo se ha demostrado que es viable, dado el valor bajo del PWV (casi la mitad del tiempo está por debajo de 3 mm), sino que, además, se tendrá la posibilidad de instalar los instrumentos infrarrojos como CanariCam o EMIR en las noches más idóneas.

GRANDES TELESCOPIOS

En el año 2005, el IAC participó en el proyecto europeo “Design study for the ELT” del sexto programa marco (FP6). En particular colideramos, junto al ESO, el paquete de trabajo de “site selection”. El responsable era la Universidad de Niza. El ORM quedó segundo en el ranking de candidatos para albergar el futuro gran telescopio europeo, el EELT, que ya se está construyendo en la cumbre Armazones -en Chile- muy cerca de Paranal. La competencia fue muy dura en todos los sentidos y aunque no se consiguió que el ELT se



La loma del futuro, en el municipio palmero de Puntagorda, fuera del límite actual del ORM y donde las condiciones son también excelentes, es el sitio elegido para el TMT si finalmente viniera a Canarias.

instalara en Canarias, el proyecto europeo fue un impulso muy importante para el *SiteTeam*. Tuvo un presupuesto muy elevado que permitió mejorar equipos, instalar nuevas técnicas y contratar personal muy cualificado para analizar los datos de las campañas como Begoña o Héctor Vázquez Ramió. El emplazamiento que se propuso y caracterizó para ubicar el ELT en la Palma fue la Degollada del Hoyo Verde -cerca de la Caldera de Taburiente- fuera del límite actual del ORM. Esa misma loma, a una altitud de 2.250 m, ha sido la que el TMT (*Thirty Meter Telescope*) ha elegido para ubicar el telescopio americano de 30 m si, finalmente, no pudiera ser instalado en Hawai (lo que no se ha decidido al cierre de esta revista). La elección de la Palma se hizo en base a los datos y resultados que durante cerca de 30 años el equipo de *Site Testing* del IAC había obtenido y que proporcionó al comité americano. El TMT había considerado para su decisión observatorios de primer nivel en Chile, México y Hawai, junto a la candidatura de Canarias.

Además de validar nuevas técnicas y nuevos algoritmos, una parte cada vez más importante del trabajo en el SiteTeam es explorar el uso de las valiosísimas bases de datos que ahora hay disponibles. Con las bases de datos existentes -como los datos de re-análisis meteorológico NCEP-NCAR o INTERIN- hay información de la atmósfera de cualquier punto del globo. Sin embargo, hay aspectos muy técnicos que son cruciales. La extinción atmosférica y los datos de satélites son un ejemplo. Las imágenes de satélite de baja resolución espacial -que dan un mapa de aerosoles o nubes- no permiten distinguir las cumbres despejadas y limpias de Tenerife y La Palma. Las islas son un punto del “grid” de los datos que están de fácil

acceso en la red. Usar la información con la precisión requerida en Astronomía implica acceder a datos crudos, una ingente cantidad de valores que han de ser tratados con algoritmos inteligentes. El análisis riguroso y la comparación y calibración constante con datos “in situ” que tenemos disponibles en los Observatorios son imprescindibles, y en los foros internacionales hay que presentar y defender estos resultados. Por ejemplo, CTA (*Cherenkov Telescope Array*) Norte vendrá a la Palma por toda la información acumulada de caracterización que avala la calidad de su atmósfera. Pero, además, se tuvo que demostrar que, tras un análisis correcto de datos de satélites, la cumbre del Roque está en un porcentaje muy alto del tiempo libre de nubes y, salvo excepciones puntuales, también libre de polvo y aerosoles.

En resumen y para concluir, la caracterización de la atmósfera para la Astronomía es ahora una disciplina sin límites, llena de potencial y retos y un campo de investigación que se está beneficiando de desarrollos en otras áreas. Las herramientas y las bases de datos son cada vez más sofisticadas, completas y precisas. El *SiteTeam* ha de ser cada vez más polivalente en su formación y, en particular, debe ser capaz también de hacer gestión de bigdata para poder extraer de modo óptimo toda la información existente para el uso del cielo para la observación astronómica. De algún modo se puede concluir que, gracias a la apuesta decidida del IAC, la dedicación central de un conjunto de personas cualificadas y el apoyo de expertos internacionales, la

caracterización de los Observatorios de Canarias es un ejemplo paradigmático.

Hay retos inmediatos que, por ejemplo, nos exigirán conocer aún con más detalle los parámetros de la atmósfera para implementar la óptica adaptativa de forma eficiente. Hay que prepararse y estar listos para adaptarnos y evolucionar y, solamente así conseguiremos que los Observatorios de Canarias sigan siendo un referente internacional; emplazamientos privilegiados, protegidos y cotizados para las infraestructuras de futuro. Canarias tiene un cielo de calidad extraordinaria para la observación astronómica -el Cielo de Canarias- y el IAC está decidido a que esté caracterizado, en cada momento y con todo el detalle que permita su máximo rendimiento en las décadas venideras.

Hay muchas personas que han participado y ayudado y que no he mencionado. En particular, los departamentos de ingeniería y software del IAC, los operadores de los telescopios e instrumentos, o el equipo de Nicola Caón y el CAU. La Oficina para la Protección de la Calidad del Cielo, Javier Díaz Castro y Federico de la Paz. Ausencias inexcusables en el texto son Luis Fernando Rodríguez Ramos, José Miguel Delgado, Marcos Reyes y, la última y crucial, Carlos Martínez. Gracias a todos.

CASIANA MUÑOZ-TUÑÓN

A la izquierda, monitor de Seeing “DIMMA” del IAC, instalado en el Observatorio del Teide (Tenerife), con la Estación Óptica Terrestre (OGS) de fondo. A la derecha, el Gran Telescopio Canarias (GTC).



Carme Gallart

Galaxias del Grupo Local

Carme Gallart es Investigadora Científica en el Instituto de Astrofísica de Canarias (IAC). Su línea de investigación se centra en la formación y evolución de galaxias, a través del estudio de las galaxias del Grupo Local, nombre por el que se conoce al conjunto de galaxias del que forma parte la Vía Láctea.

Presentó su tesis doctoral en 1996 en la Universidad de La Laguna, sobre la evolución de la galaxia del Grupo Local NGC 6822. Este trabajo demostró que esta galaxia contiene una gran cantidad de población vieja, contrariamente a la idea vigente en ese momento de que las galaxias irregulares enanas eran sistemas jóvenes. Durante su primer postdoctorado en los Observatorios Carnegie de Pasadena (Estados Unidos), continuó su trabajo sobre la historia de formación estelar en galaxias enanas, usando por primera vez diagramas color-magnitud muy profundos obtenidos con el Telescopio Espacial Hubble. Su artículo sobre la galaxia Leo I introdujo sofisticadas técnicas de análisis que supusieron un cambio en el estilo de trabajo en el campo de investigación. Su segundo periodo posdoctoral transcurrió a medio camino entre las Universidades de Yale (Estados Unidos) y de Chile, donde tuvo acceso a los telescopios ubicados en este país del Hemisferio Sur, entre ellos, los recién inaugurados (en 1999) Very Large Telescope del Observatorio Europeo Austral (ESO). En este periodo posdoctoral inició sus trabajos sobre las Nubes de Magallanes.

En 2002 regresó a España y al IAC gracias a uno de los primeros contratos Ramón y Cajal, y en 2006 obtuvo un puesto de Investigadora Titular en el IAC, donde desde 2017 tiene la categoría de Investigadora Científica. En este periodo, introdujo en su equipo de investigación el uso de varias técnicas complementarias al estudio de los diagramas color-magnitud: la espectroscopía para determinar la cinemática y la composición química de las estrellas en las galaxias del Grupo Local y las estrellas variables de tipo RR Lyrae como trazadoras de las características de las poblaciones estelares más viejas.

Entre sus principales proyectos de investigación, destaca el proyecto "Cosmología Local a partir del estudio de galaxias enanas aisladas" (LCID, de *Local Cosmology from Isolated Dwarfs*), del que ha sido investigadora principal. Este proyecto consiguió



97 órbitas en el altamente demandado Telescopio Espacial Hubble en 2004 y ha dado lugar hasta ahora a 13 artículos en revistas internacionales con árbitro. Actualmente, forma parte del ambicioso proyecto SMASH (*Survey of the Magellanic Stellar History*), al que se le han concedido más de 60 noches de observación con el telescopio de 4 m del Observatorio Inter-Americano de Cerro Tololo (CTIO) en Chile. Con él se pretende realizar un análisis completo de la historia de la formación estelar y la estructura de las Nubes de Magallanes.

Carme ha publicado más de 100 artículos en revistas internacionales con árbitro (uno de ellos, un artículo por invitación en la prestigiosa revista *Annual Reviews of Astronomy and Astrophysics*), ha participado en más de 50 congresos internacionales, en los que ha impartido 16 charlas invitadas, y ha sido docente en dos escuelas internacionales. Asimismo, ha dirigido 10 proyectos de investigación que han recibido financiación pública o privada en España, Estados Unidos y Chile, entre ellos 4 proyectos financiados por los planes nacionales de I+D. Ha dirigido 6 tesis doctorales, así como varias de Máster. Finalmente, participa regularmente en comités de gestión científica, entre los que cabe destacar el ESO Public Survey Panel desde 2014, y el Comité de Coordinación Severo Ochoa durante el periodo 2012-2015. Ha participado en el comité científico organizador de 4 congresos y escuelas internacionales.

VECINOS GALÁCTICOS

El Grupo Local es muy relevante para la investigación de la estructura, la formación y la evolución de las galaxias. En su estudio se usa espectroscopía y fotometría de sus estrellas individuales –verdaderos fósiles que retienen información sobre las condiciones del Universo en el momento en que se formaron– para, con la ayuda de la teoría de la evolución estelar y de modelos dinámicos, delinear en detalle su proceso de ensamblado y su evolución, desde su formación hasta el momento actual. "Este es un enfoque complementario al estudio de la formación y evolución de galaxias a través de objetos a distancias cosmológicas, que nos proporcionan instantáneas, menos detalladas, de un gran número de galaxias en momentos específicos de su evolución. Un poderosísimo enfoque local del estudio de los procesos de formación y evolución de galaxias que es aplicable, por el momento, a un volumen muy pequeño del Universo y, con toda su potencia, al Grupo Local", explica Carme Gallart. "Sin embargo -añade-, entre su centenar de miembros, aquí tenemos representantes de la mayoría de tipos de galaxias, excepto, principalmente, de una elíptica gigante."

El Grupo Local está dominado, en masa, por la Vía Láctea y Andrómeda, que son centros de sistemas de galaxias satélites. Además, hay un buen número de galaxias enanas aisladas. "Para cada una de estas galaxias -subraya Carme-, se puede obtener información detallada de estrellas de todas las edades, y por lo tanto, abordar cuestiones de interés cosmológico tales como ¿dependen la época y la intensidad de la formación estelar primitiva, y la evolución subsiguiente, del tipo de galaxia o de su entorno? Podemos también examinar el modelo jerárquico de formación de galaxias por fusión de otras más pequeñas, a través de la observación de estos eventos en galaxias en un amplio rango de masas, desde la Vía Láctea, a las galaxias enanas, así como el papel de las interacciones en la evolución de las galaxias a través del estudio de los sistemas en interacción en el Grupo Local. Finalmente, a través de estudios de morfología, gradientes de población estelar y cinemática interna, es posible acotar modelos detallados de formación y evolución de galaxias enanas. Además, podemos usar las galaxias cercanas como laboratorios para calibrar o poner a prueba herramientas fundamentales de uso general en Astrofísica como son los modelos de evolución estelar o el uso de la síntesis de poblaciones para interpretar la luz de galaxias lejanas."

SILVIA GRANJA



Nubes de Magallanes vistas desde Namibia. Crédito: Shelios y starryearth

Julia de León

La órbita de asteroides peligrosos y el "Planeta nueve"

Entre la etapa en el Observatorio del Roque de los Muchachos, en Garafía (La Palma), donde Julia de León estuvo recopilando datos de más de un centenar de asteroides para su tesis doctoral, y las misiones espaciales de la NASA en las que ella colabora, distan años de mucho esfuerzo y observaciones. En La Palma empezó a especializarse en la composición mineralógica de asteroides y, con los años, sus investigaciones siguen estando orientadas a averiguar qué pasa en objetos que están a miles de kilómetros de nosotros para entender mejor lo que ocurre aquí, en la Tierra. Esta investigadora del Instituto de Astrofísica de Canarias (IAC), que también ha trabajado en el Instituto de Astrofísica de Andalucía (IAA) y en el grupo de Ciencias Planetarias de la Universidad de La Laguna (ULL), fue una de las organizadoras de la XXVIII Canary Islands Winter School of Astrophysics, en la que impartió una de las sesiones centrada en el procesamiento de imágenes de superficies planetarias. También lidera una investigación sobre dos asteroides lejanos observados por primera vez mediante espectroscopía con el Gran Telescopio CANARIAS (GTC) y cuyas propiedades dinámicas sugieren un posible origen común, lo que apunta a la existencia de un planeta más allá de Plutón, el denominado “Planeta Nueve”.

En la actualidad, ¿qué misiones existen para el estudio de la superficie de asteroides y planetas? ¿Qué objetivos se han marcado?

Realmente estamos en un momento álgido de la exploración del Sistema Solar, y en particular estos últimos años han sido muy intensos. Ahora mismo tenemos, por parte de la NASA, la misión Dawn, que analizó la superficie del asteroide Vesta y que está completando el estudio del planeta enano Ceres; la misión OSIRIS-REx, que se lanzó el 8 de septiembre de 2016 y que viajará hasta el asteroide Bennu para traer muestras de su superficie; las misiones en Marte, incluyendo los rovers que están estudiando su superficie (Curiosity y Opportunity); y la misión Juno, destinada al estudio de Júpiter, y que en julio de 2016 entró en órbita alrededor del planeta. Además, la Agencia Espacial Japonesa (JAXA) lanzó la misión Hayabusa 2 en 2014



para traer muestras del asteroide Ryugu, y está previsto que llegue a su destino a mediados de 2018. Por parte de la Agencia Espacial Europea (ESA), cabe destacar la misión Rosetta, que se completó en septiembre de 2016 y que ha sido un éxito sin precedentes, y la misión ExoMars, también para el estudio de Marte, que entró en órbita con el planeta. La pérdida del módulo Schiaparelli ese mismo año no hace sino poner de manifiesto lo complejo de estas misiones. Nos hemos ‘malacostumbrado’ a que salga todo bien.

¿Cuáles están planeadas para el futuro?

En octubre del año 2018, está previsto el lanzamiento de la misión BepiColombo, una colaboración de la ESA con la JAXA, que estudiará Mercurio. Hace poco se aprobó la misión Juice, también de la ESA, que se lanzará en 2022 y que está destinada al estudio de Júpiter y tres de sus lunas (Ganímedes, Calisto, y Europa). Además, tenemos misiones extendidas, como la Cassini-Huygens (NASA-ESA), que explora Saturno, o la New Horizons (NASA), que el año pasado sobrevoló Plutón y que está previsto que explore el cinturón de Kuiper.

Entre las misiones que han sido aprobadas recientemente están varias misiones de la NASA. La primera, Europa Clipper, para estudiar esta luna helada de Júpiter. Además, están las misiones Psyche, para estudiar un asteroide de

tipo metálico, y Lucy, que estudiará los asteroides llamados Troyanos de Júpiter que orbitan junto al planeta gigante.

¿Cómo se estudian las superficies de asteroides? ¿Se puede conocer la composición interior de un asteroide estudiando muestras de dicha superficie?

Estudiamos las superficies planetarias y las de los asteroides tomando imágenes con una alta resolución espacial (en el caso de las misiones). De esta manera, analizamos la morfología de dichas superficies con mucho detalle, donde encontramos una gran variedad de estructuras geológicas: cráteres, montañas, valles, rocas, etc. Usando un conjunto de filtros o directamente un espectrógrafo, obtenemos además información sobre la composición de estas superficies.

Aunque no podemos tener información directa de la composición del interior de estos cuerpos, podemos inferirla estudiando el material de zonas que hayan sido expuestas, como en el caso de los cráteres, y recopilando información sobre la masa y la densidad del objeto.

Para manejar la gran cantidad de datos que obtienen las misiones espaciales, hay programas informáticos muy sofisticados y potentes que los analizan y procesan. ¿Cómo funcionan esos softwares? ¿Qué datos se pueden extraer de esas imágenes?

Hay que tener en cuenta que las imágenes que obtenemos con las cámaras que van a bordo de las naves son proyecciones bidimensionales de una superficie tridimensional. Por tanto, hay que corregir efectos tan simples como que la sombra que proyecta una elevación en el terreno se confunda con un oscurecimiento del material debido al cambio en la composición. Por eso, los programas son complejos e incorporan muchísima información de los sensores de la nave, que se usan como referencia espacial y ayudan a cartografiar la superficie y a hacer un modelo de forma (shape model) o 3D que elimine este tipo de errores.

¿Es indispensable saber usarlos?

Sí, si se va a trabajar con imágenes de misiones espaciales. En cualquier caso, estos programas usan muchos formatos que son estándares y conocidos por los astrónomos que se dedican al análisis de imágenes –como puede ser el formato FITS–, así que con un entrenamiento específico es relativamente fácil aprender a usar estos programas y sacarles el mayor provecho.

Actualmente, estás dentro del grupo científico de la misión OSIRIS-REx. ¿Cuál es su papel en ella y qué objetivos se ha marcado?

Formo parte del grupo de procesamiento de imágenes (*Image Processing Working Group, IPWG*) y entre las tareas que tenemos asignadas está la preparación para cuando empecemos a recibir las imágenes del asteroide. Básicamente, nos estamos entrenando con el uso del software (ISIS3) utilizando imágenes de otras misiones. Además, nos encargamos de realizar los mapas de colores de la superficie, es decir, de estudiar su composición y ayudar a decidir cuál es el mejor sitio para la recogida de las muestras.

A través de catálogos como el SDSS, el PRIMASS, VISTA VHS, el J-PLUS y la misión GAIA se han identificado y caracterizado múltiples asteroides en el Sistema Solar, y aunque no todos se encuentran en el conocido Cinturón de Asteroides –entre las órbitas de Marte y Júpiter– ¿se puede saber la trayectoria que siguen estos objetos “errantes” para calcular posibles impactos con otros cuerpos o, incluso, con naves espaciales? Y si se detectase un acercamiento con una posible colisión, ¿qué factores serían determinantes para poder evitarla y anticiparse a ella?

Los objetos “errantes” no son sino los llamados asteroides cercanos a la Tierra, y los que se acercan “mucho” reciben el nombre de “potencialmente peligrosos” (o PHAs, de sus siglas en inglés). Este es un tema que preocupa especialmente y se destinan muchos recursos a identificar y tener la mayor información posible de la órbita de estos objetos.

Afortunadamente, en la actualidad tenemos identificados y conocemos muy bien la órbita de más del 90% de los asteroides con un tamaño mayor de 1 km, que son los que podrían provocar una catástrofe a nivel mundial en el caso de impactar con la Tierra. No obstante, los más pequeños, que también pueden causar graves problemas en el caso de una colisión, son más difíciles de detectar. Así que es muy importante hacerles un seguimiento continuado, porque cada vez que se acercan a la Tierra, la gravedad de ésta modifica ligeramente su órbita y las probabilidades de impacto cambian también. La mejor manera de anticiparse a una posible colisión es destinar recursos para su detección y su estudio de forma continuada.

ELENA MORA

Antonia María Varela

Yo, astrofísica

Apenas contaba con dos años de edad cuando atosigaba a mi madre por ir al "kinder", me parecía un lugar idílico, un paraíso para niños. Aún no sé si lo hice para divertirme, aprender y hacer amigos, o sencillamente para incordiar o imitar a mi hermana mayor. En cualquier caso, mi madre no frenó mi ímpetu, sino todo lo contrario. De modo que con escasos dos años y medio de edad, ya leía con fluidez y escribía con una facilidad inusual. Tras estos años sorprendí a mis padres, orgullosos de que llegaría lejos, diciéndoles que yo quería ser “gitana” y bailadora de flamenco... pero, al no encontrar apoyo ni posibilidades, opté por querer ser mecánica y conducir un camión, algo no muy frecuente entonces en una niña. Ya con 5 o 6 años me gustaba jugar con coches y construir garajes y casas con piezas del dominó de mi padre, a la vez que desde los ventanales del colegio femenino de monjas donde me crié, miraba al cielo, observando los escasos aviones que entonces sobrevolaban mi isla, soñando con el día en el que trabajaría en algo que me permitiera viajar y conocer mundo. Entonces no imaginé que en realidad terminaría explorando otros mundos diferentes.

Ahora que retrocedo al pasado, admito que el colegio fue para mí ese sitio donde aprendí mucho de historia, literatura e idiomas, y donde descubrí la inmensidad de un átomo y de una célula, era fascinante la química y la física de algo tan diminuto, todo ocurre por algo que tiene una explicación científica y las matemáticas son su lenguaje. Pero también fue ese lugar donde aprendí a valerme por mí misma y a confiar plenamente en mí y en mis posibilidades. A partir de entonces, y tras memorizar el principio de inercia del libro de *Cosmos* de 4º de Primaria, ya sabía que quería estudiar una carrera de ciencias o tecnológica. Reconozco que durante un tiempo me atrajo la Arquitectura, el estudio de las formas y cómo



integrarlas en un paisaje, pero esta vocación sucumbió a otra más intensa.

Fue a la edad de 14 años cuando mis padres decidieron pasar un verano, que se alargó hasta Navidad, en el Monte de la Esperanza (Tenerife). La escasísima contaminación lumínica y la accidental llegada a mis manos del libro *El Universo* de Isaac Asimov a través de una amiga hicieron todo lo demás. Desde entonces supe que quería ser “astrofísica”.

En aquella época se cursaba la especialidad de Astrofísica en la Universidad de La Laguna (ULL), pero no el primer ciclo de Físicas, con lo que tenía intención de cursarlo fuera de Tenerife. Pero, justo un año antes de comenzar mis estudios universitarios, se inauguró este ciclo en la ULL. Esto hizo que yo fuera la primera doctora en Astrofísica que cursó sus estudios completos de Física en esta universidad.

Éramos apenas un 10-20% de mujeres, por suerte tuve magníficas compañeras y compañeros, y admito que mi condición de mujer no supuso ningún impedimento para lograr todos mis objetivos. Pero, en ocasiones, nosotras sentíamos que teníamos que esforzarnos más para destacar en cualquier materia.

En 4º curso, ya en la especialidad de Astrofísica, obtuve una beca para ir dos meses al Royal Greenwich Observatory, ubicado entonces en Hertsmonceux. Fue mi primer encuentro “profesional” con la Astrofísica. Me fascinó. Mi trabajo sobre el cometa Halley con el Prof. Derek Jones supuso una enriquecedora experiencia. Entonces, las imágenes del cometa se obtenían en placas fotográficas –como las que procesaba Henrietta Leavitt y otras mujeres astrónomas del conocido “harén astronómico” de Pickering a principios del siglo XIX en Harvard-, pero que yo analizaba con un microdensitómetro.

En 5º comencé a decantarme por las galaxias... esos remolinos de gas, polvo y estrellas parecían albergar miles de misterios aún por descifrar. Y al finalizar mis estudios obtuve una beca de verano en el Instituto de Astrofísica de Canarias (IAC) con los profesores John Beckman y Jordi Cepa para trabajar en parámetros orbitales de galaxias satélites, en particular los de nuestra vecina Andrómeda (M 31) y sus vecinas M 32 y NGC 205. Fue mi primer encuentro directo con el IAC y con algunos de sus investigadores. Ya soñaba con entrar en este instituto.

Ya licenciada, obtuve una beca para realizar mi tesis doctoral en Cambridge, pero a su vez obtuve una plaza de Astrónomo Residente en el IAC. Yo era la única mujer entre los seis residentes seleccionados. Por esos avatares de la vida, en aquel momento ya había conocido a un chico en Tenerife (ahora mi marido y padre de mis hijos), que también inclinó la balanza a permanecer en Tenerife. Estoy convencida de que mi carrera en Cambridge, centro que posteriormente visité durante mi tesis, hubiese sido una experiencia con la que cualquier estudiante soñaría. Sin embargo, el IAC era un centro recién inaugurado y todo aquí era un reto. Disfruté de una tesis de lujo, bajo la dirección de la Prof. Casiana Muñoz-Tuñón. La parte teórica de la tesis, que versaba en modelos tridimensionales de bulbos de galaxias espirales cercanas, la desarrollé en el Instituto de Astrofísica de París, bajo la dirección del Prof. Eduardo Simonneau, colaboración que continuó durante muchos años.

Pude disfrutar de cursos y congresos especializados en Suiza, Irlanda, Reino Unido, Chile, Alemania, etc. y mantener contacto y colaboraciones con grandes maestros. Asimismo, desde los Observatorios de Canarias, realicé observaciones que luego serían la materia prima para futuras tesis doctorales.

Tras leer la tesis tuve a mis dos hijos, brillantes estudiantes y aún si cabe, mejores personas, ahora ya adultos, pero admito que fue una fase complicada para conciliar mi vida familiar y profesional. Ya embarazada de ellos continuaba viajando, impartiendo clases y yendo con asiduidad a los Observatorios. En aquellos años, tenía un contrato de GRANTECAN para la selección del sitio del Gran Telescopio Canarias (GTC). Hice muchos esfuerzos para continuar con mi formación e investigación, ya con una plaza posdoctoral en el IAC en caracterización astronómica de los Observatorios de Canarias, algo novedoso entonces, pero que ha tenido en las últimas décadas un especial auge por la relevancia de la selección de sitio para grandes y giga-telescopios, así como para la caracterización permanente de los Observatorios de Canarias y la defensa de su posición entre los mejores lugares del planeta para observar el cielo.

Creo que es a partir de entonces cuando me doy cuenta de que ser madre podía condicionar mucho mi desarrollo y actividad profesional. Sin el apoyo de mi marido y la ayuda de la familia, a la que tenía afortunadamente cerca, hubiese sido mucho más complicado.

Admito que ahora, 20 años después, haría algunas cosas de diferente manera, salvo el tiempo dedicado a mis hijos. Creo que se puede ser buena profesional y buena madre a la vez, sólo basta con saberte perdonar cuando te equivocas y admitir tus limitaciones. Que nuestras experiencias y nuestra formación, lejos de distanciarnos de nuestros hijos, les enriquecen y forman. Y que nuestro ejemplo, como mujeres científicas y trabajadoras en general, es la mejor lección para educarlos en la igualdad, la tolerancia y el respeto.

Ahora que he explorado y conozco más a fondo el papel de las mujeres en Ciencia y en particular en Astronomía, mujeres en la sombra, historias ocultas, descubro las dificultades históricas y sociales con las que se tuvieron que enfrentar y agradezco su valentía y coraje por permitir que ahora yo pueda estar, entre otras cosas, redactando este artículo.

ANTONIA MARÍA VARELA

(Ver ¿Quién fue Henrietta Leavitt?", en esta revista, en págs. 100-101)

Mary Barreto

Gestión de proyectos de Instrumentación

La ingeniera del Instituto de Astrofísica de Canarias (IAC) Mary Barreto recibió el 10 de octubre de 2016, en Madrid, el premio “Mujeres con Talento”, dentro de la categoría “Innovación y empresa” como “talento consolidado”. Estos premios, promovidos por la marca “Activia”, reconocen el talento de seis mujeres profesionales que destacan en ámbitos muy diversos, divididos en esta primera edición en “Arte y creación” y “Gastronomía”, además de la ya mencionada “Innovación y empresa”. Tras la entrega del premio, Mary Barreto agradeció a “Activia” y, especialmente, al IAC, haberle dado la posibilidad de disfrutar de su trabajo durante 30 años. En su discurso, también destacó que las mujeres normalmente no lo tienen fácil, pero afirma que es importante transmitirles que pueden desarrollar sus aptitudes “si lo hacen con pasión y autoconfianza”.

Mary Barreto, natural de La Palma, pasó su infancia entre los talleres de artesanía y el antiguo molino que construyeron sus antepasados en una finca de la Isla. Poco a poco, ese trabajo y espíritu familiar de pasión por el trabajo bien hecho le dejarían huella y contribuirían a que, finalmente, estudiara Ingeniería Industrial en la Universidad de Zaragoza. Después, regresó a La Palma, donde durante nueve años fue la administradora de uno de los observatorios astrofísicos del IAC: el Observatorio del Roque de los Muchachos, en el municipio palmero de Garafía. “Allí viví todo tipo de situaciones que después me han servido para ganar experiencia como profesional, pero sobre todo como persona”, afirma. Tras esa temporada, se trasladó a la sede central del IAC, en La Laguna, donde hoy en día es gestora de proyectos



de Instrumentación. Lo ha sido de los espectrógrafos EMIR –instalado recientemente en el Gran Telescopio CANARIAS (GTC)- y de LIRIS, que desde 2003 está observando a pleno rendimiento en el Telescopio William Herschel (WHT), del Grupo de Telescopios Isaac Newton (ING), ambos en el Observatorio que ella misma administró.

A pesar de que este premio reconoce su trayectoria profesional y personal de forma individual, asegura que no hubiera conseguido nada sin las personas que han conformado los equipos que ha tenido el placer de gestionar. “Para mí es importantísimo que todas las personas aporten lo mejor de sí mismas como profesionales, que brillen con luz propia, y trabajen a gusto y disfrutando para poder cumplir los grandes retos que nos marcamos. Esta es la única forma en la que concibo mi trabajo”, concluye.

Previamente a la entrega de premios, “Activia” llevó a cabo el estudio “Mujeres InSync”. Si bien el estudio señala las posibles barreras autoimpuestas que frenan el desarrollo de su potencial, el 80% de las encuestadas considera que no se reconoce suficientemente su talento. “Con ello nos referimos a barreras externas, como el denominado techo de cristal, la discriminación por maternidad, la conciliación de la vida laboral, la concepción masculina del éxito y la cultura organizativa institucional y empresarial. Con estos premios, se pretende dar visibilidad a este problema y fomentar el desarrollo pleno de las capacidades de nuestras profesionales.”



Patricia Fernández Izquierdo

El desarrollo de instrumentación astronómica

Patricia Fernández Izquierdo es ingeniera industrial (especialidad Mecánica) y doctora en Ingeniería Energética. En la actualidad, ocupa el puesto de Ingeniera en el Departamento de Mecánica del Instituto de Astrofísica de Canarias (IAC), siendo por ahora la única mujer en este departamento. Inició su carrera profesional en el IAC en marzo de 2007 y, desde entonces, ha participado en la mayoría de los proyectos de desarrollo tecnológico liderados por el IAC.

Sus funciones incluyen el desarrollo, ensamblaje, integración y verificación de sistemas mecánicos, optomecánicos y estructurales, de instrumentos que trabajen en longitudes de onda visible, infrarroja y de microondas; la colaboración activa en el desarrollo de los proyectos; el análisis de las necesidades de los equipos, programas e instrumentos requeridos; el diseño, desarrollo y puesta a punto de los equipos, programas e instrumentos requeridos para los proyectos; la coordinación y supervisión del trabajo del personal asignado a su cargo; el control de la calidad del producto desarrollado; la supervisión de los trabajos encargados tanto interna como externamente; la responsabilidad de los equipos y materiales asignados; la documentación de los instrumentos, equipos o programas desarrollados; la elaboración de informes técnicos y/o artículos científico-técnicos sobre los resultados obtenidos y/o el estado del proyecto; el asesoramiento en la adquisición e implantación de nuevas tecnologías; y la formación y asesoramiento al personal con menos experiencia.



OSIRIS Y EMIR

Como responsable del transporte, integración y verificación del Instrumento OSIRIS (*Optical System for Imaging and low Resolution Integrated Spectroscopy*) en el Gran Telescopio de Canarias (GTC), realizó el desmantelamiento del instrumento en el IAC. Ello requirió de un equipo interdepartamental que, bajo su coordinación y supervisión, preparó a Osiris para su traslado. Las maniobras de desacoplamiento y acoplamiento de Osiris al rotador Nasmyth del GTC se realizaron bajo su responsabilidad, planificando y coordinando a un gran equipo de personas que, con mucha profesionalidad y dedicación, lo hicieron posible. “La responsabilidad de estos trabajos –comenta– supuso un gran reto para mí, pero también una gran oportunidad para aprender sobre instrumentación astronómica, desde su desarrollo en los laboratorios hasta su integración en el telescopio, poniendo a prueba mis habilidades.”

Desde el año 2012 hasta la actualidad, ha sido la ingeniera responsable de la integración y puesta en marcha del Sistema de Crio-vacío del espectrógrafo infrarrojo EMIR (*Multi-object Infrared Spectrograph*), cuya instalación final en el GTC fue realizada en junio de 2016. EMIR es el instrumento astronómico más complejo fabricado hasta hoy en el IAC, equipado con tres subsistemas de tecnología de última generación, algunos especialmente diseñados para este proyecto. Durante las diferentes etapas de AIV (Armado, Integración y Verificación), Patricia observó y padeció la vulnerabilidad de los instrumentos astronómicos frente a fallos, lo que le permitió adquirir las habilidades para resolver los problemas técnicos que normalmente aparecen en esta fase del desarrollo de la instrumentación astronómica.

También colaboró activamente en la puesta en marcha del sistema de enfriamiento del proyecto QUIJOTE así como en la puesta en operación y caracterización criogénica del EMCTS, el criostato de pruebas multipropósito de EMIR.

CRIOGENIA

Hoy por hoy, esta ingeniera se halla inmersa en el desarrollo y consolidación del Área de Criogenia del Departamento de Mecánica. “Estas capacidades –subraya– resultan fundamentales para que el IAC se posicione y adquiera una activa participación en la construcción de los futuros instrumentos”. Por ello, Patricia está sumamente interesada en el desarrollo de varias líneas de investigación que compagina con los proyectos en los que está involucrada.

“El Departamento de Mecánica –explica Patricia– tiene que ganar experiencia sólida con el sistema de refrigeración de flujo continuo de nitrógeno líquido. Esta técnica será la adoptada por la mayoría de los instrumentos que se instalarán en telescopio Extremely Large Telescope (ELT). Para ello, resulta fundamental crear una instalación que use dicha tecnología.”

El amor a su carrera y la posibilidad de trabajar en un ambiente único le han llevado a la divulgación científica. Así, cada vez que puede, colabora en charlas y proyectos, así como en la dirección de estudiantes durante la realización de becas de verano o prácticas en empresa y en la dirección de proyectos de final de carrera. Patricia es, según sus propias palabras, “una apasionada de la ciencia y la tecnología con la magnífica suerte de poder dedicarse a ella”.



OSIRIS en el Gran Telescopio Canarias (GTC). Crédito: Pablo Bonet (IAC)

Teodora Viera

Reconocimiento a la Ingeniería

Teodora Viera Curbelo es ingeniera industrial. En la actualidad, ocupa el puesto de Ingeniera Senior del Departamento de Electrónica del IAC, siendo la única mujer en este departamento. Lleva trabajando en este instituto desde octubre de 1990 y en estos veintisiete años de carrera profesional, ha trabajado en muchos proyectos tanto nacionales como internacionales.

En el proyecto Optical Ground Station (OGS) estuvo diez años. Trabajó para la Agencia Espacial Europea (ESA) en el diseño, la fabricación y la integración del sistema de comunicación óptica entre un satélite y la estación de tierra. El equipo profesional estaba formado por gente de múltiples nacionalidades, con gran cualificación técnica, que trabajaban con el mismo objetivo. “Existían –explica– procedimientos, documentación y análisis de calidad para cada tarea, evaluación de errores de diseño muy exhaustivos. Fue muy duro y exigente trabajar en este proyecto. Pero lo recuerdo como una experiencia laboral muy gratificante”.

En el proyecto Wind Evaluation Board (WEB) estuvo seis años, trabajando para el European Southern Observatory (ESO). “Se fabricó el primer anillo del espejo primario del Extremely Large Telescope (ELT), se situó en el Observatorio del Teide y probamos varias tecnologías para controlar la perturbación que ejercía el viento sobre el espejo. El equipo profesional del proyecto estaba formado por científicos, técnicos y personal de diferentes empresas interesadas en probar nuevas tecnologías. Trabajar con empresas tecnológicas añade



una visión diferente a nuestro trabajo, hay un equilibrio entre el ‘riesgo en la innovación’ y la ‘posibilidad de conseguir contratos’”.

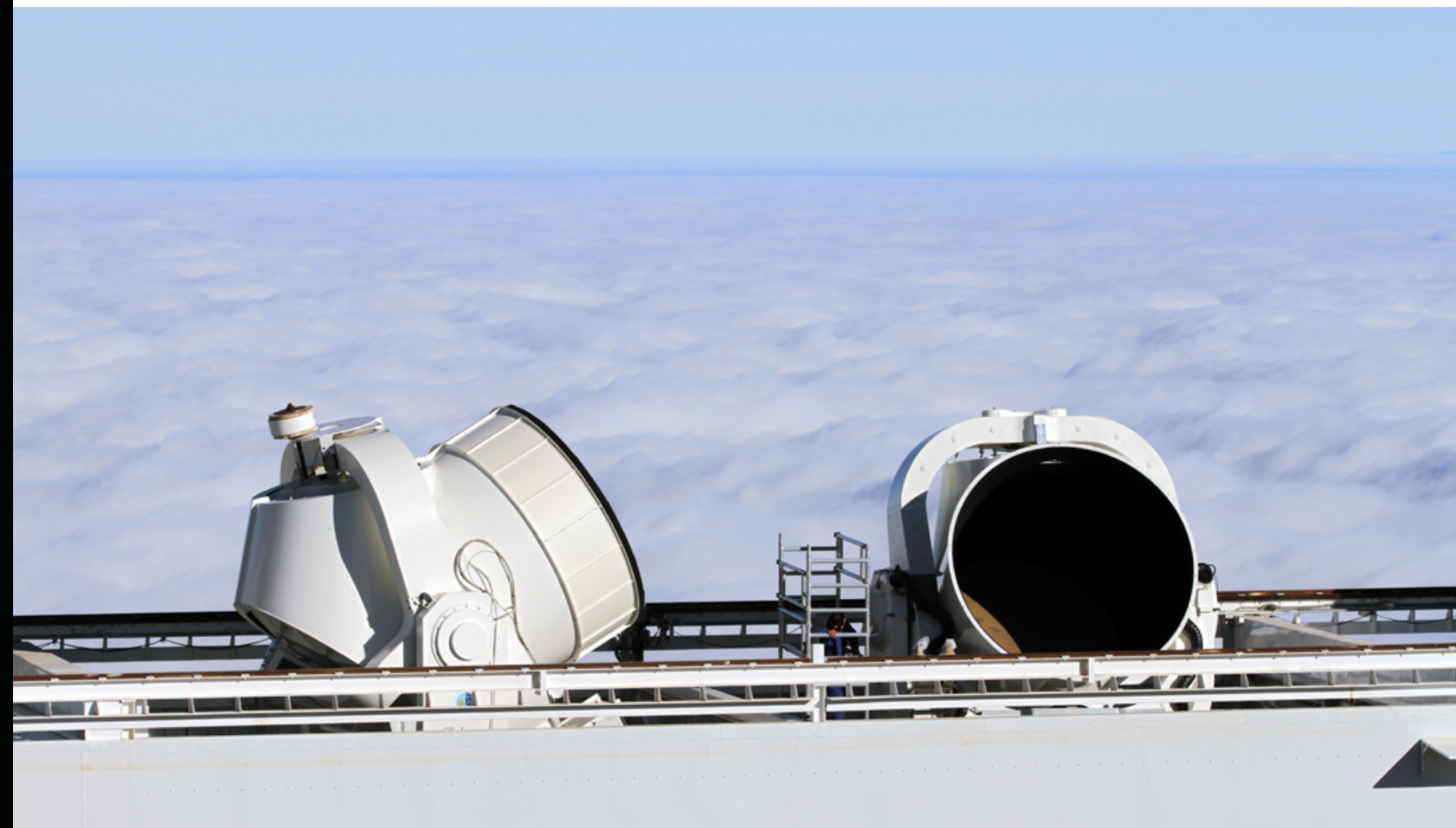
En el Proyecto PACT-ELT estuvo tres años trabajando para la empresa CESA (Compañía Española de Sistemas Aeronáuticos). Se desarrolló un nuevo actuador para el espejo primario del ELT. “Debíamos desarrollar un producto innovador con el menor coste de fabricación. Aprendí muchísimo sobre el concepto de ‘coste económico’ en el mundo empresarial”.

En la actualidad, Dora Viera trabaja en el programa científico-técnico de QUIJOTE, proyecto en el que lleva seis años. “Desarrollamos equipos tecnológicos que permitan a los científicos detectar las ondas gravitacionales. Diseñamos, fabricamos y verificamos instrumentos ‘únicos’ en los mercados con todos los riesgos que esto conlleva.”

En ocasiones, esta ingeniera se ha preguntado: “¿Qué hace una chica como tú en un lugar como éste?” La respuesta es: “Mi trabajo y desarrollar mi profesión de ingeniera”. Una respuesta que encierra un gran reconocimiento a la ingeniería. “Ser ingeniera me ha dado la posibilidad de aprender de otros profesionales, excelentes, de diferentes ámbitos y nacionalidades. Pero, sobre todo, me ha permitido ser una persona ambiciosa. Definiendo la ambición como el deseo por superarse, de ser perseverante y de ser humilde para aprender lo que no sé.”

Además de Dora Viera, en el Área de Instrumentación del IAC trabajan muchas otras mujeres en Ingeniería y en distintas especialidades. En Mecánica, **Patricia**

Fernández Izquierdo; en Óptica, **Ana Belén Frago**, **Iciar Montilla García**, **Luz María Montoya Martínez**, **Alba Eva Peláez Santos** y **Marta Puga Antolín**. En Software, **Marta del C. Aguiar González**, **M. Francisca Gómez Reñasco**, **Heidy Moreno Arce**, **Esperanza Páez Mañá** y **Josefina Rosich Minguell**. En Proyectos, **Carmen Marillaj Barreto** y **M. Rosario Pérez de Taoro**. Y en Secretaría, **Rocío Mesa Martínez**. Además, en IACTEC, un espacio de cooperación tecnológica y empresarial, promovido por el IAC, trabajan actualmente **Clara Borges Perera**, como gestora de la Innovación, **Inés Serrano Esparza**, como ingeniera óptica para el proyecto de Microsatélites, **Yolanda Martín Hernando**, como ingeniera electro-óptica, y **Lourdes Garrido Rey**, en gestión administrativa.



Experimento QUIJOTE, en el Observatorio del Teide (Tenerife).



De izquierda a derecha y de arriba abajo: Margherita Bettinelli, Nuria Casasayas Barris, María Cebrián Renau, Roshan Nushkia Chamba, Patricia Chinchilla Gallego, Melania Cubas Armas, Amanda M. del Olmo García, Elham Eftekhari Ardakani, Carina Fian, Rebeca Galera Rosillo, Ana Belén Griñón Marín, Federica Guidi, Mónica Hernández Sánchez, Paula Izquierdo Sánchez, Valeria Liakh, Cristina Martínez Lombilla, Noelia Martínez Rey, Lara Monteagudo Narvión, María Montes Solís, Sara Murabito, Alba Peláez Santos, Francesca Pinna, Beatrice Popescu Brailleanu, Sara Rodríguez Berlanas, Núria Salvador Rusiñol, Efsan Sökmen y Gaia Vanzo.

Doctorandas en Astrofísica

Haciendo una tesis

Actualmente, en el Instituto de Astrofísica de Canarias (IAC) están realizando su tesis doctoral 69 estudiantes, de los cuales 27 son mujeres, lo que representa un 39% del total. Estas alumnas de doctorado proceden de distintos países, como Austria, Irán, Italia, Sri Lanka, Rumania, Turquía y Ucrania, además de España. Se encuentran en el IAC porque han sido seleccionadas, en convocatorias muy competitivas, de entre estudiantes de todo el mundo y han obtenido becas para realizar su tesis doctoral en distintas ramas de la Astrofísica.

Principalmente, estas 24 estudiantes han conseguido becas del programa de astrofísicos residentes (programa propio del IAC), becas de formación de personal investigador (FPI) concedidas por el Ministerio de Educación, Cultura y Deporte, o han sido seleccionadas en el marco del programa INPhINIT, destinado a los mejores jóvenes investigadores internacionales para incorporarse a centros de excelencia españoles financiados por la Fundación la Caixa o con alguna beca específica de su país.

Antes de obtener la beca para realizar el doctorado, estas jóvenes han tenido que terminar un grado en Físicas, Matemáticas o Ingeniería en cualquier universidad del mundo. En España existen 34 universidades públicas que imparten grados o dobles grados en Física y Matemáticas. El grado de Ingeniería, en cambio, sí se puede cursar en muchas universidades españolas, tanto públicas como privadas.

Las graduadas, en cualquiera de los tres grados (Físicas, Matemáticas o Ingenierías), adquieren con sus estudios sólidos conocimientos en estas materias y se forman para ser capaces de afrontar y solucionar problemas. En los cuatro años que dura el grado también adquieren constancia, disciplina y responsabilidad en el trabajo, entre otras habilidades, para continuar con los siguientes pasos en su formación académica: Máster y Doctorado.

Para iniciar un doctorado se requiere haber cursado un máster, y para acceder a una beca que permita realizar una tesis en Astrofísica se valora que el máster proporcione los conocimientos para poder investigar en las diferentes líneas de este campo. Todas han finalizado con resultados excelentes diferentes másteres especializados en Astrofísica. Algunas de ellas han estudiado en la Universidad de La Laguna (ULL): 14 fueron estudiantes del Máster en Astrofísica de la ULL y el IAC. Otras han cursado másteres en universidades españolas y extranjeras.

Los campos de investigación elegidos para su tesis doctoral cubren distintas ramas de la Astrofísica, desde cosmología, física solar, galaxias, estrellas, medio interestelar o exoplanetas hasta instrumentación astrofísica.

Mientras son estudiantes de doctorado (unos 4 años de media), estas mujeres dedican su tiempo a observar el cielo, a analizar datos tomados con distintos telescopios y satélites cada día con la instrumentación más sofisticada, a desarrollar códigos que serán utilizados por otros astrónomos... mientras siguen estudiando y publicando resultados parciales de su investigación en revistas punteras en el campo de la Astrofísica.

Cuando finalicen su tesis doctoral, estas brillantes jóvenes habrán dedicado unos diez años de su vida a la investigación y tendrán que comenzar una nueva etapa si quieren continuar. La nueva meta implica, en la mayoría de los casos, marcharse a otros centros de investigación o universidades de otros países para seguir desarrollando su carrera profesional. Es la siguiente etapa: la de astrofísicas posdoc.



De izquierda a derecha y de arriba abajo: Montserrat Armas Padilla, Giuseppina Battaglia, Josefa Becerra González, Rosa Calvi, Julia María de León Cruz, Adriana de Lorenzo Cáceres-Rodríguez, Flavia Dell'Agli, Arianna Di Cintio, Ana Elia García Pérez, Supriya Hebbur Dayananda, Susana E. Iglesias Groth, Alicia López Oramas, M^a Jesús Martínez González, Savita Mathur, M^a del Pilar Montañés Rodríguez, Ana Monreal Ibero, Lisa Nortmann, Cristina Dióscora Ramos Almeida, Beatriz Ruiz Granados, Alina Streblyanska, Fatemeh Sadat Tabatabaei Asl, Elodie Tiouchichine, Mónica Luisa Vázquez Acosta y Olga María Zamora Sánchez.

El programa posdoctoral del IAC

Calidad en investigación científica

El objetivo del Programa Posdoctoral del IAC es atraer a investigadores brillantes con objeto de que el centro continúe desarrollándose en las líneas de Investigación propias o en aquellas nuevas que pudieran establecerse en el ámbito de la astrofísica observacional, teórica e instrumental. Actualmente cuenta con 80 investigadores posdoctorales, de los cuales 24 son mujeres, el 30% del total.

El IAC ha sido acreditado por segunda vez como un “Centro de Excelencia Severo Ochoa” para el periodo 2016-2019, un prestigioso reconocimiento otorgado a este instituto por el Ministerio de Economía, Industria y Competitividad, que le certifica así como centro puntero de investigación en España, institución líder en el mundo y claro ejemplo de la calidad y la relevancia de la investigación científica pionera que se lleva a cabo en nuestro país.

Este centro de investigación ya ha conseguido colocarse en una posición relevante en el contexto internacional. Su Área de Investigación está formada por un total de 180 investigadores de los cuales, aproximadamente, un 30% son fijos y el resto contratados pre y posdoctorales. Actualmente, unas 380 personas están vinculadas al centro (Sede Central y Observatorios).

El IAC ofrece, tanto por los recursos que pone a disposición, como por la calidad contrastada de sus proyectos (en cuyo marco colaborarán las posdocs) y personal investigador, el ámbito ideal para que se desarrollen fructíferas carreras investigadoras en el campo de la Astrofísica.

Las líneas de investigación y proyectos de investigación actualmente vigentes son: Estructura del Universo y Cosmología, El Universo Local, Física de las Estrellas, Sistemas Planetarios y Medio Interestelar, El Sol y el Sistema Solar, Instrumentación y Espacio y Otros. De un total de 37 proyectos, en 6 el IP (Investigador Principal) es una mujer. En concreto:

- Actividad Nuclear en Galaxias: una Perspectiva 3D del Núcleo y su Entorno (P/301404).

IP: CRISTINA RAMOS ALMEIDA

- Centros de Galaxias a Escalas de Parsecs y Técnicas de Alta Resolución Espacial (P/300621)

IP: M. ALMUDENA PRIETO

- Evolución Galáctica en el Grupo Local (P/301204)

IP: GIUSEPPINA BATTAGLIA

- Grupo de Estudios de Formación Estelar GEFE. (P/309201)

IP: CASIANA MUÑOZ TUÑÓN

- Magnetismo Solar y Estelar (P/309902)

IP: MARÍA JESÚS MARTÍNEZ GONZÁLEZ

- Caracterización de los Observatorios de Canarias (P/700123)

IP: CASIANA MUÑOZ TUÑÓN

Además, dado el liderazgo y participación del IAC en los instrumentos de GTC (OSIRIS; GTC; CanariCam, EMIR Y FRIDA, los grupos científicos del IAC están preparando cuidadosamente la explotación científica de los mismos. La participación activa en estos grupos favorece un acceso inmediato del personal investigador a la explotación científica del GTC. Además, el IAC participa activamente en proyectos espaciales, tales como Solar Orbiter, Herschel, Planck, Eddington, etc.

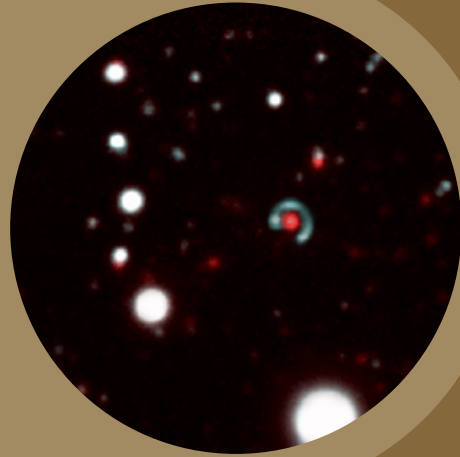
Protagonistas recientes

Un nuevo “anillo de Einstein”

La estudiante de doctorado **Margherita Bettinelli**, del IAC y la ULL, junto con un equipo internacional de astrofísicos, ha descubierto recientemente un objeto astronómico inusual: un anillo de Einstein. Predichos por la teoría de la Relatividad General de Einstein, estos fenómenos son raros, pero científicamente interesantes. Tanto es así que a dicho objeto se le ha dado un nombre propio: “anillo de Einstein Canarias”.

Artículo: “The Canarias Einstein Ring: a newly discovered optical Einstein ring”, por M. Bettinelli et al. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society Letters*. Letters: 2016 459 (1): Oxford University Press. DOI: 10.1093/mnras/slw097

(Foto: Imagen del anillo de Einstein Canarias. Crédito: Imagen compuesta a partir de varias imágenes tomadas con la cámara DECam del telescopio Blanco, de 4 m, del Observatorio de Cerro Tololo en Chile).



Los agujeros negros supermasivos y la conexión con sus galaxias anfitrionas

Cristina Ramos Almeida, investigadora del IAC, y Claudio Ricci, del Instituto de Astronomía de la Universidad Católica de Chile, publicaron por invitación de una revista los resultados más recientes sobre el material que oscurece el núcleo de las galaxias activas combinando lo que se sabe a partir de las observaciones en el infrarrojo y en rayos-X, sus respectivos campos de trabajo. “Ahora sabemos -comenta Cristina Ramos- que el material nuclear es más complejo y dinámico de lo que pensábamos hace unos años: es muy compacto, está formado por nubes de gas y polvo que rotan en torno al agujero negro central, y sus propiedades dependen del brillo del AGN y del ritmo al que el agujero negro consume el material de la galaxia anfitriona. Además, sabemos que no es una estructura aislada, sino que está conectada con la galaxia a través de chorros de material saliente y entrante que forman parte de un ciclo que tiene como fin alimentar al agujero negro y posiblemente regular la formación de nuevas estrellas”.

Artículo de revisión: “Nuclear obscuration in active galactic nuclei”, por C. Ramos Almeida y C. Ricci. *Nature Astronomy*. Referencia: <http://dx.doi.org/10.1038/s41550-017-0232-z>

(Foto: Imagen de la galaxia NGC 1068 en primer plano, capturada por el Telescopio Espacial Hubble, con su agujero negro activo -la ilustración que aparece en el recuadro ampliado-, uno de los más oscurecidos que se conocen, rodeado de nubes extremadamente densas de gas y polvo que normalmente se estudian en infrarrojo y rayos-X. Crédito: NASA/JPL-Caltech)

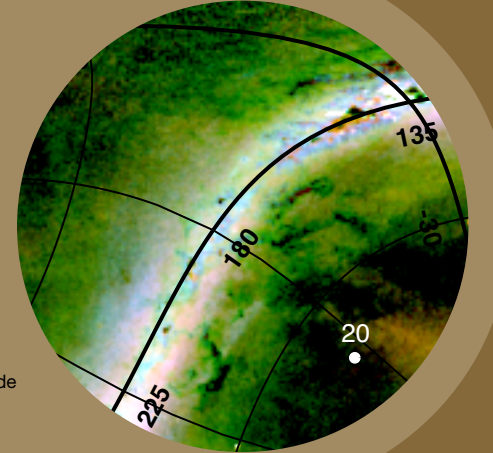


Galaxias que se alimentan de galaxias

Un equipo internacional dirigido por la investigadora del IAC **Giusepina Bataglia** ha encontrado pruebas de que el halo exterior de la Vía Láctea contiene restos estelares de galaxias enanas masivas que fueron devoradas por la nuestra. Por primera vez se ha analizado una muestra de 28 estrellas gigantes rojas para sondear las propiedades químicas de las regiones más distantes de ese halo externo. El método utilizado para estudiar estos astros ha sido el análisis espectroscópico de alta resolución en el visible, que consiste en separar la luz en sus diferentes frecuencias para obtener información de su composición química.

Artículo: “What is the Milky Way outer halo made of? High resolution spectroscopy of distant red giants”, por G. Battaglia et al. *Astronomy & Astrophysics*, 608, A145 (2017). Referencia: <https://doi.org/10.1051/0004-6361/201731879>

(Foto: Mapa Pan-STARRS1. Ubicación de los objetivos puerpuestos en una representación RGB de la distribución de estrellas del halo de la Vía Láctea. Crédito: Giuseppina Battaglia)



Primeras imágenes asociadas a una fuente de ondas gravitacionales

El IAC participó en la detección de la contrapartida óptica, infrarroja y de rayos X de la fuente de ondas gravitacionales GW170817 (la fusión de estrellas de neutrones), resultados que se publican en las revistas *Nature* y *Astrophysical Journal*. Era la primera vez que se detectaba la contrapartida electromagnética de un evento de ondas gravitacionales. En uno de los trabajos asociados participó **Josefa Becerra**, investigadora del IAC en el marco del programa Severo Ochoa. Mientras que las detecciones en el visible y en el infrarrojo tuvieron lugar pocas horas después a la detección de la onda gravitacional, la emisión en rayos X no se detectó durante las primeras observaciones que se llevaron a cabo. “En nuestro artículo -explica la investigadora del IAC- se presenta la primera detección de rayos X, que se produjo 9 días después de la detección de la onda gravitacional. Hemos detectado una evolución en óptico e infrarrojo diferente a la que se produce en rayos X y en radio que puede explicarse por la coexistencia de la kilonova y un estallido de rayos gamma (GRB) junto con la detección de la onda gravitacional. En el futuro también contaremos con la red de telescopios Cherenkov (CTA) en el Observatorio del Roque de los Muchachos, que nos permitirá llevar a cabo este tipo de estudio en rayos gamma de muy alta energía, la radiación más energética conocida, y con una sensibilidad sin precedentes.”

Artículos: “The X-ray counterpart to the gravitational-wave event GW170817”, por E. Troja et al. *Nature*. Referencia: <https://doi.org/10.1038/nature24290>, y LIGO Scientific Collaboration, VIRGO Collaboration and Partner Astronomy Groups: “Multi-Messenger Observations of a Binary Neutron Star Merger”. por B. P. Abbott et al. 2017 *The Astrophysical Journal*. 848 L12. Referencia: <https://doi.org/10.3847/2041-8213/aa91c9>

(Foto: Galaxia NGC 4993 y localización de GW170817, dos estrellas de neutrones fusionándose. Crédito: HST (NASA/ESA)



Nuevo giro en los campos magnéticos galácticos

La astrofísica del IAC **Fatemeh Tabatabaei** ha liderado un equipo que ha hallado evidencias de que la fuerza de los campos magnéticos a gran escala depende de la velocidad de rotación o de la materia en movimiento de las galaxias. Las galaxias con mayor velocidad de rotación o más masivas manifiestan también mayores campos magnéticos uniformes a gran escala. Sus observaciones cuestionan la teoría lineal de la dinamo dado que en la época actual los campos magnéticos han detenido su evolución.

Artículo: “An empirical relation between the large-scale magnetic field and the dynamical mass in galaxies”, por F. Tabatabaei et al. *The Astrophysical Journal Letters*, 818, L10, 2016. Referencia: <http://dx.doi.org/10.3847/2041-8205/818/1/L10>

(Foto: Galaxia espiral Messier 100 (NGC 4321). Crédito: “A Catalog of Digital Images of 113 Nearby Galaxies”, The Astronomical Journal)



Cómo medir la velocidad a la que nacen las estrellas

Fatemeh Tabatabaei también ha liderado el equipo que ha conseguido medir con precisión la tasa de formación estelar en las galaxias usando el rango de frecuencias de radio entre 1-10 GHz. Para ello han realizado un análisis detallado de la distribución de la energía espectral de una muestra de galaxias, pudiendo medir por primera vez la energía que emiten.

Artículo: “The radio spectral energy distribution and star formation rate calibration in galaxies”, por F. Tabatabaei et al. *The Astrophysical Journal*, Volume 836, Number 2. Referencia: <http://iopscience.iop.org/article/10.3847/1538-4357/836/2/185>

(Foto: Compilación de imágenes infrarrojas de una muestra de galaxias creadas a partir de las observaciones de Spitzer (SINGS) y Herschel (KINGFISH). Crédito: Maud Galametz.)

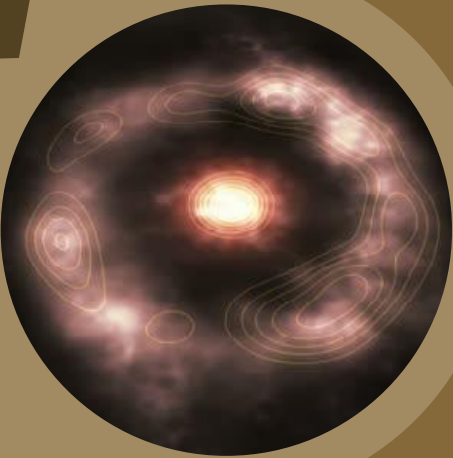


¿Por qué se apaga la formación de estrellas masivas en los centros galácticos?

Fatemeh Tabatabaei firma igualmente como primera autora un estudio que apunta al papel del campo magnético como responsable de decelerar el ritmo de formación de este tipo de estrellas en el centro de las galaxias, y sin el cual se cuestionaría el modelo del Big Bang. Esta conclusión resulta de combinar observaciones de alta calidad en diferentes longitudes de onda. **Almudena Prieto**, también investigadora del IAC y otra de las autoras, añade que “aunque he estado trabajando en la zona central de NGC 1097 en el óptico y en el infrarrojo durante algún tiempo, solo cuando tuvimos en cuenta el campo magnético pudimos percatarnos de su relevancia en la disminución del ritmo al que se forman las estrellas”.

Artículo: “The Nonthermal ISM Quenching Massive Star Formation in Galaxy Centers”, por F. S. Tabatabaei et al. *Nature Astronomy*. Referencia: <http://dx.doi.org/10.1038/S41550-017-0298-7>

(Foto: Los campos magnéticos controlan el colapso de nubes moleculares en el anillo que rodea el núcleo de la galaxia NGC1097. Como resultado, se forman menos estrellas masivas en las zonas con campos magnéticos más fuertes. Crédito: Gabriel Pérez Díaz (IAC)).



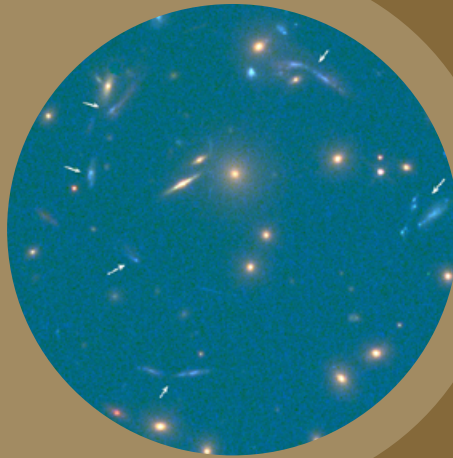
Una de las galaxias más luminosas que se conocen

Gracias a la imagen amplificada producida por una lente gravitacional y al Gran Telescopio Canarias (GTC), un equipo científico de la Universidad Politécnica de Cartagena y del IAC descubrió una de las galaxias más brillantes hasta la fecha de cuando el Universo tenía el 20% de su edad actual. La galaxia destaca por tener una elevada tasa de formación estelar, es decir, está generando estrellas cuya masa total es de unas 1.000 veces la masa del Sol. A modo de comparación, la Vía Láctea forma cada año estrellas con una masa total de dos veces la del Sol. **Susana Iglesias-Groth**, astrofísica del IAC y coautora del artículo señala: “Este tipo de objetos albergan las regiones de formación estelar más potentes que se conocen en el Universo y el siguiente paso será estudiar su riqueza molecular”.

Artículo: “Discovery of a Lensed Ultrabright Submillimeter Galaxy at z = 2.0439”, por A. Díaz Sanchez et al. *The Astrophysical Journal Letters*. Referencia: <https://doi.org/10.3847/2041-8213/aa79ef>

Artículo: "A near/mid infrared search for ultra-bright submillimetre galaxies: Searching for Cosmic Eyelash Analogues", por S. Iglesias-Groth et al. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*. Reference: 2017MNRAS.467..330I. DOI: 10.1093/mnras/stx041

(Foto: Imagen en el visible obtenida por el Telescopio Espacial Hubble. Las múltiples imágenes de la galaxia descubierta están señaladas por flechas blancas. Crédito: HST, NASA/ESA)



El origen de la barra de la Gran Nube de Magallanes

Una investigación liderada por **Lara Monteagudo**, estudiante de doctorado del IAC y de la Universidad de La Laguna (ULL), explica la formación de la barra estelar de esta galaxia vecina de la Vía Láctea. La Gran Nube de Magallanes es una galaxia enana relativamente brillante, muy cercana a la Vía Láctea, lo que permite que pueda localizarse a simple vista desde la Tierra. “La proximidad de la Gran Nube de Magallanes –señala- ofrece una oportunidad muy interesante para estudiarla en gran detalle. Sin embargo, la alta densidad estelar en el centro de la barra dificultaba la posibilidad de obtener diagramas color-magnitud de las estrellas; unos datos que, por otro lado, se necesitan para determinar la historia de formación estelar de la barra central de la galaxia”. La Gran Nube de Magallanes es el prototipo de una clase de galaxias: las galaxias espirales magallánicas, que se distinguen por tres características fundamentales: “una prominente estructura estelar en forma de “barra” en su centro, un único brazo espiral que emana de un extremo de la barra y, a menudo, una gran región de formación estelar”, apunta **Carme Gallart**, astrofísica del IAC experta en galaxias y otra de las autoras del trabajo. Sin embargo, el origen y la naturaleza de estas barras son aún desconocidos.

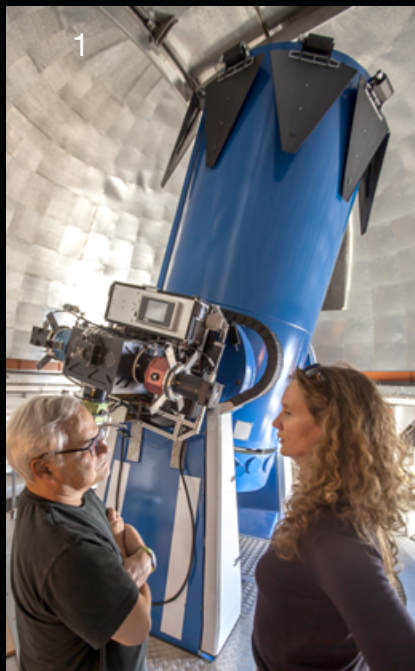
Artículo: “The origin of the LMC stellar bar: clues from the SFH of the bar and inner disc”, por L. Monteagudo et al. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society: Letters*, Volume 473, Issue 1, 1 January 2018, Pages L16–L20. Referencia: <https://doi.org/10.1093/mnras/lsx158>

(Foto: Imagen de la Gran Nube de Magallanes. APOD 9 de abril de 2008. Crédito: Yuri Beletsky (ESO))



Astrofísicas en los Observatorios

Con motivo del proyecto “En un lugar del Universo...” del IAC, que fusiona Astronomía y Literatura, grandes figuras de la Literatura hispana están visitando los Observatorios de Canarias. En estas imágenes, vemos a algunos escritores acompañados por astrofísicas que trabajan en distintos telescopios de los Observatorios.

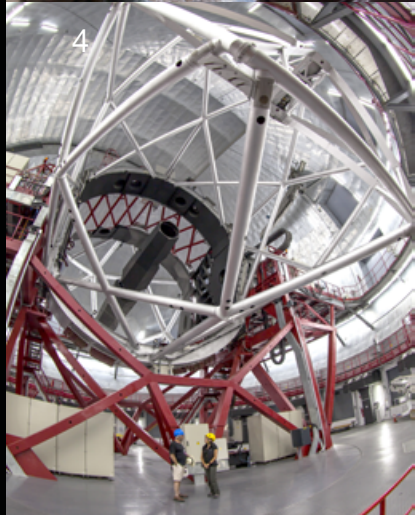


Saskia Prins, astrónoma de soporte del telescopio belga MERCATOR, conversa con el escritor Juan Cruz en las instalaciones de este telescopio (1) y en su sala de control (2), en el Observatorio del Roque de los Muchachos.

Gloria Andreuzzi, astrónoma de soporte, y **Carmen Padilla**, operadora de telescopio, dentro del Telescopio Nacional Galileo (TNG), enseñan este telescopio al escritor Juan Madrid (3). **Nieves Castro**, astrónoma de soporte del Gran Telescopio Canarias (GTC), le acompaña durante su visita a este telescopio (4 y 5).

El escritor Nicolás Melini atiende las explicaciones de la astrofísica **Gloria Andreuzzi**, durante su visita al Telescopio William Herschel (WHT), del Grupo de Telescopios Isaac Newton (6).

En el GTC, además de Nieves Castro, también trabajan las ingenieras **Andrea Martín González**, **Manuela Abril Abril**, **María Martín Calero** y **Mireia Rosado Rubio**.



Olga Zamora

Astrónoma de soporte

Olga Zamora es investigadora posdoctoral del IAC, especializada en evolución estelar. Es la más veterana de los astrónomos de soporte (comenzó en septiembre de 2013) y ha entrenado al resto del equipo actual en el uso de los telescopios e instrumentos de los Observatorios de Canarias. De hecho, es la responsable de la formación del nuevo personal que va llegando como Técnicos de Operaciones Telescópicas. En sus inicios como Astrónoma de Soporte, incluso llegó a hacerse cargo de todos los telescopios e instrumentos en solitario (durante 6 meses) en ambos observatorios, situación inédita en la historia del IAC.

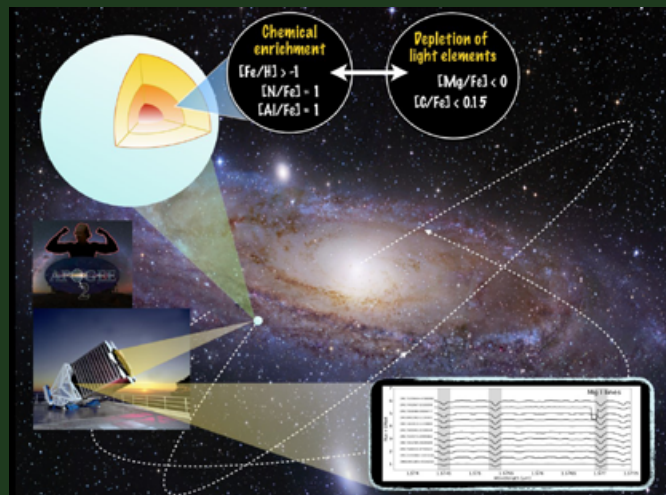
También es la responsable del programa S3T (*Spanish Surveillance and Tracking*) en el telescopio IAC-80 del Observatorio del Teide, que consiste en la observación regular de basura espacial para predecir posibles colisiones, fragmentaciones y re-entradas. “Estamos integrados –explica– en la red española de vigilancia S3T desde enero 2017. Esta participación supuso un reto enorme pues tuvimos que adaptar el telescopio IAC-80, que es el más antiguo de España dedicado a estas tareas, a toda una serie de requisitos muy exigentes de precisión astrométrica y de velocidad en captura de imágenes”. Y añade: “Las observaciones S3T reportan, actualmente, una importante fuente de financiación externa para el grupo de Operaciones Telescópicas, que se ha revertido, a su vez, en mejoras en el propio Observatorio Teide y en personal asociado.”

Recientemente, Olga firmaba un artículo en el que se anunciaba el descubrimiento en la Vía Láctea de una nueva familia de estrellas gigantes rojas con una extraña composición química. Estos resultados sugieren un origen extragaláctico y contribuirán a entender cómo evolucionan las estrellas y cómo se forman los elementos químicos en su interior.

Artículo: “Atypical Mg-poor Milky Way field stars with globular cluster second-generation-like chemical patterns”, por J. G., Fernández-Trincado et. Al. *Astrophysical Journal Letters*, 846, L2. DOI: 10.3847/2041-8213/aa8032

TÉCNICAS DE OPERACIÓN DE TELESCOPIOS:

Lucía Magdalena Alonso, Paloma de la Luz Mínguez Ledo y Paula Sola La Serna.



Representación artística de la composición química de la nueva población descubierta viajando alrededor de la Vía Láctea en órbitas altamente excéntricas (línea blanca discontinua) y el espectro combinado de APOGEE de las estrellas atípicas en una ventana espectral que cubre las regiones (sombras en gris) alrededor de las líneas de magnesio. Crédito: J. G. Fernández-Trincado

Astrónomas en Divulgación

Telescopios robóticos y difusión del programa Severo Ochoa

Nayra Rodríguez Eugenio es doctora en Astrofísica y divulgadora en la UC3. Actualmente es la coordinadora científica del Proyecto Educativo con Telescopios Robóticos (PETeR) del IAC, que pretende familiarizar a la comunidad educativa española con el método y la práctica científica, a la vez que contribuir a la difusión de la Astronomía y Astrofísica, mediante el aprovechamiento de tiempo de observación en varios telescopios robóticos para dedicarlo a actividades educativas y proyectos de e-ciencia. Paralelamente, trabaja en el desarrollo del plan de difusión del Programa Severo Ochoa 2017-2019 en el IAC. Su andadura como divulgadora científica comenzó en 2011 cuando se incorporó al Gabinete de Dirección del IAC vinculada a PETeR. Desde entonces, ha participado en numerosas actividades de divulgación, educación y comunicación de la ciencia. Ha organizado varios cursos internacionales de formación de profesorado y fue una de las organizadoras del primer foro “100xCiencia”, un encuentro internacional de científicos y comunicadores al que acudieron destacadas figuras científicas de los 20 centros reconocidos con el sello “Severo Ochoa” junto con periodistas y comunicadores de relevancia internacional.

Coordinación de la web externa y proyecto COSMOEDUCA

María C. Anguita (Itziar) licenciada en Ciencias Matemáticas, especialidad de Astronomía y Geodesia, ha sido coordinadora de la Web externa del IAC y astrónoma divulgadora de la UC3 desde 1998. Ha coordinado la accesibilidad del actual Portal del IAC durante (2010-2014) y (2017-2018), que alcanzó, durante dichos períodos, puntuaciones muy altas para el portal del IAC desarrollado por la UC3. Sus actuales funciones incluyen asesorar a la responsable de la web y elaborar propuestas relacionadas con la web, como la del Modelo de Gestión de “El Servicio Web y los nuevos portales externo e interno del IAC”. También aporta ideas y apoya otras actividades divulgativas, entre ellas iniciativas sobre igualdad de género. Asimismo, es responsable de “Cosmoeduca”, un proyecto educativo online del IAC dirigido al profesorado de Secundaria y Bachillerato que cuenta con más de 400.000 visitas anuales. El principal objetivo de este proyecto es facilitar la enseñanza de la Astronomía: informando al profesorado de nuevos recursos y/o actividades educativas del IAC, atendiendo las necesidades del profesorado español sobre temas relacionados con la Astronomía que aparezcan en sus currículos y elaborando materiales educativos para dicho fin. Este portal, abierto a toda la comunidad hispanoparlante, pretende ampliarse a niveles de Educación Infantil y Primaria.

La **Unidad de Comunicación y Cultura Científica** (UC3) del IAC es el departamento responsable de la promoción de los Observatorios de Canarias, la comunicación de resultados científicos y técnicos, la cobertura de eventos astronómicos e institucionales, las ediciones impresas y audiovisuales, la comunicación interna, la imagen corporativa, la divulgación científica, la formación de comunicadores y periodistas especializados, la formación de profesorado de Enseñanzas Medias, la consolidación de las relaciones con la sociedad canaria, colaboraciones específicas con el Museo de la Ciencia y el Cosmos y proyectos transversales para estimular el interés social por los astros.



Proyecto CosmoLab y formación de profesores

Sandra Benítez Herrera es doctora en Astrofísica y especialista en divulgación de la Ciencia y la Tecnología. Después de realizar su doctorado en el Instituto Max-Planck de Astrofísica de Garching (Alemania), trabajó durante dos años en el Museo de Astronomía y Ciencias Afines de Río de Janeiro (Brasil) coordinando diversos proyectos educativos. Actualmente es responsable del proyecto CosmoLab del IAC, cuyo objetivo es facilitar el acceso de los profesores y estudiantes de Tenerife a telescopios solares y nocturnos, para que puedan realizar sus propias observaciones. Desde 2011, es miembro del proyecto voluntario GalileoMobile, con el que ha viajado a países como India, Bolivia, Chile o Ecuador promoviendo actividades de divulgación de la Astronomía. Asimismo, tiene experiencia en proyectos educativos dirigidos a potenciar el interés de las niñas por la Ciencia, habiendo realizado varios trabajos de investigación en el área de Mujer y Ciencia.



Gestión de proyectos divulgativos

Laura Calero Hernández es gestora de proyectos de divulgación en la UC3. Licenciada en Física (en la rama de Astrofísica) y tras un período en el extranjero, en Estados Unidos e Italia, comenzó a trabajar en el IAC en 2002 en la Oficina de Transferencia de Resultados de Investigación (OTRI). Dos años después, obtuvo una plaza como gestora del Gabinete de Dirección hasta 2014, año en que se creó la UC3. Tiene una amplia experiencia en un gran número de proyectos de divulgación y educación, algunos transversales (“¿Sueñan los títeres con el Cosmos?”, “Moda Cósmica”, “Estrellas entre viñedos...”.) y ha organizado varios eventos en los últimos quince años en el IAC (inauguraciones, ferias de ciencia e innovación, exposiciones, etc.). En colaboración con instituciones locales, ha organizado y coordinado proyectos para animar a las personas en Canarias a ver la ciencia como parte de su patrimonio cultural y a enorgullecerse del cielo de las Islas. Asimismo, desde el principio ha colaborado en la Iniciativa *Starlight*, la campaña internacional en defensa de la calidad del cielo nocturno y el derecho universal a observar las estrellas. Es asimismo la gestora del proyecto “El regreso de Henrietta Leavitt: de la escuela a la carrera investigadora pasando por el teatro”.



Otro personal de la UC3

En la Unidad de Comunicación y Cultura Científica (UC3) del IAC, además de **Nayra Rodríguez**, **María C. Anguita**, **Sandra Benítez** y **Laura Calero**, y del personal administrativo integrado por **Ana Quevedo** y **Laura Bello**, trabajan las siguientes mujeres: la técnico audiovisual y diseñadora gráfica **Inés Bonet**, junto con las periodistas **Carmen del Puerto** (jefa de la Unidad), **Alejandra Rueda**, **Silvia Granja** (alumna en prácticas) y, hasta fecha reciente, **Elena Mora**. Completa el equipo el astrofísico divulgador, Alfred Rosenberg. En la gestión de las redes sociales se cuenta con la astrónoma **Gara Mora**, y en astrofotografía, con Daniel López, ambos colaboradores externos de la UC3.





De izquierda a derecha y de arriba abajo: Susana Delgado, Irene Corona, Estrella Zátón, Adela Rivas e Isabel Plasencia.

En torno a la Informática

La Informática es una rama de la tecnología en constante evolución y la actividad astrofísica produce un volumen creciente de datos que requieren laboriosos procesos de reducción y análisis, además de las necesidades informáticas administrativas. De ahí la existencia del SIC (siglas de Servicios Informáticos Comunes) en el Instituto de Astrofísica de Canarias. Este departamento da soporte a los usuarios de todas las Áreas para la realización de su trabajo. Aunque ubicado en la sede central del IAC, en La Laguna, también presta servicio al Observatorio del Teide, al Observatorio del Roque de los Muchachos, al Centro de Astrofísica en La Palma y al Departamento y los Laboratorios de Astrofísica de la Universidad de La Laguna. En la actualidad, cinco mujeres trabajan en este departamento.

“A finales de los ochenta, ser Ingeniera Informática parecía una profesión atractiva y con perspectivas”, señala **Susana Delgado**, ingeniera senior del SIC. Por ello estudió en la Universidad Politécnica de Madrid y cuando estaba terminando la entrevistaron en el IAC. Veinticinco años de trayectoria en constante formación y evolución que le han permitido trabajar en distintas áreas de la informática. Comenzó llevando el servicio de software astrofísico, trabajó durante varios años en la infraestructura de red del IAC y en la instalación y mantenimiento de sistemas y software. Ha trabajado en varios proyectos de desarrollo de aplicaciones web y en un proyecto de implantación de un sistema de gestión integral. En la actualidad es responsable del proyecto de análisis y desarrollo del portal web del IAC. Paralelamente a las capacidades técnicas adquiridas, su trabajo le ha permitido participar en el desarrollo de procesos y sistemas de gestión de calidad, en la gestión de proyectos y en la gestión de equipos de trabajo. Durante un periodo de cuatro años, adquirió experiencia en la formación académica ejerciendo como tutora en la UNED de la asignatura de Análisis, Diseño y Mantenimiento del Software de cuarto curso de Ingeniería Informática.

“Tras terminar Ingeniería Informática en un ambiente casi totalmente masculino, obtuve una beca para realizar cursos de doctorado en la Universidad Complutense de Madrid”, recuerda **Estrella Zátón**, ingeniera del SIC del IAC. Fue entonces cuando, en 1995, tras obtener una beca de verano del IAC, colaboró en el desarrollo del virtual data center del proyecto SOHO (*Solar and Heliospheric Observatory*). Posteriormente, y durante más de veinte años, ha formado parte del Grupo de Sistemas y Comunicaciones de los Servicios Informáticos Comunes del IAC, donde, en continua formación, ha implantado y mantenido diversos tipos de sistemas y software informático, dando soporte a usuarios de diferentes nacionalidades y especialidad. Asimismo, en este tiempo ha impartido cursos y charlas, especialmente de Linux para la Consejería de Educación de Canarias. Además, durante casi una década, ha participado en el Comité de Empresa y otros grupos, comités y comisiones del IAC. En la actualidad, trabaja en el proyecto de análisis y desarrollo del nuevo portal web del IAC.

Irene Corona, técnica del SIC, salía de la primera promoción de FP II en Informática de Gestión cuando se presentó a una beca en el IAC de Técnico Residente. Se le abrió entonces un gran abanico de posibilidades de formación que ha ido acumulando durante 32 años de profesión. “En su momento elegí -comenta- entre un gran sueldo o una carrera profesional con expectativas y en continua evolución. He pasado por distintas áreas de este departamento de Informática: soporte a usuario, programación, administración de sistemas, servicios de información, redes y comunicaciones, aportando mi granito de arena a la investigación desarrollada en este centro día a día.”

Isabel Plasencia, técnica del SIC, comenzó a estudiar Informática en 1987 movida por su interés en las nuevas tecnologías. En 1990 consiguió una beca en el IAC y, dos años después, un contrato laboral en este centro. “Durante estos 27 años -comenta-, la evolución de la Informática ha sido constante y vertiginosa, al igual que mi experiencia laboral. Gran parte de ella la he desarrollado en el Grupo de Atención a los Usuarios, donde un problema a resolver se transforma en una solución.” Ha formado parte de muchos de los proyectos que ha abarcado el SIC y, en la actualidad, del proyecto de análisis y desarrollo del nuevo portal web del IAC.

Adela Rivas, secretaria del SIC, presta apoyo administrativo relacionado con las compras informáticas del IAC.

Gerencia con nombre de mujer

Administrar para las estrellas

Margarita Ávila Miranda inició su camino en el IAC en 1990. Llegó después de pasar por la empresa privada y pública, pensando que se trataba de una nueva experiencia a la que seguirían otras. Pero las estrellas la atraparon y han sido casi tres décadas dedicada a la gestión y administración, contribuyendo a que la comunidad científica avance en sus estudios e investigación del Universo.

Licenciada en Ciencias Económicas y Empresariales por la Universidad de La Laguna en 1982, inició su carrera profesional como economista en el Instituto Tinerfeño de Expansión Económica de la Cámara de Comercio participando en la elaboración de informes, estudios y estadísticas. De aquí pasó a la empresa privada, al Grupo Ahlers y Rahn, S.A., desempeñando su labor como técnica en el Departamento de control interno, costes y planificación y luego como jefa de administración y contabilidad en una de las empresas del grupo. Posteriormente, dio el salto a la administración pública como técnica en la Dirección Provincial del INSALUD asesorando a la Dirección y llevando el Plan de inversiones y elaboración de presupuestos. De forma simultánea a estas actividades, forma parte del equipo inicial de un gabinete de asesoramiento de empresas y gestión de subvenciones públicas. Durante diez años compatibilizó la jornada laboral con la docencia impartiendo cursos de formación del INEM.

“No es fácil -subraya- alinear la gestión y la administración con el mundo de la investigación y precisa tener grandes dosis de paciencia y desarrollar empatía, comprender sus necesidades y que te vean como parte de su equipo. Precisa también una labor diaria para trasladar las normas de manera sencilla, dentro de la senda que ellas marcan y sin perder el orden”. Margarita Ávila ha sido una de las primeras mujeres en este centro que ha ejercido con un puesto de responsabilidad alta y le ha sido difícil denegar peticiones que llegaban desde la convicción de que podían ser gestionadas.

La formación ha sido fundamental para completar sus conocimientos y mejora de la calidad del servicio prestado, recibiendo más de 600 horas de formación en contratación pública y muchas otras en gestión de presupuesto y contabilidad, procedimientos administrativos, habilidades para liderar equipos de trabajo, gestión por procesos, uso de herramientas informáticas y todas aquellas vinculadas a las actividad de la gestión en un Instituto cuyo objetivo es hacer la mejor ciencia en el campo de la Astrofísica. Durante dos años ha participado como evaluadora en las ediciones de los premios de calidad de la Administración General del Estado. Y ha sido la responsable de la reingeniería de procesos en la implantación del modelo de gestión del IAC que desde el 2012 ha dado importantes frutos y que se culmina en 2017 con la implantación del modelo de costes.

Ahora y tras estos años de dedicación al Instituto deja paso a otras iniciativas con el deseo de que sus aportaciones sirvan como punto de partida para la etapa que se abre al futuro próximo. “Lo mejor de estos años –afirma- han sido las personas con las que directamente he formado equipo, sin las cuales nada hubiera sido posible.”



Gestión de I+D en un sistema público

Irene Fernández Fuarros es gerente de las Áreas de Investigación y de Enseñanza Superior. Su primera experiencia como Investigadora Predoctoral en el campo de la Neurociencia le sirvió, sobre todo, para darse cuenta de que se le daba bastante mejor la gestión de I+D+i que la Investigación en sí misma, pero también le sirvió para conocer el mundo de la investigación desde dentro.

Desde entonces, lleva más de 20 años de experiencia en gestión de la I+D en el sector público y en la empresa privada en Canarias. Algunas de las habilidades desarrolladas en este tiempo incluyen la gestión de recursos asociados a la Investigación, definición de planes estratégicos y de actuación, reingeniería de procesos, gestión integral de la organización, gestión de proyectos y sistemas de calidad, entre otros.

Como Gerente de las Áreas de Investigación y de Enseñanza Superior en el IAC, organiza los recursos y servicios de ambas Áreas para que los investigadores puedan desarrollar su labor en un entorno amigable, productivo y orientado a la excelencia. “No siempre es fácil -advierte-. A las dificultades intrínsecas asociadas a la gestión de I+D en un sistema público, rígido y muy masculinizado, se unen las características especiales de los investigadores en Astrofísica, imaginativos y con alergia a las normativas por lo general, a la vez que totalmente implicados con su actividad investigadora.”



Gestión de un proyecto internacional

Alejandra Martín Gálvez es la gestora de la Fase Preparatoria para la construcción del Telescopio Solar Europeo (EST). Después de licenciarse en Ciencias Ambientales por la Universidad de Almería se trasladó a Bruselas para especializarse en Física de Suelos, pero siempre con la vista puesta en las instituciones europeas. Una vez acabado el Máster, y estando en el periodo de entrevistas para hacer una tesis, vio una oferta de la Oficina España de Ciencia y Tecnología en Bruselas. Sin pensarlo dos veces se presentó in situ currículum en mano y, desde entonces, no ha dejado de estar vinculada a los Programas Europeos de I+D+i. En Bruselas se sentía como pez en el agua y pudo conocer los entresijos de las instituciones europeas desde dentro. Durante la presidencia española de 2002 fue parte de la delegación española del grupo de investigación del Consejo Europeo y vivió en primera persona las negociaciones del VI Programa Marco de I+D+i comunitaria.

En 2004 pasó de la política de I+D+i a su gestión directa. Desde la Oficina de Proyectos Institucionales y Transferencia de Resultados de Investigación del Instituto de Astrofísica de Canarias (IAC) ha dado apoyo a multitud de proyectos, siendo gestora de la Oficina de Acceso Transnacional de OPTICON-FP6, de la red Marie Curie DAGAL (FP7) y del proyecto tecnológico *GETting Ready for EST* (H2020).

Durante todos estos años ha aprendido a combinar la calidad en la gestión con el trato amable y comunicativo que le caracteriza. “Mi mayor reto –señala- ha sido simultanear la maternidad con el ser gestora de proyectos internacionales de I+D+i en un centro de excelencia como el IAC... aunque no lo cambiaría por nada”.



con "A" de Administración

Las mujeres son claramente mayoría entre el personal administrativo del IAC, que da el soporte cualificado e imprescindible a este centro de investigación astrofísica y desarrollo tecnológico para el desarrollo de sus funciones. Se llevan a cabo actuaciones de gestión administrativa en todas y cada una de las Áreas, tanto en Dirección y Subdirección, que incluye el Observatorio del Teide, el Observatorio del Roque de los Muchachos, el Centro de Astrofísica en La

Palma, los Servicios Informáticos Comunes y la Biblioteca; como en Investigación, Instrumentación y Enseñanza Superior, y, por supuesto en la Unidad de Administración de Servicios Generales. Esta Unidad cuenta con trabajadoras en la Secretaría y Registro General, en la Gerencia Económica y Presupuestaria (Contabilidad, Tesorería, Compras y Contratación Administrativa y Fondos Externos), en Recursos Humanos (Personal, Selección y Contratación y Prevención de Riesgos Laborales) y en la Oficina de Proyectos Institucionales y Transferencia de Resultados de Investigación (OTRI).

Se procesan al año más de 6.000 facturas, con casi 9.000 órdenes de pago por algo más de 25 millones de euros, más de 1.800 expedientes de viaje, 700 altas de inventario, unas 50 licitaciones, alrededor de un centenar de subvenciones en curso a justificar, una decena de nuevas obras, 25 servicios externos continuados y unas 80 nuevas contrataciones de personal. Estas cifras pueden dar una idea de la importancia de este soporte administrativo para la actividad del centro.



De izquierda a derecha y de arriba abajo, mujeres de las áreas de Investigación, Enseñanza Superior, Instrumentación, UC3 y Biblioteca: Ana M. Quevedo González, Eva Patricia Bejarano Padrón, Rocío Mesa Martínez, Judith de Araoz Vigil, M. Lourdes González Pérez, M. Eulalia Alsina Casals y Laura María Bello García. No está en la foto Adela Rivas Fortuny, de Servicios Informáticos Comunes (en pág. 62).



De izquierda a derecha y de arriba abajo: Miriam Galván González, Carmen Aloys García Suárez, A. Delia García Méndez, Carmen García de Sola Moyano, Sonia Fumero de Sande, M. Mónica Gutiérrez Hernández, Lidia León Gutiérrez, Alejandra Martín Gálvez, M. Belén Rodríguez González, M. José González Díaz, Rosa M. González Gómez, Lydia Candelaria González Orta, M. Luz Sánchez Rodríguez, Cristina Castro González, Yurena María Expósito León, Lourdes Garrido Rey, Yolanda Zamora Expósito, Diana C. Paredes Martín. No están en la foto: Lucía Olivia Hernández Tadeo, Nieves Fátima Ferraz Gutiérrez, Ana María Lamata Martínez, Otilia de la Rosa Yanes, Ruth Fernández Rivera y, hasta fecha reciente, Itahisa Camacho Lorenzo, personal del IAC en La Laguna; el personal administrativo del Observatorio del Roque de los Muchachos: Ana Luisa Lozano Pérez y Nieves Pérez Pérez; mujeres con funciones administrativas de GRANTECAN: Blanca Navarro Arzola, Cristina López Lozano, Famara García Deniz, Lourdes González Rodríguez, Raquel Concepción Pérez y Rocío Martín Hernández; y personal de la Recepción de la sede central del IAC: Fina Sánchez Valdivia y Yaiza Siverio Reyes.

Otras estrellas del Universo

Silvia Torres-Peimbert

Presidiendo la Unión Astronómica Internacional

La Unión Astronómica Internacional (IAU, de sus siglas en inglés), el mayor foro de astronomía profesional del mundo (12.000 miembros de más de 70 países), cumplirá 100 años en el año 2019. En un siglo de funcionamiento, sólo dos mujeres la han presidido: la astrónoma francesa Catherine Cesarsky y la presidenta actual, la astrónoma mexicana Silvia Torres-Peimbert, experta en regiones de formación estelar y ganadora del Premio L'Oreal- UNESCO para mujeres científicas en Latinoamérica. Esta astrónoma participó en el congreso “Preserving the Skies” con motivo del 10º aniversario de la Declaración Starlight de La Palma. En esa ocasión animó a las mujeres que hacen Ciencia -las cuales “tienen los mismos retos que los hombres... y algunos más”- a que se visualicen, porque “parte del problema -dijo- son las propias limitaciones, la autocensura”. Y añadió: “Eso lo tenemos que superar y, en la medida en que lo hagamos, lo podremos proyectar, exigir y demandar. Si nosotras no lo interiorizamos, es muy difícil proyectar esa confianza, ese deseo y ese respeto que necesitamos.”

¿Por qué preservar el cielo oscuro?

Para la comunidad astronómica, preservar una noche estrellada es muy importante porque necesitamos defender la posibilidad de seguir observando en observatorios en los que el cielo sea oscuro y no esté muy contaminado por las luces de las ciudades que nos rodean, de los pueblos cercanos, etc. Es vital tener cielos oscuros, entre otras cualidades -noches despejadas, buena transparencia...-, porque la oscuridad es la que nos permite observar y detectar los objetos más débiles. Estos objetos pueden serlo porque sean débiles en sí mismos, pequeños o muy cercanos, o incluso galaxias brillantes, pero muy distantes. Y la única manera en la que podemos indagar es observándolos. En Astronomía, no es suficiente pensar sobre estos objetos y hacer teorías, necesitamos observaciones confiables y, por tanto, cielos oscuros.



¿Qué otros problemas presenta la contaminación lumínica?

Aparte del tema relacionado con la Astronomía, percibimos que hay otros problemas que rodean a la contaminación lumínica. Uno de ellos es que una vez que está establecido un patrón de comportamiento en una comunidad, un pueblo o un grupo de personas, es muy complicado modificarlo, y hay que hacerlo además según va creciendo su iluminación.

Otro de los problemas relacionados con la contaminación lumínica es que también afecta a otros seres vivos, a los pájaros, a los mamíferos, seguramente también a las plantas, y lo más importante que hay que destacar es que influye en la salud humana. Tenemos que hacer notar este último aspecto para que haya más concienciación y cuidado a la iluminación urbana y pública.

Jocelyn Bell-Burnell

Entre púlsares y magnetares

Es una de las astrónomas más relevantes del siglo XX. Descubridora junto con Antony Hewish de los púlsares, estrellas de neutrones que giran a altas velocidades y tienen campos magnéticos muy intensos. No se le hizo copartípe del Premio Nobel de Física de 1974 por este descubrimiento, pero su contribución al mismo ha sido reconocida por muchas otras organizaciones científicas con numerosos galardones y premios. Gran promotora de las mujeres en la ciencia, en esta entrevista, además de hablarnos de púlsares y magnetares, nos cuenta cómo sus inquietudes científicas y el apoyo e inspiración de sus padres y algunos profesores la impulsaron a vencer las barreras del sistema educativo de la época y convertirse en una de las primeras catedráticas de Física de Gran Bretaña, primero en la Open University y, posteriormente, en otras Universidades inglesas y americanas. Actualmente es Profesora Visitante en la Universidad de Oxford.

Transcripción de la entrevista audiovisual realizada por Antonia M. Varela para la serie "Voces" del IAC.

"Hay muchos tipos de púlsares. Son realmente una familia, con diferentes subgrupos, y los magnetares parecen ser uno de los subgrupos de púlsares. Pero difieren de la mayoría de los púlsares en dos aspectos. Primero, no emiten pulsos en el rango de radio, normalmente son silenciosos en radio. Son fuertes en el rango de rayos X. La otra razón por la que son diferentes es que tienen campos magnéticos excepcionalmente grandes. Un púlsar típico tiene campos magnéticos de unos cien millones de teslas, es enorme. Pero en los magnetares son todavía más grandes, mil veces más grandes que en el púlsar típico, entonces los campos magnéticos son muy, muy fuertes. Probablemente, los campos magnéticos son los responsables de la emisión de rayos X.



Cortesía de Martin Burnell

El radiotelescopio que construí cuando era estudiante de posgrado abarcaba dos hectáreas y te parece muy grande cuando lo estás construyendo tú. Pero cuando llegue el "Square Kilometer Array", podremos ver muchísimo más. En particular, deberíamos poder ver todos los púlsares activos en la galaxia. Actualmente, con los telescopios más grandes que tenemos, podemos ver los púlsares en la mitad más cerca de la galaxia, pero no los que estén más lejos. Con el SKA deberíamos ver todos los púlsares de la galaxia y me imagino que algunos púlsares en las galaxias exteriores. Tendremos además una muestra mucho mejor de púlsares, así que podremos entender mejor cómo evolucionaron, y cómo las subfamilias/subgrupos están relacionados entre sí. Esto será muy emocionante. Probablemente encontraremos unos ejemplos especiales, como un púlsar en un sistema binario con un agujero negro. Encontraremos púlsares en binarias con otras estrellas de neutrones, en binarias con enanas blancas, en



Jocelyn Bell en el área del gran telescopio que construyeron con postes de madera y más de 2.000 dipolos conectados entre sí. Cortesía de Martin Burnell

binarias con estrellas de la Secuencia Principal, pero no púlsares ni agujeros negros. Nos encantaría tener algunos de éstos porque serían tan extremos en términos de gravitación, de gravedad... y sería una buena comprobación de la teoría de la Relatividad de Einstein.

MUJERES EN FÍSICA Y ASTRONOMÍA

Uno de mis intereses ha sido la cantidad de mujeres en la Física y en la Astrofísica, porque durante la mayor parte de mi vida he sido la mujer con el cargo de más responsabilidad en todos los sitios en los que he trabajado. De hecho, cuando conseguí la Cátedra de Física, hace 20 años, se dobló el número de catedráticas de Física en Gran Bretaña, de una a dos. Actualmente en Gran Bretaña hay unos 600 catedráticos de Física y quizá 50 de estos son mujeres. Todavía son pocas, pero hay alguna más de las que había. Hoy, un gran número de mujeres estudia Astronomía, pero más mujeres que hombres la abandonan, así que en el nivel de los altos cargos hay menos mujeres.

Otra cosa que he hecho es estudiar los datos de otras partes del mundo, el número de mujeres que son socias de la Unión Astronómica Internacional (IAU). La distribución por países es fascinante. Las cifras globales serán bajas, porque para ser socio de la IAU, una persona tiene que tener cierto rango en su profesión, debería tener una plaza fija y también ser nominada por su país. Normalmente, esto significa un grupo de hombres que son los responsables de las nominaciones, así que el número de mujeres puede estar algo bajo por estas razones.

Yo casi no llegué a ser astrónoma. Primero, suspendí un examen muy importante en Gran Bretaña cuando tenía 11 años, lo que indicaba que yo no era muy “académica”. Pero mis padres no opinaban lo mismo. Y pude tener una educación más “académica”, primero en Irlanda del Norte, donde vivía en ese momento, luego en un internado. Puedo recordar mi primera semana en este sistema de enseñanza más avanzado. La mañana del miércoles de la primera semana de clase, se nos comunicó el mensaje de que esa tarde los chicos tenían que ir a un lugar y las chicas a otro. A los chicos les enviaron al laboratorio de ciencias y a las chicas a la sala de ciencias “domésticas”. Esperaban de nosotras que aprendiéramos a coser, a cocinar, etc. Mis padres se enfadaron mucho cuando lo supieron, y protestaron, y la siguiente vez que hubo clase de ciencias, había tres chicas y todos los chicos. Tuvimos que sentarnos en la

parte de delante de la clase, pegadas al profesor. Fue el primer curso de Física y Astronomía y obtuve la nota más alta de la clase en el examen de final de curso. Me gustaría pensar que sirvió de lección al centro, pero lo dudo.

Luego me fui a un internado en Inglaterra, a un centro de los cuáqueros, que son cristianos. Los cuáqueros siempre han creído que es muy importante que las mujeres estudien, igual que los hombres, y a mí esto me benefició, me animaron mucho.

Hay escasez de estudiantes de Física actualmente en Gran Bretaña. Nos gustaría que más niños y niñas en los colegios e institutos estudiaran Física. Encontramos en Gran Bretaña que la Astronomía y la Física de Partículas, como lo que hacen en Ginebra, en el CERN, son atractivas, para los adolescentes. Pero creo que hemos cometido un error: hablamos con los alumnos y con sus profesores, pero no hablamos con los padres. Entonces, los jóvenes se van a casa y dicen a su familia: “Quiero ser científico (o científica), quiero estudiar Astronomía”. Y le dicen: “No, no quieres. ¿Por qué quieres hacer eso? Estudia Empresariales y consigue un buen trabajo”. Se nos olvida convencer a los padres también y yo pienso que eso es un grave error.”

POESÍA Y ASTRONOMÍA

Empecé a coleccionar poesía con temas astronómicos después de oír este poema. Es de una poeta británica llamada Elizabeth Jennings. Le interesa la idea de que al estar las estrellas y galaxias tan lejos, la luz y las ondas de radio tardan mucho tiempo en llegar desde allí hasta aquí. Escribe el poema en torno a eso, y se titula “Retraso”:

*El resplandor de la estrella que se apoya en mí,
estaba brillando hace años;
la luz que ahora brilla allí arriba
mis ojos nunca la verán.
Y entonces el retraso en el tiempo se burla de mí,
De cómo el amor que ama ahora
a lo mejor no me alcanza hasta que su primer deseo esté
agotado.
El impulso de la estrella tiene que esperar a que los ojos
la proclamen hermosa.
Y el amor que llegue, quizá nos encuentre en otro lugar.”*

Y a raíz de este poema corto, he estado coleccionando muchísimos poemas. Hay mucha poesía con la Astronomía y el Espacio como tema.



Un púlsar ilumina la región central de la Nebulosa del Cangrejo. Equipo GTC/Daniel López/IAC

Sara Seager

Encontrar vida en exoplanetas

Sara Seager es una de las astrónomas más prestigiosas dentro de la comunidad científica dedicada a la detección de exoplanetas. De hecho, está considerada como una de las investigadoras más influyentes del mundo por la revista *Time*. Lo más sorprendente es que lo haya conseguido siendo mujer y dedicándose, desde hace más de dos décadas, a un campo en el que casi nadie creía, en un inicio, que iban a producirse grandes avances. Actualmente, los exoplanetas son una de las áreas de investigación más dinámicas y productivas de la Astronomía; se han detectado ya varios miles de candidatos de planetas extrasolares y la lista crece cada día. Esta profesora, del Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT), no solo lidera el desarrollo de la futura y más vanguardista generación de telescopios espaciales (como TESS y Starshade) dedicados a la detección por imagen directa y a la caracterización de planetas análogos a la Tierra, sino que ha sido pionera en el desarrollo de técnicas de detección de atmósferas mediante las cuales se espera encontrar evidencias de signos de vida fuera de nuestro planeta. Para hablar de esta aventura intelectual y tecnológica sin precedentes de la que forma parte, Seager visitó el Instituto de Astrofísica de Canarias (IAC) y ofreció una reveladora charla bajo el título “La búsqueda de la Tierra 2.0”. La seguridad, la firmeza y el entusiasmo de esta astrónoma animan a pensar que la respuesta a la gran pregunta de “¿estamos solos en el Universo?” tal vez se encuentre antes de lo que nadie imaginaba.



Después de varias décadas de investigación sobre los exoplanetas, ¿qué sabemos ahora de nuestro sistema solar que antes ni siquiera imaginábamos? ¿Encajan los sistemas planetarios encontrados con nuestro modelo de formación y evolución planetaria?

De lejos no hemos conseguido encontrar una copia de nuestro sistema solar. Creemos que, tal vez, es algo raro. Menos de 1 entre 10 o de 1 entre 20 estrellas como nuestro Sol tendrían un sistema solar como el nuestro. En su lugar hemos encontrado todo tipo de sistemas planetarios. Hemos visto planetas con el tamaño de Júpiter que estaban donde no deberían estar, demasiado cerca de su estrella. Hemos visto estrellas con cinco planetas girando en órbitas más interiores que la de Mercurio. Hemos visto estrellas con grandes planetas calientes orbitando a distancias como Plutón. Así que todo tipo de planetas son posibles y creemos que la formación planetaria es azarosa, por lo que una teoría sobre formación planetaria aún está muy lejos.

¿Dónde encontraremos antes la evidencia de vida en el Universo, en nuestro propio sistema solar o en los exoplanetas?

Es una pregunta importante. En nuestro sistema solar podemos visitar planetas y sus lunas y podemos coger muestras, pero hay muy pocos lugares en él en los que creamos que exista vida. Sobre los exoplanetas tenemos poca información; tenemos más cantidad que calidad. Hay muchos objetos en los que podemos buscar vida, pero, en cada uno, de forma individual, los datos no son buenos. En nuestro sistema solar sólo hay unos pocos lugares donde la vida podría existir, pero tenemos un enorme número de exoplanetas, así que hay muchas más opciones.

¿Conocemos realmente las condiciones para la vida, los ingredientes y los procesos para pasar de materia inorgánica a orgánica?

Aún no tenemos una gran definición de la vida. No sabemos cómo la vida se origina y evoluciona. Es muy difícil. Pero en Astronomía no nos preocupa esto. Sólo queremos saber las condiciones que la vida requiere; nos preocupa qué hace la vida, cómo metaboliza los nutrientes y emite gases. Sabemos que la vida requiere de algunos ingredientes. Primero, una temperatura adecuada para formar moléculas; cuando es demasiado caliente tenemos átomos y no son suficientemente consistentes para crear formas de vida. En segundo lugar, necesitamos de un medio líquido, que puede ser agua o algo más, para que las moléculas puedan reaccionar y formar estructuras estables. En tercer lugar, necesitamos una fuente de energía; aquí usamos el Sol, pero la vida existe en las profundidades del océano donde la energía puede ser liberada por las reacciones químicas. Y cuarto, necesitamos condiciones cambiantes para fomentar evoluciones en las que la vida pueda progresar en algo más complejo. Si piensas en estas cuatro cosas podemos estar seguros de que en todas partes se necesita lo mismo. Eso no significa que requiramos de un planeta con agua líquida, pero podemos tener un planeta como Titán, una luna de Saturno, con lagos de metano líquido. Conocemos los ingredientes, pero lo más complicado es detectar un planeta e identificar si tiene esos ingredientes.

Encontrar vida en otro planeta, ¿es una cuestión científica o económica?

Descubrir vida en otro planeta es una cuestión científica. Tenemos mucha curiosidad por saber si todos esos miles de millones de planetas de ahí fuera tienen vida. Y también queremos saber si hay vida inteligente en ellos. Estamos dando el primer paso, descubriendo si los planetas como la Tierra son comunes y si tienen señales de vida, como gases producidos por organismos vivos.

¿En qué plazo de tiempo cree que encontraremos vida en otro planeta?

En diez años tendremos la capacidad de encontrar vida si su existencia es común. No puedo garantizar cuándo la encontraremos, pero puedo decir que con los telescopios en tierra y en el espacio que tenemos, si la vida es muy abundante, dispondremos de la capacidad de ver los signos de la vida en las atmósferas de los exoplanetas. Por ejemplo, si usamos el telescopio espacial TESS que

tendrá 4 cámaras de gran campo, junto el Telescopio Nacional Galileo, TNG (en el Observatorio del Roque de los Muchachos, en La Palma), más algunos otros instrumentos de apoyo, además del Telescopio James Webb para ver moléculas en la atmósfera del planeta. Si cada pequeña estrella tiene una Tierra en tránsito, en zona habitable y con vida, y la vida genera señales espectroscópicas, entonces la encontraremos en la próxima década. Pero la probabilidad de que esto suceda es muy baja. Es por ello que creo que tenemos la capacidad, pero necesitamos tener suerte.

Si la posibilidad de hallar evidencias de vida en el Universo depende del azar, ¿puede que se convierta en un proyecto a largo plazo?

Estoy trabajando muy duro para, a lo largo de mi vida, estar segura de encontrar vida, pero como no lo puedo garantizar, necesitamos entrenar a la próxima generación de investigadores porque podría ser un proyecto multigeneracional.

¿Cómo valora la contribución de los Observatorios de Canarias en el estudio de los exoplanetas?

Los telescopios del IAC son muy importantes para la investigación en exoplanetas: desde los pequeños que están en el observatorio buscando nuevos planetas, hasta los espectrógrafos especiales como HARPS Norte -actualmente en el telescopio TNG-, que pueden ayudarnos a medir masas de planetas encontrando planetas rocosos, pasando por el GTC que es capaz de hacer espectroscopía de las atmósferas de los exoplanetas. Hay muchos telescopios del IAC que pueden hacer una contribución importante en el campo de los exoplanetas.

Si tuvieras la tecnología adecuada, ¿cuál sería el primer lugar al cual te gustaría apuntar? ¿Tienes la intuición de poder encontrar vida en algún exoplaneta en concreto?

En términos de estrellas, mi favorita son las 20 estrellas como el Sol más cercanas, aquellas en las que esperamos estudiar en detalle si tienen planetas alrededor. Y en cuanto a los exoplanetas, cada sistema planetario es especial de algún modo, pero mi favorito es el siguiente planeta en ser descubierto, porque siempre hay nuevas cosas por descubrir.

María Rosa Zapatero Osorio

Enanas marrones y planetas rocosos como la Tierra

Hace ahora algo más de 20 años, un descubrimiento extraordinario difuminó para siempre la frontera entre lo que son las estrellas y lo que son los planetas. Una estrella se caracteriza por su capacidad de producir reacciones nucleares en su interior. Sin embargo, en 1995 un grupo de investigadores del Instituto de Astrofísica de Canarias (IAC), entre los que se encontraba la hoy investigadora del Centro de Astrobiología (CAB-CSIC-INTA) María Rosa Zapatero Osorio, descubrió en 1995 un objeto de apariencia estelar, pero sin la masa suficiente para producir reacciones nucleares de relevancia. Aunque fue bautizado con el nombre de Teide-1, lo que los científicos realmente habían encontrado era un tipo de objeto celeste del que se había teorizado hacía más de tres décadas. Se trataba de la primera enana marrón, una especie de “eslabón perdido” entre las estrellas y los planetas, una pieza más de las que faltaban para comprender el puzle de la evolución estelar y de la formación planetaria. Actualmente, su estudio es uno de los más prometedores e interesantes en Astrofísica, especialmente, porque estos objetos son candidatos a albergar planetas que podrían estar situados en “zona de habitabilidad”, es decir, la región en la que, de encontrarse un planeta rocoso, éste podría tener agua en estado líquido sobre su superficie. María Rosa es una de las especialistas más prestigiosas a nivel internacional en esta área, por lo que su presencia en EWASS 2015, la Semana Europea de la Astronomía y las Ciencias del Espacio organizada en Tenerife, fue una oportunidad inmejorable para conocer algunas de las claves sobre estos fascinantes objetos subestelares. Actualmente, es presidenta del Comité de Asignación de Tiempo (CAT) nocturno en los Observatorios de Canarias.



La conferencia plenaria en el EWASS 2015 trató sobre uno de tus campos, las enanas marrones. ¿Cómo definirías a estos objetos y por qué es importante su estudio?

Las enanas marrones son cuerpos celestes con masas a caballo entre las estrellas y los planetas, es decir, entre las 13 y las 75 veces la masa de Júpiter (el mayor planeta del Sistema Solar). Sus interiores son fríos y nunca llegan a alcanzar la temperatura suficiente para iniciar la fusión nuclear del hidrógeno, que es la fuente de energía de las estrellas como el Sol. En consecuencia, las enanas marrones, al igual que los planetas, son objetos que se enfrían con el tiempo. Sus propiedades físicas y químicas se asemejan más a las de los planetas que a las de las estrellas.

¿Qué sabemos ahora de estos objetos que, hace 20 años, cuando se descubrieron, no podíamos llegar a imaginar?

El descubrimiento en sí fue un gran avance. Su existencia se había predicho tres décadas antes, y a pesar de los esfuerzos por encontrarlas, las enanas marrones “se resistían” a ser vistas. En el mismo año se hallaron dos enanas marrones con masas muy parecidas, pero de edades muy diferentes. Una tiene 120 millones de años y la otra tiene más o menos la edad del Sistema Solar. Hace 20 años apenas podíamos imaginar cuántos de estos objetos podía haber en nuestra galaxia, cómo se originaban, si podían albergar planetas a su alrededor... Aún lejos de tener unas conclusiones definitivas, hoy sabemos que el número de enanas marrones es muy alto, posiblemente comparable al

de las estrellas pequeñas (las más numerosas), y que las enanas marrones son capaces de albergar discos protoplanetarios (las cunas de los planetas).

Entonces, ¿son las enanas marrones candidatas a albergar exoplanetas habitables?

La habitabilidad es un concepto que requiere todavía mucho estudio por parte de distintas disciplinas. Sí existen planetas gigantes detectados alrededor de enanas marrones y se sabe también que las enanas marrones son capaces de albergar discos protoplanetarios donde se forman planetas como la Tierra. Sin duda, las enanas marrones tienen todo el potencial para tener planetas rocosos, algunos de ellos podrían estar situados en la “zona de habitabilidad”, aunque ésta se halle en órbitas muy próximas a la enana marrón, con ciertas implicaciones.

¿Cuáles son los principales obstáculos con los que se encuentran los astrofísicos a la hora de estudiarlos? ¿Es fácil detectarlos y caracterizarlos? ¿Qué técnicas se utilizan?

Las enanas marrones y los planetas aislados son cuerpos intrínsecamente fríos y de muy poco brillo. Esto los hace tener una luz muy tenue por naturaleza y, para su caracterización, se requieren telescopios de gran diámetro y una instrumentación que opere a determinadas longitudes de onda en el infrarrojo (no visibles para el ojo humano). Se puede decir que, a día de hoy, estamos llevando al límite de su capacidad a los mayores telescopios como GTC. Se necesitan infraestructuras de mayor área colectora (con la ayuda de los telescopios espaciales) para todos los proyectos que están en mente.

¿Se conocen bien los mecanismos de formación de estos objetos? ¿Cuál es la teoría más aceptada?

No conocemos bien los procesos de formación que dan paso a las enanas marrones y a los planetas aislados. Es uno de los grandes enigmas en este campo de investigación. Podrían originarse por el colapso y fragmentación de nubes moleculares, en un proceso parecido por el que se forman las estrellas, o podrían nacer en discos alrededor de estrellas. Algunas de las enanas marrones y planetas nacidos en discos podrían ser expulsados por interacciones dinámicas dentro del propio sistema planetario. Incluso, podrían existir mecanismos en los que todavía no hemos pensado u observado.



Teide 1: primera enana marrón observada. Crédito: María Rosa Zapatero/IAC.

¿Cómo evolucionan las enanas marrones? ¿Qué procesos afectan a su evolución?

Las enanas marrones, al igual que los planetas aislados, inician su andadura con temperaturas relativamente calientes y tamaños unas cuantas veces superiores a Júpiter. Con el tiempo se enfrían y van encogiéndose por el efecto de su propia gravedad (al no existir reacciones nucleares en su interior, carecen de la energía necesaria para alcanzar un equilibrio termodinámico que detenga el colapso). Al final, las enanas marrones se convierten en cuerpos con un brillo muy apagado, temperaturas ligeramente superiores a la de Júpiter y un volumen similar al de este planeta. Las enanas marrones con edades como la del Sistema Solar tienen el tamaño joviano, sólo que son decenas de veces más densas que Júpiter. Aunque este escenario corresponde más bien a una visión teórica, existen observaciones que apoyan esta evolución.

¿Qué queda por hacer en relación al estudio de estos objetos?

En un campo tan joven en el que apenas se lleva 20 años de observaciones, quedan muchas preguntas por investigar en prácticamente todos los aspectos (formación y evolución, estructura de las atmósferas, interior subestelar, multiplicidad de sistemas, presencia de planetas...). Algunas cuestiones están limitadas por la tecnología actual y tendremos que esperar a la siguiente generación de telescopios como el Telescopio europeo Extramadamente Grande (ELT) y el telescopio espacio James Webb (JWST).

Noemí Pinilla

El telescopio espacial James Webb y el Sistema Solar

Noemí Pinilla Alonso, investigadora en el Florida Space Institute de la Universidad Central de Florida, tiene una relación muy estrecha con el Instituto de Astrofísica de Canarias (IAC). En la Universidad de La Laguna (ULL) cursó Astrofísica y gracias a su tesis doctoral dio un salto transatlántico al Ames Research Center de la NASA como postdoc. Ahora, como en ocasiones anteriores, sigue colaborando con el IAC, concretamente en la elaboración de un catálogo de asteroides y en el estudio de los hielos y superficies de planetas enanos del Sistema Solar. Al final, aunque venga a cerrar algún proyecto, se acaba marchando con nuevas ideas, quizá, para volver pronto y trabajar con sus antiguos colegas de Canarias.

¿Cómo termina una asturiana trabajando en la NASA?

En el caso de la NASA, yo creo que fue el resultado de una tesis de investigación bien dirigida. Javier Licandro -investigador del IAC- y Humberto Campins -Universidad Central de Florida- fueron mis directores de tesis, y durante los casi cinco años en los que estuve investigando bajo su dirección hicieron una gran labor poniéndome en contacto con investigadores punteros en Ciencias Planetarias, pero también en animarme y ayudarme a presentar mi trabajo en congresos internacionales. Eso dio visibilidad a mi trabajo, pero también me dio a mí el valor para contactar con un grupo del Ames Research Center de la NASA y presentarme, bajo el patrocinio de ese grupo, a la convocatoria de puestos posdoctorales de la misma institución. Una vez que entré en la competición, el resto del mérito fue de mi trabajo de tesis y del proyecto de investigación que presenté, enfocado en el estudio de la presencia de componentes orgánicos en el Sistema Solar; ambos fueron lo suficientemente interesantes para que el



comité decidiera financiarme dos años como investigadora posdoctoral en un centro de la NASA.

Su colaboración en el IAC se enmarca dentro del grupo del Sistema Solar. ¿En qué consiste concretamente dicha colaboración y con qué personas y equipos está trabajando?

Con Julia de León -investigadora del IAC- estoy dirigiendo un catálogo espectroscópico de asteroides primitivos, PRIMASS. Son ya más de seis años usando telescopios, entre ellos el Gran Telescopio Canarias (GTC) y el Telescopio Nazionale Galileo (TNG), ambos en el Observatorio del Roque de los Muchachos, para estudiar estos cuerpos rocosos, cuyas superficies están compuestas de silicatos y orgánicos complejos, los materiales menos procesados del Cinturón de asteroides. Nuestra base de datos es ya la más completa en cuanto a familias del cinturón interno o principal (asteroides comprendidos entre las órbitas de Marte y Júpiter), donde hemos caracterizado las más extensas. Esperamos mantener esta colaboración por al menos un par de años más para poder extenderla a las familias menores, ya que éstas podrían estar más procesadas por efectos colisionales y eso podría verse reflejado en su superficie.

Con Javier Licandro y Vania Lorenzi -astrónoma de soporte del TNG-, estamos más enfocados en el estudio de los

hielos en el Sistema Solar. En los últimos años he dirigido una campaña de estudio de las variaciones de la superficie de Plutón, combinando observaciones con el telescopio espacial Spitzer y con el Telescopio William Herschel (WHT), del Grupo de Telescopios Isaac Newton (ING), también en el Observatorio del Roque de los Muchachos. Además continuamos con el estudio de las variación superficial en planetas enanos, tema de la tesis de Vania Lorenzi. Las asombrosas imágenes que New Horizons proporcionó de la superficie de Plutón confirmaron su alto grado de actividad y refuerzan la hipótesis de que los objetos helados de mayor tamaño puedan guardar claves sobre la actividad bajo su superficie o sobre los procesos de transformación superficial, como las colisiones, la irradiación de alta energía o los ciclos de sublimación de volátiles.

Gran parte de su trabajo se ha dedicado a analizar las imágenes tomadas por la cámara infrarroja (IRAC) a bordo del satélite Spitzer. ¿Cómo las estudia? ¿Qué intenta averiguar con los datos que obtenga?

Spitzer es un telescopio que proporciona información única de los objetos trans-neptunianos (TNO de sus siglas, en inglés), ya que es capaz de observar en longitudes de onda que son imposibles desde tierra. Permitted por primera vez determinar los albedos y, con ello, estimar el tamaño de varias decenas de estos objetos. Mi trabajo consiste en analizar los colores de dos centenares de TNO y centauros obtenidos con IRAC, la cámara infrarroja a bordo de Spitzer.

Esta región del espectro es muy interesante ya que muchos de los hielos presentes en la superficie de los TNO tienen sus absorciones fundamentales a longitudes de onda mayores de 2,5 micras. IRAC en concreto proporciona fotometría de banda ancha a 3,6 y 4,5 micras. El análisis de la base de datos que estoy estudiando permite empezar a dibujar un esquema de la composición de los TNO mucho más preciso del que se puede obtener con información en el visible e infrarrojo cercano. Por ejemplo, diferenciar entre orgánicos complejos y silicatos amorfos o detectar nitrógeno y monóxido de carbono. Estos hielos volátiles están presentes en la superficie de Plutón (el planeta enano mejor conocido), pero no se han detectado aún en otros TNO grandes, tipo Eris, Makemake, Haumea o Quaoar.

Ese análisis es de gran importancia como punto de partida para el James Webb Space Telescope (JWST) y es crucial a la hora de seleccionar los objetos más interesantes para probar las capacidades de sus instrumentos a bordo. El futuro telescopio espacial infrarrojo de la NASA llegó recientemente a California, donde se encuentra en la fase de ensamblaje previa al lanzamiento.

Actualmente lidera el proyecto “Preparing for James Webb Space Telescope: Completing the IRAC Legacy in the Kuiper Belt”. ¿De qué trata este proyecto?

Es un proyecto que nació del esfuerzo de aprovechar las lecciones aprendidas de Spitzer para preparar la explotación científica del JWST para el estudio de los cuerpos menores del Sistema Solar. Este telescopio se pondrá en órbita en la primavera del 2019. Durante un año trabajé muy cerca de los integrantes del equipo de varios instrumentos para identificar las preguntas científicas más interesantes, aquellas que sólo JWST será capaz de resolver. Ahora me preparo para explotar los primeros datos que recibiremos de ese telescopio a finales del año 2019 gracias a una propuesta ganadora de tiempo garantizado. Esta propuesta explorará una colección diversa de objetos helados que residen mas allá de la órbita de Neptuno, objetos formados por mezclas de hielos de agua y metano y cubiertos por mantos de silicatos y carbonos muy procesados.

¿Cuál cree que podría ser uno de los próximos hallazgos en la exploración espacial del Sistema Solar?

Ahora está muy de moda el Planeta X, leído como “equis” en cuanto a que es un planeta desconocido (me gusta este nombre porque me recuerda a las cruces que se ponen sobre el tesoro en los mapas piratas). Si de verdad existe, con las características que el modelo de Brown y Batygin plantean, su hallazgo sería un gran acontecimiento, sobre todo porque obligaría a los dinamicistas a volver a revisar sus modelos de creación y evolución del Sistema Solar para incluir un planeta que sus modelos no predijeron. Por otro lado, esta búsqueda es muy similar a la que en su momento se hizo de Neptuno o Plutón, por lo que puede sonar no demasiado novedosa.

Hay otro hallazgo que llevamos años persiguiendo y sobre el cual Hayabusha-II y OSIRIS-REx tienen mucho que decir: encontrar esas moléculas orgánicas que se puedan relacionar con el origen de la vida en la Tierra. Se trataría de ese origen extraterrestre, en cuanto a que la semilla de la vida podría haber venido en un cometa o asteroide, sobre el que tanto teorizamos, pero del que aún falta por encontrar la huella que lo relacione con el material primitivo actual.

Sin embargo, no está de más tener en mente que los descubrimientos más impactantes suelen ser aquellos que no prevemos, por lo inesperado y porque nos obliga a ser más creativos en los análisis.

Yun Wang

La energía oscura y el destino final del Universo

Yun Wang, cosmóloga, poeta e invitada de la escuela científica internacional *Cosmology School in the Canary Islands*, organizada por el Instituto de Astrofísica de Canarias (IAC) en Fuerteventura, es actualmente investigadora en el Centro de Procesamiento Infrarrojo y Análisis (IPAC) del Instituto de Tecnología de California y profesora en el Departamento de Física y Astronomía de la Universidad de Oklahoma. En estos centros explora la naturaleza de la energía oscura. En 2012, Yun Wang fue elegida miembro de la Sociedad Americana de Física “por su liderazgo en la investigación sobre la energía oscura, especialmente en el desarrollo de un marco robusto y consistente en el análisis y la interpretación de datos cosmológicos”.

¿Cuál es la diferencia entre la energía oscura y la materia oscura y cómo los científicos tratan de entender su naturaleza?

La energía oscura y la materia oscura son dos misterios diferentes en el Universo que pueden, o no, estar relacionados. La energía oscura es el término que utilizamos para referirnos a la causa desconocida de la aceleración observada en la expansión del Universo. Sea lo que sea la energía oscura, ésta no gravita como la materia. Por el contrario, la materia oscura sí gravita, además de ser invisible, de ahí el nombre. Se ha descubierto su existencia a través de su influencia gravitacional en galaxias y en sus agrupaciones. La distribución de materia luminosa en el Universo, como estrellas y gas caliente, solo puede ser explicada por la presencia de materia oscura.

Los científicos tratan de entender la naturaleza de la energía oscura a partir de diferentes frentes. Ésta podría ser una constante cosmológica, una energía pequeña y constante que impregna el Universo, quizás una consecuencia de la



Crédito: Pia Mukherjee

gravidad cuántica. Si la densidad de la energía oscura varía con el tiempo, podría ser una desconocida forma energética del Universo, tal vez de la nueva Física de Partículas o de la Teoría de Cuerdas. Podemos estudiar la variación en el tiempo de la energía oscura a través de la medición de la historia de expansión del Universo. Aunque, tal vez, la energía oscura no sea ni siquiera una forma de energía, sino una muestra de la necesidad de modificar nuestra teoría de la gravedad, la relatividad general de Einstein (gravedad modificada). Podemos comprobar esta posibilidad midiendo la historia de crecimiento de la estructura a gran escala del Universo en una amplia gama de escalas, ya que la gravedad modificada y la relatividad general hacen predicciones diferentes sobre esta historia, dada la misma historia de expansión del Universo.

¿Por qué cree que resolver el misterio de su naturaleza es el problema cosmológico actual más importante?

La energía oscura parece estar vinculada con la desconocida causa detrás de la aceleración observada en la expansión del Universo. Creo que resolver el misterio de su naturaleza es el problema cosmológico actual más importante, ya que se trata de un problema fundamental y su solución requiere avances revolucionarios en nuestra comprensión del Universo.

¿Qué tipo de enfoque y experimentos considera que son necesarios para resolver las incógnitas de la energía oscura? ¿Cree que las próximas misiones Euclid y WFIRST revelarán algo al respecto?

Las preguntas más fundamentales sobre la energía oscura son dos: ¿varía la densidad de la energía oscura con el tiempo? y ¿se modifica la gravedad? Necesitamos diseñar experimentos que respondan a ambas cuestiones, algo que puede ser realizado estudiando la historia de la expansión del Universo y la historia de crecimiento de su estructura a gran escala. Tanto Euclid como WFIRST usarán la distribución 3D de galaxias sobre un gran volumen para medir la historia de expansión cósmica y la de crecimiento de la estructura a gran escala, así como las leves distorsiones en las formas observadas de las galaxias debidas a la distribución de materia en el Universo, para medir la combinación de esas dos funciones. Euclid (con un telescopio de 1,2 m de apertura) será lanzado en 2020, mientras que WFIRST (con un telescopio de 2,4 m de apertura) probablemente será lanzado en 2025. Hemos diseñado los experimentos de energía oscura de Euclid y WFIRST para que se complementen entre sí. Euclid estudiará 15.000 grados cuadrados de cielo extragaláctico con no mucha profundidad, optimizada para obtener las restricciones más estrictas sobre la energía oscura, mientras que WFIRST mapeará 2.200 grados cuadrados a una profundidad significativamente mayor, para permitir un control más preciso de los efectos sistemáticos de las mediciones de energía oscura. Puesto que WFIRST será lanzado cinco años más tarde que Euclid, optimizaremos los experimentos de energía oscura de WFIRST basándonos en lo que Euclid encuentre. Creo que en la próxima década tenemos una excelente oportunidad de iluminar la naturaleza de la energía oscura.

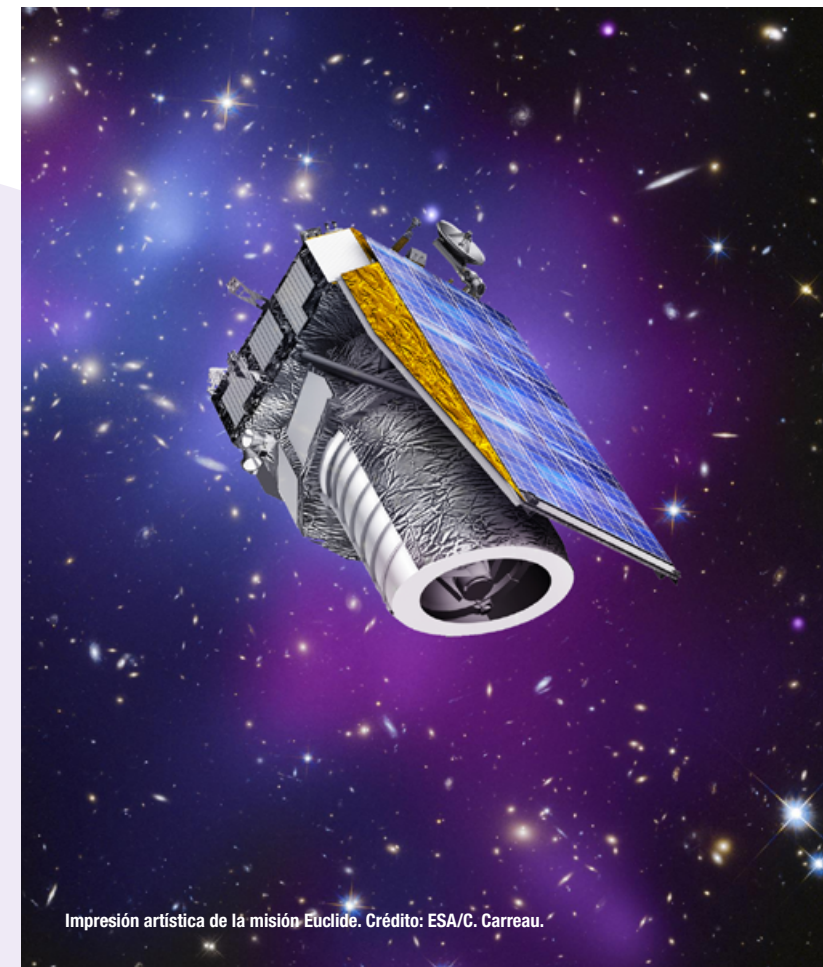
¿Qué papel juega la energía oscura en la expansión y futuro del Universo?

La energía oscura determinará el destino final del Universo. Dependiendo de su verdadera naturaleza, el Universo podría tener futuros radicalmente diferentes. Éste podría continuar expandiéndose indefinidamente, o podría dejar de expandirse, hasta finalmente contraerse. El Universo también podría “desgarrarse” en un futuro lejano a medida que se expandiese más y más rápido (fenómeno conocido como el “Big Rip”), o contraerse hasta finalmente morir en el “Big Crunch”. También podría continuar expandiéndose, hasta finalmente morir de extrema vejez cuando las partículas de la materia (como los protones) decayesen y únicamente la luz permaneciese. Todo esto puede sonar alarmante, pero el Universo no está en peligro de morir hasta los próximos 24-42 giga-años.

¿Cómo vincula su trabajo como científica y como escritora?

Adoro mi trabajo como cosmóloga, es un sueño que se hizo realidad desde que quise explorar los misterios del Universo cuando era una adolescente. Comencé escribiendo poesía cuando tenía 12 años, por lo que la escritura también es parte de mi identidad. He publicado un libro de texto sobre la energía oscura (*Dark Energy*, Wiley/VCH, 2010), así como varios libros de poesía. Que yo sepa, no hay ningún vínculo intencionado entre mis dos pasiones, aunque creo que mis poemas han sido inevitablemente influenciados por mi perspectiva como cosmóloga, así que me esfuerzo por alcanzar claridad y profundidad en mi obra poética. Creo que ser poeta me hace ser mejor cosmóloga, ya que me aventuro a soñar a lo grande y ser atrevida y perseverante a la hora de conseguir mis objetivos científicos.

JOSÉ PEÑA



Impresión artística de la misión Euclide. Crédito: ESA/C. Carreau.

María Dolores Rodríguez Frías

La radiación cósmica de ultra-alta energía

Si en Astrofísica hay pocas catedráticas, menos todavía en Física de Astropartículas o Física Atómica y Nuclear. La Dra. María Dolores Rodríguez Frías es una de ellas, la primera y única catedrática de Física de la Universidad de Alcalá de Henares. Vinculada al Instituto de Astrofísica de Canarias (IAC), se inició en su especialidad con el primer telescopio de altas energías instalado en el Observatorio del Roque de los Muchachos (La Palma, Islas Canarias). Interesada en la radiación cósmica de ultra-alta y extremadamente alta energía tanto desde tierra como desde el espacio, hoy lidera la contribución española en la misión espacial EUSO (*Extreme Universe Space Observatory*) para el estudio del Universo extremo en la Estación Espacial Internacional (ISS). De esa misión habló en el IAC, invitada en el marco del programa de excelencia Severo Ochoa, en 2014. Partidaria de la discriminación positiva en igualdad de condiciones, recientemente asistió al *Gender in Physics Day España 2017*, organizado por el IAC. “Lo peor para las mujeres –dijo– son las zancadillas y tener que continuamente demostrar el mérito y la capacidad.”



¿Cómo fueron sus orígenes y cómo se especializó en esta rama de la Física?

Yo soy canaria y, cuando era joven, no había primero de Físicas en Tenerife, sólo estaba el segundo ciclo de Astrofísica (cuarto y quinto). Por eso, con 17 años, decidí irme a Madrid donde sólo iba a estar ¡tres años! Terminé la carrera coincidiendo con los orígenes en España de la Física de Radiación Cósmica de Ultra Alta Energía y empezaba en La Palma la Colaboración HEGRA (*High-Energy-Gamma-Ray Array*). Entonces tuve la suerte de contactar con profesores del Departamento de Física Atómica, Molecular y Nuclear de la Universidad Complutense de Madrid (UCM) que iban a iniciarse en ese campo en 1987. Conseguí la primera beca FPI (Formación de Personal Investigador) para estudiar en esa línea de investigación e hice la primera Tesis Doctoral de España en el campo de los rayos gamma cósmicos gracias al instrumento ubicado en el Observatorio del Roque de los Muchachos. La terminé en 1993 y se presentó el 14 de enero de 1994 en la UCM, universidad pionera en la detección de radiación cósmica de ultra alta energía con el apoyo que tuvo siempre de Canarias al emplazar la instrumentación en La Palma.

Háblenos de la radiación cósmica.

El área de conocimiento de mi Cátedra es la Física Atómica Molecular y Nuclear y, contrariamente a lo que la gente suele pensar, no siempre trabajamos en centrales nucleares. La radiación cósmica de ultra-alta energía es radiación extraterrestre. Son partículas, núcleos, de muy alta energía que nos llegan del espacio exterior. Tienen energías más altas que las que el ser humano puede generar en los aceleradores más potentes, como el LHC (*Large Hadron Collider*) de Ginebra. Ahí las energías son del orden del teraelectronvoltio (TeV) y la radiación cósmica llega a energías del 10^{20} o 10^{21} eV.

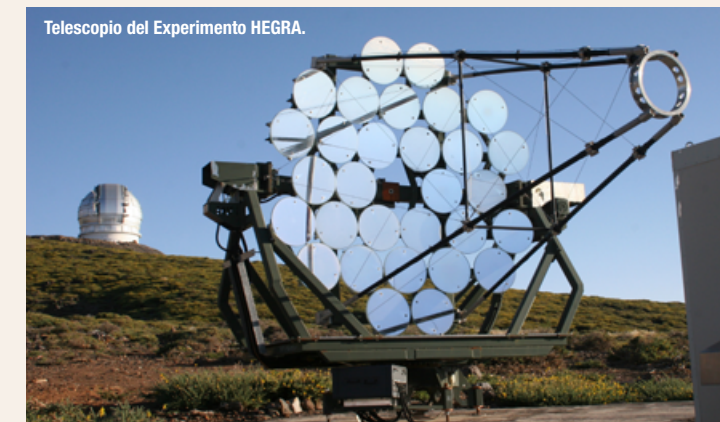
La radiación cósmica se descubrió hace algo más de cien años, en 1912, y todavía no conocemos su origen. Por ello, después de HEGRA, se tuvo la oportunidad de seguir emplazando en La Palma, gracias al IAC, los telescopios MAGIC I y II, que son una pareja para detectar la radiación cósmica con visión estereoscópica. Y, recientemente, La Palma ha sido elegida para el emplazamiento del CTA (*Cherenkov Telescope Array*) Norte. Ahora nuestro interés está en la Estación Espacial Internacional para observar la radiación cósmica desde el espacio con detectores tipo EUSO (*Extreme Universe Space Observatory*).

Con respecto a radiación gamma, ¿qué descubrimiento cree que se va a producir con la red de telescopios CTA en el Observatorio del Roque de los Muchachos?

La radiación gamma es una parte de la radiación cósmica, base de la Física que está dando los grandes

descubrimientos del siglo XXI. Los mensajeros de esta nueva Física están siendo y van a ser los neutrinos, las ondas gravitacionales, la radiación gamma, la radiación cósmica, la materia oscura y la energía oscura, los seis pilares de la Física de Astropartículas. La materia de la que estamos hechos, nuestras células, es materia bariónica. Y esta materia conforma solo el 5 o el 6% del Universo. Se estima que más del 20% es materia oscura y más del 70% es lo que llamamos energía oscura. Así que nos creemos que estamos hechos de lo mismo que el resto del Universo, y no es verdad. Somos el caso particular más extraño y el que menos nos habla del Universo. Con la radiación gamma y la radiación cósmica se obtendrá información sobre las nuevas leyes de la Física que rigen a energías muy superiores a las de este planeta y que explican más del 90% del Universo actualmente desconocido.

ALEJANDRA RUEDA Y ELENA MORA



Telescopio del Experimento HEGRA.

Impresión artística del CTA Norte. Crédito: Gabriel Pérez Díaz/IAC.



Gelys Trancho

Ingeniera de sistemas del Telescopio de Treinta Metros (TMT)

Nació en Lanzarote en 1974, la octava de una familia de diez hermanos. Decidió ir a la Universidad de La Laguna (ULL) porque estaba interesada en Física y siempre se le dieron bien las asignaturas de Ciencia. Hoy es ingeniera de sistemas senior del Telescopio de Treinta Metros (TMT), un supertelescopio que podría instalarse en La Palma. En junio de 2017 formó parte del Comité Organizador Local del congreso sobre “Óptica Adaptativa para Telescopios Extremadamente Grandes (AO4ELT)”, organizado por el IAC en Tenerife.

Cuando empezó la carrera, Gelys Trancho no sabía nada del IAC ni de Astrofísica. “No sabía –confiesa– lo que era una estrella, ni había mirado nunca al cielo. Pero en el tercer año, prepararon unas charlas de las diferentes disciplinas a las que podría optar. Y hubo una sobre ‘Universos Paralelos’, a cargo del famoso astrofísico Dennis Sciama, que recordaré toda la vida. Después de 1 hora y 20 minutos me di cuenta de que no había entendido absolutamente nada y efectivamente decidí que esa era la carrera que quería estudiar porque me había dejado impresionada.”

Cuando estaba terminando el último año de Físicas, el IAC ofertó unas becas de verano para trabajar en el “site testing” del Gran Telescopio Canarias (GTC). Gelys Trancho se presentó, sacó la plaza y se pasó tres meses de verano en el Observatorio del Roque de los Muchachos. “Fui –afirma– la primera mujer que trabajó sola allí por la noche durante 15 días consecutivos. Me encargaba del monitor de seeing, del vapor de agua, del radiómetro y de cargar el gasoil para mantener el motor (tener luz) y seguir trabajando”. Después estuvo durante unos años en el IAC, con Casiana Muñoz, más dedicada al monitor de seeing que al vapor de agua. Finalizó sus



estudios y le surgió la oportunidad de trabajar como operadora del Telescopio Nazionale Galileo (TNG). Fue un momento clave, finales de los 90, porque era cuando empezaba a desarrollarse la Óptica Adaptativa en el Observatorio. “El TNG comenzó a trabajar con las primeras pirámides de Óptica Adaptativa y el sistema AdOpt de aquella época. Participamos en la puesta en marcha del telescopio y aprendimos mucho de Óptica Adaptativa”.

En esos años, Gelys Trancho conoció a su marido (Matthieu Bec), quien trabajaba en el Grupo de Telescopios Isaac Newton (ING) como ingeniero de software. Entonces salieron dos plazas en Gemini con los perfiles de ambos y se plantearon irse a Hawai. Pero a él le ofrecieron trabajo en Hawai, en Gemini Norte, y a ella en Chile, en Gemini Sur, y durante tres años tuvieron que vivir separados. “En Gemini –explica–, yo era asociada de sistemas de soporte, es decir, la persona encargada de operar el telescopio, la Óptica Adaptativa y los instrumentos.

Gelys Trancho decidió entonces hacer un doctorado. “Hablé con el IAC y con el Departamento de Astrofísica de la ULL, y se acordó un intercambio: el Gemini pagaría los costes y en el IAC tendría soporte y un profesor

asignado: Ismael Pérez Fournon y Begoña García Lorenzo. Tuve la gran suerte de que al director de Gemini en ese momento, Matt Mountain, le había encantado Canarias cuando trabajó como postdoc en el Telescopio Carlos Sánchez. Tenía un sentimiento muy arraigado hacia las Islas. Apoyó toda mi carrera y, al principio, hasta que tuve un poco más de ciencia, me ayudó a conseguir tiempo de observación y datos del telescopio Gemini. Cuando uno empieza en un telescopio de 8 m, en la fase de commissioning, lo haces desde cero y eso ayuda a plantearte cómo funciona y cómo son las cosas en todos los niveles.”

ÓPTICA ADAPTATIVA MULTICONJUGADA

Según fue terminando su doctorado, su carrera profesional cambió de dirección. El nuevo director de Gemini, Doug Simons, le preguntó por la orientación que quería dar a su profesión. “Le respondí que quería ser ‘astrónoma de soporte’, pero él me insistió en que debería ser ingeniera de sistemas. Yo no sabía qué era eso exactamente hasta que hice un par de cursos de INCOSE (*International Council on Systems Engineering*). Consistía en hacer que todo el sistema funcionase conjuntamente. Al ser astrónoma, tenía capacidad de entender lo que los astrónomos querían, y el haber trabajado casi 15 años en telescopios me permitía traducirlo en términos de ingeniería. Se trataba de establecer un puente entre ambos, entre astrónomos e ingenieros. Finalmente pasé tres años en Gemini Sur, cuatro en Gemini Norte y, luego, de nuevo en el Sur. Allí empezó el sistema de Óptica Adaptativa Multiconjugada. Con ella se iba a hacer algo que no se había hecho previamente: intentar corregir un campo relativamente grande. En 2011 se instaló el primer sistema de Óptica Adaptativa en un telescopio de 8 m y, por ahora, no hay otro sistema equivalente.”

“En ese momento –cuenta– se ofertó una plaza de ingeniería de sistemas en GMT (siglas en inglés de Telescopio Gigante de Magallanes), ideal para mí, y otra de ingeniero de software a la que podría optar mi marido. Trabajé allí 4 años, preparamos la Fase de Diseño Preliminar, justo después de nacer mi hijo en 2013, y en 2014 surgió la oportunidad de trabajar en el TMT, que estaba en la misma ciudad, en Pasadena (California). Trabajaría como ingeniera de sistemas de nivel 1, no sólo de óptica adaptativa, sino en todo el Observatorio. Me pareció una oportunidad personal y profesional, así que me presenté. Ahora soy una de las ingenieras senior del proyecto, la única que reside en Pasadena (el resto

lo hacen en Canadá), y nos dedicamos a que todas las interfaces funcionen bien, a que todo está unido como debería. La clave de nuestro trabajo es estar seguros de que los requisitos de ciencia e ingeniería no se contradigan y no se pierda de vista qué queremos del telescopio, pues a veces, cuando se trabaja con tanto detalle, se pierde la perspectiva global. Llevo casi 20 años en este campo, con una visión de principio a fin que me ayuda a corregir errores.” Y añade: “Cuando Canarias se convirtió en el plan B para el TMT, como buena canaria, fue algo que me llegó al corazón. Que un proyecto de esta magnitud, como el TMT, pueda venir a La Palma, es muy importante no solo a nivel científico, sino a nivel de trabajo, de ingeniería y de creación de puestos de trabajo”.

Desde 1997 hasta 2018, la carrera profesional de Gelys Trancho parece haber ido progresando de forma paralela a cómo aumentaba el tamaño del espejo de los telescopios con los que trabajaba. Empezó con un pequeño monitor de seeing, pasó después al TNG, de 3,5 m, luego al Gemini de 8 m, posteriormente al GMT, de 25 m, y ahora al TMT, de 30 m. “He trabajado –concluye– en muchos telescopios y supongo que, para mí, el TMT será el último en diseño, operación y puesta en marcha.”

ELENA MORA Y CARMEN DEL PUERTO



Impresión artística del Telescopio de Treinta Metros (TMT).

11 de Febrero

“Día Internacional de las Mujeres y las Niñas en la Ciencia”

El 11 de febrero se celebra en todo el mundo el Día internacional de las Mujeres y las Niñas en la Ciencia, instaurado en 2016 por la Organización de las Naciones Unidas como parte de su lucha para alcanzar la igualdad de género.

En 2017, el IAC organizó por este motivo la actividad “HABLA CON ELLAS: mujeres en Astronomía”, que tuvo lugar desde las 10h de la mañana hasta las 14h en el centro de La Laguna, en Tenerife. En concreto, en un espacio cubierto cedido por Galerías Wehbe, en la calle Herradores, y con la colaboración del Ayuntamiento de San Cristóbal de La Laguna. El objetivo era dar a conocer de primera mano el trabajo que realizan las astrónomas e ingenieras del IAC, estimular el interés por hacer carreras científicas y tecnológicas y demostrar que la ciencia y la tecnología no es solo cosa de hombres. La actividad fue una iniciativa de las astrofísicas del IAC **María Cebrián**, **Marina Ramón** y **Laura Toribio**, en colaboración principalmente con la Unidad

de Comunicación y Cultura Científica (UC3) y la Comisión de Igualdad del IAC. En este evento interactivo se invitaba a la población y visitantes de La Laguna a acercarse a hablar con una treintena de astrónomas e ingenieras, claramente identificadas, para preguntarles acerca de su profesión, sus estudios, su experiencia personal como científicas o cualquier otro asunto que suscitara su interés.

El espacio contó con información sobre este día internacional, paneles expositivos que mostraban imágenes de astrónomas famosas y textos resumiendo sus logros. Se invitó al público asistente a fotografiarse en el “photocall” con la imagen de la galaxia de Andrómeda y dedicado a 33 mujeres que tuvieron un papel relevante en la historia de la Astronomía (ver pág. 4).

Una parte del espacio se destinó a la grabación de un episodio especial del programa de radio de actualidad científica “Coffee Break: Señal y Ruido”, conducido

El Instituto de Astrofísica de Canarias (IAC) se sumó a la celebración del Día Internacional de las Mujeres y las Niñas en la Ciencia el 11 de febrero de 2017 con una actividad callejera en La Laguna que pretendía dar visibilidad al trabajo que realizan las astrónomas e ingenieras del centro y animar a las niñas a iniciar carreras científicas y tecnológicas. La alerta por viento y lluvia activada en Canarias ese día no impidió que alrededor de 400 personas, entre ellas más de cien niñas y niños, participaran en la celebración disfrutando de una mañana llena de actividades. También se sumó a la celebración en 2018.



por la astrofísica del IAC **Marian Martínez**. En la foto de la derecha, Marian junto con **Cristina Ramos**, **Itahisa Marcelino** y **Susana Iglesias-Groth**.

Se dispuso igualmente de un rincón infantil para que los más pequeños, niñas y niños, se divirtieran descubriendo y pintando constelaciones y planetas y aprendiendo cómo obtenemos información de los objetos del Universo utilizando su luz.

También hubo una pantalla donde se proyectaron vídeos de divulgación e imágenes astronómicas y se hizo difusión del evento en las redes sociales usando las etiquetas “#IAC11F”, “#diamujeryciencia” y “#nonancias”.

HOMENAJE A VERA RUBIN

El IAC también quiso rendir un homenaje a la astrónoma Vera Rubin, recientemente fallecida, recogiendo en los paneles expositivos una frase de esta experta en materia oscura, uno de los misterios cósmicos aún sin resolver: “Hace treinta años pensamos que estaba ganada, pero la igualdad es tan escurridiza como la materia oscura”.

“CHARLA CON UNA ASTRÓNOMA”

En 2018 se volvieron a organizar actividades con motivo del 11 de febrero. Promovida por la Comisión “Mujer y Astronomía” de la Sociedad Española de Astronomía (SEA) y organizada por **Adriana de Lorenzo-Cáceres**, investigadora del IAC, “Charla con una astrónoma” fue una iniciativa online (a través del “chat” y de la página web de la SEA). Contó con la participación de 32 astrofísicas profesionales españolas que contestaron preguntas sobre su investigación y/o sobre su experiencia como mujeres trabajando en Ciencia. Entre ellas, se encontraban las investigadoras del IAC **Beatriz Ruiz Granados**, **Patricia Chinchilla** y **Julia de León**, además de **Adriana de Lorenzo-Cáceres**.

Asimismo, el IAC, en colaboración con el Área de Vocaciones Científicas de la Consejería de Educación del Gobierno de Canarias, participó en charlas, talleres y debates en varios centros educativos de Tenerife a lo largo de todo el mes. En esta actividad participaron las astrofísicas del IAC **Adriana de Lorenzo-Cáceres**, **Nayra Rodríguez Eugenio** y **Antonia M. Varela Pérez**, y la ingeniera del IAC **Patricia Fernández Izquierdo**, junto a científicas de otras áreas. También dieron charlas divulgativas por videoconferencia **Nayra Rodríguez** y **Núria Salvador**, estudiante de doctorado Severo Ochoa del IAC.



HABLA CON ELLAS: Mujeres en Astronomía

El Instituto de Astrofísica de Canarias (IAC) se suma a la celebración del Día de la Mujer y la Niña en la Ciencia.

Charla con astrónomas e ingenieras del IAC y conoce de primera mano todo lo que ellas hacen en el campo de la Astrofísica.

Hazte una foto con ellas o con astrónomas famosas de todos los tiempos en el 'photocall' del IAC.

Sube las fotos a las redes sociales y compártelas con los hashtags #IAC11Febrero, #diaMujeryCiencia y #nonancias.

Ven con tu familia al completo: queremos saber qué quieren ser los niños de mayores y cómo ven el mundo de la Ciencia.

Asiste a la grabación en directo del programa de radio de divulgación científica Coffee Break: Señal y Ruido.

Aprende sobre las diferentes líneas de investigación y los proyectos de instrumentación del IAC.



¡Feliz 11 de febrero!
por una ciencia por y para tod@s

Sábado 11 de febrero de 2017
10h-14h Espacio Wehbe
C/ Herradores 46. La Laguna



Día Internacional de las Mujeres y las Niñas en la Ciencia

- ¿Te gustaría ser astrónoma de mayor?
- ¿Sabías que el 11 de febrero es el Día de las Mujeres y las Niñas en la Ciencia?
- ¿Conoces personalmente a alguna astrofísica?
- ¿Sabes cuántas ingenieras hay trabajando en la construcción de telescopios y sus instrumentos?
- ¿Te suena el nombre de Vera Rubin? ¿Y estos otros: Caroline Herschel, Henrietta Leavitt o Jocelyn Bell?
- ¿Has estado en el Observatorio del Teide? ¿Y en el Observatorio del Roque de los Muchachos?
- ¿Qué tienes que estudiar si quieres dedicarte a la Astronomía?
- ¿En qué consiste el trabajo de una astrofísica? ¿Y de una ingeniera en Astronomía?
- ¿Tienes curiosidad sobre cómo es el día a día de una astrónoma?
- ¿Podrías decir el nombre de alguna astrónoma famosa?
- ¿Has oído hablar del Instituto de Astrofísica de Canarias?
- ¿Sabes que en las Islas hay más de 50 telescopios profesionales?

HABLA CON ELLAS: Mujeres en Astronomía



Proyecto NO - Nancies

Las actividades del 11 de febrero se acompañaron también de un panel expositivo que presentaba el proyecto “NO-NANCIES”, de **Pilar Montañés**, astrofísica del IAC y estudiante de Bellas Artes de la Universidad de La Laguna. El proyecto se aproxima a la temática de la desigualdad de género en ciencia y tecnología mediante la fotografía documental. La iniciativa surge del análisis de la propia relación de esta investigadora con el trabajo científico, a partir de una mirada a otras mujeres con profesiones similares. Tras investigar lo que parece ser el poco interés de las mujeres actuales por la ciencia, se aborda la relación niña-adulta como una dualidad: la científica adulta es, a la vez, proyección de la niña que un día fue y modelo a seguir por cualquier niña interesada en la Ciencia.

La imagen social de la científica tiene un impacto en el modo en el que la niña inclinada a la ciencia se ve a sí misma y contribuirá a crear su sentido de identidad. Pero la científica adulta se encuentra en un no-lugar (la física Encina Calvo-Iglesias introduce esta idea en 2016) en el sentido de que parece no existir en el imaginario colectivo -el científico suele ser hombre y *freaky*-, de niña no tuvo a la muñeca Nancy científica con la que identificarse. Aún hoy en día encontramos muñecas Nancy azafatas, estrellas de cine, mamás, amas de casa, pero no físicas o ingenieras.

El proyecto comienza con trípticos que plantean relaciones entre cada científica, su lugar de trabajo y su “yo infantil”. Para concluir, se muestra una serie de escenas construidas en entornos científicos. En ellas se trata la relación entre científicas y niñas; niñas que, a falta de muñecas adecuadas, toman como modelo sobre el que proyectar su “yo adulto” a una científica real.



Gender in Physics Day

España 2017

Políticas de igualdad de género en Física, de la escuela a la carrera investigadora

Pensamos que la Ciencia es objetiva y que los descubrimientos que hace la Física del Universo también lo son. Pero la Ciencia no es inmune a los sesgos culturales y, por eso, es tan necesario promover el equilibrio entre mujeres y hombres para incluir el enfoque de género en esta disciplina, lograr un equilibrio entre ambos y conseguir así una sociedad más igualitaria. De ahí la necesidad de este encuentro, que tuvo lugar en la sala de congresos del Hotel Nivaria, en La Laguna (Tenerife), y en el que participaron más de un centenar de personas, entre responsables de proyectos de género en instituciones educativas, estudiantes y docentes de Física, personal investigador y profesionales de recursos humanos.

GENERA es un proyecto europeo financiado en el marco del programa Horizonte 2020 que tiene como objetivo promover el desarrollo de planes de igualdad en centros de investigación en Física. El fin es enriquecer la investigación en este campo en Europa con el talento de un mayor número de científicas y tecnólogas en un ámbito en el que continúan infrarrepresentadas. El GiPD es el evento público que deben organizar las instituciones asociadas al proyecto europeo. Este programa involucra a 13 centros de nueve países diferentes y en España es socio el Instituto de Astrofísica de Canarias.

La jornada empezó con unas palabras de bienvenida del director del IAC, Rafael Rebolo, quien destacó

El Instituto de Astrofísica de Canarias (IAC) organizó los días 23 y 24 de octubre el encuentro *Gender in Physics Day (GiPD) España 2017*, en el marco del proyecto GENERA (*Gender Equality Network in the European Research Area*), con el fin de crear un espacio de intercambio, debate y propuestas para la promoción de la igualdad de género en Física, identificando carencias, obstáculos y buenas prácticas.

que el talento y la capacidad intelectual entre mujeres y hombres están igualmente repartidos y, aun así, en Física se manifiesta una acusada minoría de mujeres, por lo que hay condicionantes de otra índole que limitan su presencia. Añadió que espera que los resultados de este y otros congresos puedan convertirse en acciones y propuestas que los gobiernos adopten en este sentido. El alcalde del Ayuntamiento de La Laguna, José Alberto Díaz, felicitó al IAC por ser un referente y por su compromiso con la Ciencia y con las políticas de igualdad, ya que “cuanto más nos acercamos a la igualdad entre hombres y mujeres, mejor es la sociedad”. El presidente del Cabildo de Tenerife, Carlos Alonso, precisamente subrayó que “la inauguración de un congreso sobre igualdad de género a cargo de tres hombres ya es representativo de lo mucho que falta por hacer”.



DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN

Uno de los resultados del evento ha sido un mapeo de la situación en igualdad de género en los centros de investigación en Física. Para ello, el IAC y otras instituciones pusieron en común un diagnóstico con perspectiva de género de la situación de las investigadoras y de las políticas de igualdad. El GiPD pretende también crear redes con otros centros de investigación para la promoción de políticas de igualdad de género en Ciencia.

Este encuentro trató de realizar un diagnóstico de la situación de las mujeres en la Física para, por un lado, descubrir en qué aspectos se debe trabajar y, por otro, elaborar unas recomendaciones que podrán utilizarse para plantear políticas de igualdad en centros de investigación y facultades de Física. Aunque se han celebrado otros congresos de género y ciencia, hasta ahora no se había realizado ninguno que apuntase sólo a la disciplina de Física, que tiene una infrarrepresentación muy marcada en cuanto a la presencia de mujeres se refiere.

El diagnóstico que se deseaba conseguir en este encuentro se hizo teniendo en cuenta tres aspectos: qué obstáculos encuentran las mujeres en su carrera científica, qué se está haciendo en la escuela y qué medidas están tomando los centros de investigación para reducir la brecha de género.

Bajo el título “Políticas de igualdad en Ciencia”, se trataron las buenas prácticas que se llevan a cabo en los centros de investigación, que también facilitaron datos desagregados por sexos. En este bloque se contó con la presencia de otros dos proyectos similares a GENERA, así como el estatus en cuanto a políticas de igualdad de la Universidad de La Laguna (ULL) y de otros seis Organismos Públicos de Investigación que expusieron sus diferentes situaciones, gracias a lo cual se pudieron extraer una serie de conclusiones.

El diagnóstico no se basó sólo en las políticas de igualdad. También se quiso evaluar cómo se está abordando este tema en la enseñanza de las ciencias. En el bloque “Lazos con la escuela” se valoraron las

GENERA **GENDER in Physics Day (GiPD)**
23 y 24 de Octubre de 2017

gipd@iac.es
www.iac.es/congreso/GIPD2017

Organiza:
Instituto de Astrofísica de Canarias (IAC)
Centro de Excelencia Severo Ochoa

Lugar: Hotel Nivaria
La Laguna, Tenerife

Funded by Horizon 2020 Programme
of the EU under the Grant Agreement

EXCELENCIA SEVERO OCHOA

experiencias tanto de coordinadoras como de técnicas de igualdad que están llevando a cabo proyectos para atraer a más chicas a las ramas de ciencias; y las del profesorado de Física de Secundaria, que pudieron hablar de la realidad del aula.

El tercer pilar sobre el que se sostuvo este encuentro es el que correspondía a la “Carrera investigadora”. En él se trataron los obstáculos con los que se encuentran las mujeres en la carrera científica. Para ello, se contó con la presencia de expertas en políticas de igualdad y con las experiencias de las propias científicas, que hablaron sobre cómo ha sido su carrera.

LA BRECHA DE GÉNERO EN FÍSICA

El congreso fue inaugurado con la conferencia de **Pilar López Sancho**, doctora en Física e investigadora del Instituto de Ciencia de Materiales de Madrid (CSIC). Su ponencia comenzó con una frase reveladora y que resume la experiencia de muchos asistentes al encuentro en cuestiones de género: “Me di cuenta tarde del problema que existe, pero luego he tenido que espabilarme mucho”. Continuó exponiendo algunas cifras ilustrativas que contextualizan la situación actual, como la brecha salarial de un 14,9% en detrimento de las mujeres, o la elección de solo el 12% de carreras STEM (*Science, Technology, Engineering and Mathematics*) por estas últimas. Por ejemplo, las catedráticas apenas suponen el 10% de este grupo y las profesoras titulares universitarias, un 26,1%. Asimismo, mostró su preocupación por la situación del personal investigador en España, ya que el 41% son mujeres y

DATOS DE INTERÉS

Según Eurostat, en 2015, las mujeres que obtuvieron el grado en Física en España representaban apenas el 27% de los graduados en esta ciencia, mientras que en otras ramas científicas, como la Biología, se encontraba en la representación equilibrada que, según la Ley de Igualdad, se sitúa entre el 40% y el 60%.

Estos datos de presencia en las universidades son variables dependiendo del país. En Suiza, el 19% de las personas que se gradúan en Física son mujeres, en Alemania son el 18% y en los Países Bajos apenas alcanzan el 13%. El problema no es reciente y, por ello, en Reino Unido han decidido tomar medidas trabajando directamente con el profesorado en la escuela.

solo el 19% dirigen “Centros de Excelencia” María de Maetzu o Severo Ochoa. Destacó la necesidad del enfoque de género para mirar a la Ciencia desde otra perspectiva y eliminar la visión androcéntrica, así como visibilizar otras mujeres para avanzar hacia la igualdad: “Es importante reconocer a las que fueron antes que nosotras porque, si no, repetiremos el mismo camino. Hubo muchas más de las que conocemos”.

MUJERES EN LA CARRERA INVESTIGADORA

Inmaculada Perdomo, profesora de Filosofía de la Ciencia en el Instituto Universitario de Estudios de las Mujeres de la Universidad de La Laguna (IUEM-ULL), moderó las intervenciones del primer bloque del congreso, titulado “Carrera investigadora”.

Carolina Martínez Pulido, de esta misma institución aunque ya retirada, destacó que la igualdad de género es un problema transversal, cuyas soluciones serían, entre otras, fomentar el trabajo en red entre mujeres y mantener los cupos que establece la ley.

Mayra Osorio Gutiérrez, del Instituto de Astrofísica de Andalucía (IAA-CSIC), presentó el estado de la paridad en la Astronomía española con algunas cifras interesantes. Según la Unión Astronómica Internacional (IAU), el número de mujeres profesionales de la Astronomía en España se encuentra por debajo de Argentina (41%), pero por encima de Suecia (16%) y Suiza (15%), países referentes en cuestiones de igualdad, entre otros temas, y que abren el debate sobre la efectividad de las medidas adoptadas en esta materia.

Lydia González Orta, técnica de Igualdad en el IAC, expuso un análisis cualitativo realizado tras entrevistar al personal del IAC en cuanto a su percepción e ideas sobre la carrera científica para identificar las dificultades que encuentran mujeres y hombres durante la misma.

Carmen García Recio, directora del Departamento de Física Atómica, Molecular y Nuclear de la Universidad de Granada (UGR), dedicó su intervención a la dificultad para detectar y evitar la discriminación de género no intencionada e inadvertida. También indicó algunas posibles soluciones institucionales para impedir los estereotipos, como educar en igualdad y recomendar y avalar la competencia de las mujeres.

Marina Rodríguez Baras, doctora en Física por la Universidad Autónoma de Madrid (UAM), presentó el estudio publicado en *Proceedings of the National Academy of Sciences* (PNAS), “John o Jennifer”, con el que se identificaron las consecuencias que tienen los sesgos de género específicos en el ámbito científico en la vida de las mujeres y cuyos resultados

revelan la percepción de los hombres, los “John”, como más competentes y merecedores de un sueldo mayor que las mujeres, las “Jennifer”, a la hora de ser valorados en un mismo puesto de trabajo.

Beatriz Ruiz Granados, investigadora posdoctoral del IAC, ofreció una visión panorámica del escaso protagonismo de las mujeres en Cosmología a pesar de sus importantes contribuciones en este campo, comparando su presencia con la de la composición del Universo: las mujeres suponen el 26,8% del personal investigador en Cosmología, igual que la materia oscura.

Joaquina Álvarez Marrón, presidenta de la Asociación de Mujeres Investigadoras y Tecnólogas (AMIT), presentó el trabajo que realiza dicha institución en defensa de la visibilidad y reconocimiento de las científicas.

Nastassja Cipriani, física por la Universidad del País Vasco (UPV), reflexionó en torno a la figura de la investigadora en Física y la necesidad de un cambio estructural para que este se ajuste a las mujeres y no al revés.

FÍSICA EN LOS CENTROS EDUCATIVOS

En el segundo bloque del congreso, “Lazos con la escuela”, **Olga Manduca** y **Elisa Pérez** dedicaron su intervención a visibilizar a científicas y tecnólogas punteras de centros de investigación y tecnológicos de Tenerife mediante charlas y visitas guiadas a estudiantes de Institutos de Educación Secundaria y Formación Profesional.

Ana Peña Méndez, directora de la Unidad de Igualdad del Cabildo de Tenerife, Marco Estratégico Tenerife Violeta, explicó el programa “Hacia la diversificación profesional” que incluye a todos los niveles formativos: profesorado, estudiantes y entidades tecnólogas.

Beatriz Dorta y **Jorge Camacho**, de la Consejería de Educación y Universidades, expusieron una nueva área recién formada en septiembre de 2017, “STEAM – Área de vocaciones científicas y creatividad”, cuyos objetivos son fomentar las vocaciones científico-tecnológicas en el alumnado y en especial en las alumnas.

Arabela de la Nuez, **Montserrat Delgado** y **José Juan Calvo**, docentes de Secundaria, se centraron en el papel del profesorado y la didáctica de la Física con perspectiva de género en centros educativos.

Patricia Chinchilla, estudiante de doctorado en el IAC, presentó el proyecto “Habla con ellas” y “Una astrónoma en mi clase” como ejemplos de iniciativas de esta institución para fomentar vocaciones científicas en niñas y niños.

Carmen del Puerto, jefa de la Unidad de Comunicación y Cultura Científica del IAC, resumió las labores que realiza este departamento para fomentar la igualdad de género y presentó el proyecto teatral multimedia “El regreso de Henrietta Leavitt: de la escuela a la carrera



Pilar López Sancho



Capitolina Díaz Martínez



Ana Puy Rodríguez

investigadora pasando por el teatro”, que visibiliza la figura de esta astrónoma eclipsada.

ROMPIENDO EL TECHO DE CRISTAL

Las Políticas de Igualdad en Ciencia centraron la atención del tercer bloque del congreso con una mesa debate donde se expusieron algunas iniciativas y proyectos nacionales y europeos en materia de igualdad de género ya en curso, así como posibles medidas a implantar para disminuir la brecha entre hombres y mujeres.

Todavía queda mucho por hacer. Esa es la sensación generalizada que cerró el *Gender in Physics Day España 2017*, en el que se destacó la labor de sensibilización y visibilización del problema de la desigualdad de género. Ahora es un tema común de debate dentro de las instituciones y también fuera de ellas, al que cada vez se suman más hombres, pero, aun así, el camino es largo, complejo, y seguimos siendo “unos aficionados” (tras diez años en el caso del Instituto de Astrofísica de Canarias).

El tercer bloque “Políticas de igualdad en Ciencia” se dedicó a tres líneas generales: experiencias de planes de igualdad en centros de investigación en Física, buenas prácticas en políticas de igualdad en Ciencia y perspectiva de género en el proceso investigador.

Inmaculada Perdomo, del Instituto Universitario de Estudios de las Mujeres de la Universidad de La Laguna (IUEM-ULL), inauguró la jornada con la charla “Investigación responsable y sensible al género.” En esta ponencia insistió en que la investigación en Ciencia y género es una disciplina que se encuentra entre la Filosofía, la Ciencia y la Tecnología. Desde los años 70 del siglo pasado, se ha planteado como desafío corregir el número de mujeres en la Ciencia, transformar las estructuras, eliminar barreras y modificar el propio conocimiento incluyendo la dimensión de género en la investigación.

Por su parte, **Johan Knapen**, investigador del IAC, comentó el contenido sobre ética elaborado por la European Astronomical Society (EAS): cuál es el alcance del documento, buenas prácticas a la hora de contratar personal y algunas recomendaciones en cuestiones de género y diversidad. El informe está disponible en la web de la EAS. Además, en el congreso EWASS de 2018, donde acudirán 1.500 astrónomos y astrónomas, habrá una sesión especial dedicada al tema. “Es un documento que va mucho más allá del género. En su opinión, la representación de mujeres en Astronomía en España no está tan mal (30%), y en otros asuntos estamos peor: diversidad de origen, diversidad cultural y económica, procesos de selección, sesgos inconscientes, progreso en la escala complejo...”

Iciar Montilla, investigadora y tecnóloga en el IAC, presentó algunas medidas para fomentar la igualdad de género en los congresos científicos. En su campo de Óptica Adaptativa –ingeniería- hay menos mujeres que en otras áreas de la Astrofísica. Ella fue presidenta del Comité Organizador Local del congreso de Óptica Adaptativa para Telescopios Extremadamente Grandes (AO4ALT5) que se celebró en junio de 2017. Al querer darle una perspectiva de género, encontró cierta oposición. A pesar de ello, continuó. Y algunas de las medidas que tomó fueron: el Comité Local Organizador (LOC) debería ser paritario aunque el Comité Científico Organizador (SOC) no pudiese serlo; control de abstracts de forma anónima; control de porcentajes de participación y conciliación mediante una subvención para participantes con hijos; inclusión de las familias en los descansos, etc. Esto produjo que la participación de mujeres alcanzase el 18%. Además, en comparación con el congreso de 2015, se normalizó el discurso de género y acudieron tanto hombres como mujeres a la charla de igualdad de género.

Sonia Estrade Albiol, doctora en Nanociencia y profesora de la Universidad de Barcelona (UB), presentó el proyecto Strategic Partnership “Diversity in the Cultures of Physics”, que busca construir una red europea para crear acciones que mejoren el balance de género en Física y otras subramas. Dentro de este programa se inserta una escuela de verano que pretende ser un intercambio bilateral para físicas jóvenes en la fase entre el máster y el doctorado. Las participantes salieron de esta escuela de verano más conscientes del sesgo de género, más feministas, más involucradas en el tema y empoderadas de cara a empezar sus estudios de doctorado.

Irene Jorge Fernández, investigadora de la Universidad Politécnica de Cataluña (UPC), responsable de comunicación de GEECCO (*Gender Equality in Engineering through Communication and Commitment*), introdujo el proyecto H2020 GEECCO cuyo objetivo es ayudar a los centros científico-tecnológicos a poner en marcha planes de igualdad que afecten a la toma de decisiones, la contratación y la carrera profesional, la docencia y la investigación.

Naiara Arri e Idoia Peñacoba comentaron la experiencia de la Universidad de Mondragón en la implantación de “PLOTINA”, un programa de H2020 para impulsar la igualdad en centros de investigación mediante el diseño de planes de igualdad y cuyas conclusiones son, entre otras, que no todo el mundo percibe desigualdad de género.

Águeda González, investigadora, profesora de la Universidad de La Laguna (ULL) y miembro de la Comisión de Políticas de Igualdad de la Facultad de Ciencias, expuso su proceso de creación, incluyendo a todos los agentes involucrados,



y difusión entre profesorado y alumnado mediante cartelería, exposición bibliográfica de mujeres en ciencia, exposiciones y vídeos de mujeres importantes en la Ciencia (tanto pasadas como actuales).

Eduardo Martín Guerrero de Escalante, del Centro de Astrobiología (INTA-CSIC), analizó la situación de esta institución aportando algunas cifras sobre la composición de su personal, medidas de conciliación, etc. Destacó que la proporción de mujeres es relativamente alta (40%), no así en puestos de responsabilidad, pero que aún queda “mucho por andar”.

Susana Hernández, responsable de comunicación del Instituto de Física Teórica (IFT), un centro mixto UAM-CSIC, subrayó la baja presencia de mujeres en su institución y destacó algunas actividades de divulgación, especialmente la llevada a cabo a través de su canal de YouTube la semana del 6 al 11 de febrero de 2016 en el que las investigadoras de Física contestaban a preguntas formuladas por el público general. También ofreció datos sobre sus redes sociales, señalando que en Facebook el 85% de los seguidores son hombres de entre 18 y 34 años, en Twitter el porcentaje masculino supone un 77% y en Youtube el dato se dispara a un 91% de hombres de los 280.000 subscriptores al canal.

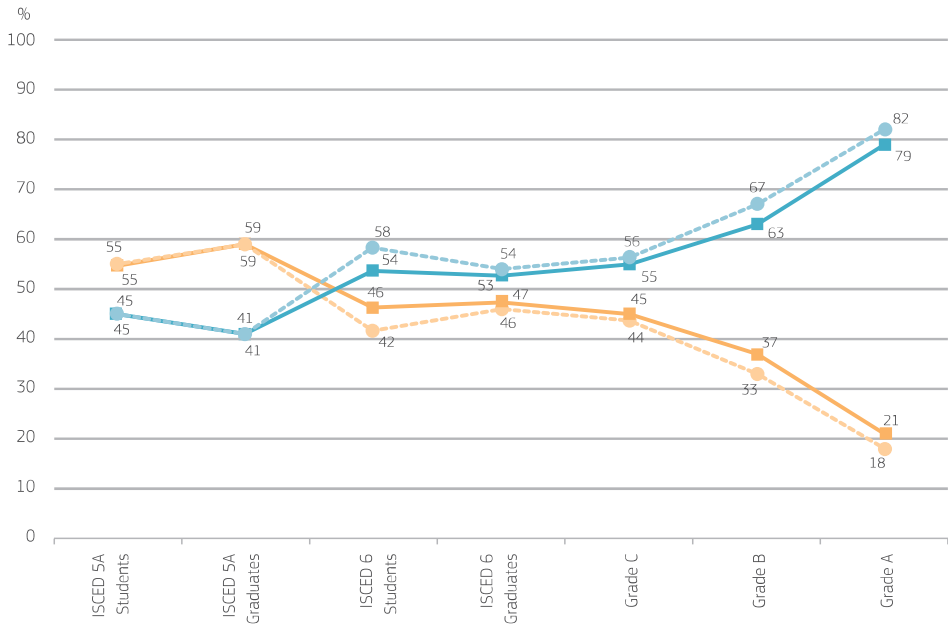
Mayra Osorio, del Instituto de Astrofísica de Andalucía (IAA), presentó la ponencia “Estadísticas del número de investigadoras en el IAA-CSIC: unos números para reflexionar.” En ella enumeró algunos descubrimientos importantes en los que han participado mujeres y relató la situación actual de las mismas en el IAA: en total son un 24%, de las cuales un 48%

son investigadoras predoctorales, un 34% posdoctorales y un 20% permanentes.

José Antonio Merino Martín, jefe de Recursos Humanos de CIEMAT (Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas), expuso que desde los años 90 se había conseguido la paridad (60/40) en la plantilla, aunque en los departamentos de Tecnología y Fusión los porcentajes de mujeres son menores. Algunas medidas del plan de igualdad que están considerando para facilitar la conciliación son el teletrabajo, las guarderías, los campamentos de verano, etc. También destacó la necesidad de personal que se dedique por completo a la igualdad y lamentó la ausencia de profesionales formados en esta área.

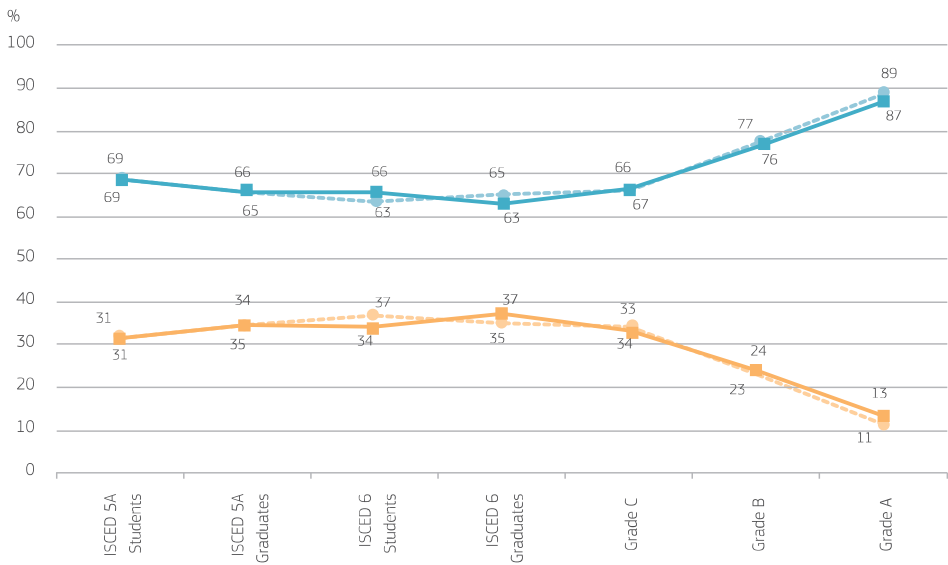
Marta Seror García, astrofísica y encargada de comunicación y difusión del Instituto de Física de Cantabria (IFCA), expresó que de las 90 personas que suponen el total de la plantilla del centro, más de 10 tienen menos de 30 años y de los cuales solo 5 son mujeres. En el resto de franjas predominan los hombres, y son conscientes de que los datos no son muy positivos. Aseguran que la diversidad aporta puntos de vista distintos que favorecen a todos, no solo a la Ciencia.

Monique Gómez, presidenta de la Comisión de Igualdad del IAC y gestora del proyecto GENERA, junto con el doctorando **David S. Aguado** y el investigador **Julio Castro-Almazán**, del área de caracterización de los Observatorios de Canarias, fueron los encargados de cerrar este tercer bloque temático. Julio comentó las



Diferencia en el gráfico de tijera considerando todas las disciplinas y el gráfico de tijera de las STEM en Europa (comparativa 2007-2013).

Fuente: Women in Science database, DG Research and Innovation and Eurostat-Education Statistics.



fases del Plan de Igualdad del IAC, que a lo largo de los años ha pasado por la concienciación, la sensibilización, la actuación, la consolidación y la transversalidad. Destacó la importancia de analizar cómo se empezó y qué ha cambiado desde entonces. Por su parte, Monique recordó que todo comenzó con la Ley de Igualdad. En 2008 se instó a desarrollar el Plan de igualdad del IAC y se elaboró un compromiso institucional, un diagnóstico y se redactó el mismo, así como un protocolo de acoso sexual y discriminación. En 2014 se redactó un nuevo Plan para renovar el compromiso, que firmó el Comité de Dirección. A partir de este momento se creó la Comisión de Igualdad; y en 2016 se contrató una técnica de igualdad gracias a la participación del IAC en GENERA. Por su parte, David recordó que el IAC es pionero en políticas de conciliación e informó de cuáles fueron los resultados obtenidos tras preguntar a las investigadoras del Instituto por ellas.

La ponencia final estuvo compuesta de dos partes. Primero, **Thomas Berghoefer**, director del Proyecto GENERA y perteneciente al Deutsches Elektronen-Synchrotron (DESY), destacó la importancia de continuar con estos proyectos de equilibrio de género cuando finalice el proyecto GENERA. Recordó que es necesario el compromiso de las instituciones que lo conforman y aquellas nuevas que deseen participar ya que, gracias a este tipo de encuentros, todos los centros pueden aprender de los demás. La segunda parte fue la Mesa de clausura en la que estuvieron presentes **Capitolina Díaz Martínez**, catedrática de Sociología del Género de la Universitat de València, y **Ana Puy Rodríguez**, directora de la Unidad de Mujeres y Ciencia del Ministerio de Economía, Industria y Competitividad (MINECO).

Capitolina Díaz presentó cuáles fueron sus observaciones y conclusiones sobre este encuentro y detectó dos problemas que explican por qué es tan lento el progreso de las mujeres en la Ciencia. En primer lugar estaría la “Gineagnosia”. Comentó que la agnosia es una enfermedad en la que no se reconoce lo que se ve y que, por lo tanto, la gineagnosia explicaría por qué vemos a las mujeres sólo como mujeres y no más allá (siempre como madre o cuidadora, pero no como una profesional). Esto supone que la sociedad en general no reconoce el valor de las mujeres. El otro problema detectado por Capitolina es la “Hystéresis social de género”, que impide valorar adecuadamente a las mujeres cultivadas y preparadas, en el campo profesional, y hace que se siga teniendo sobre ellas un pensamiento antiguo. Es necesaria una “desmagnetización”, para compensar tantos años de desigualdad. Para resolver estos problemas, propuso cambios y medidas de acción positiva, como dar a conocer a estas figuras; y cambios estructurales como los que propone el proyecto H2020.

Ana Puy, por último, habló sobre las iniciativas recientes que se han llevado a cabo en la Unión Europea, como H2020 y la Comisión al Consejo y al Parlamento Europeo sobre el ERA (Informe 2014). En este informe, el cambio es muy lento en políticas de igualdad de género y Ciencia, con algunos problemas: sesgo de género, falta de equilibrio en los puestos decisorios y ausencia de dimensión de género. Aunar esfuerzos para lograr cambios institucionales a largo plazo debe de ser una de las prioridades para lograr el equilibrio de género. Los principales objetivos para España dentro de ERA (2015-2020) son revisar y adecuar los procedimientos y criterios de convocatorias en I+D+i; elaborar directrices, buenas prácticas y formación.

A pesar de que la fotografía que se ha podido obtener de la situación actual de las mujeres en los centros de investigación en Física no ha sido positiva, el hecho de que se hayan identificado los problemas y se esté trabajando sobre ellos es un gran paso. Deberán llevarse a cabo más encuentros como éste que apuestan por aprovechar las fortalezas y buenas prácticas de todos para continuar avanzando hacia la paridad.

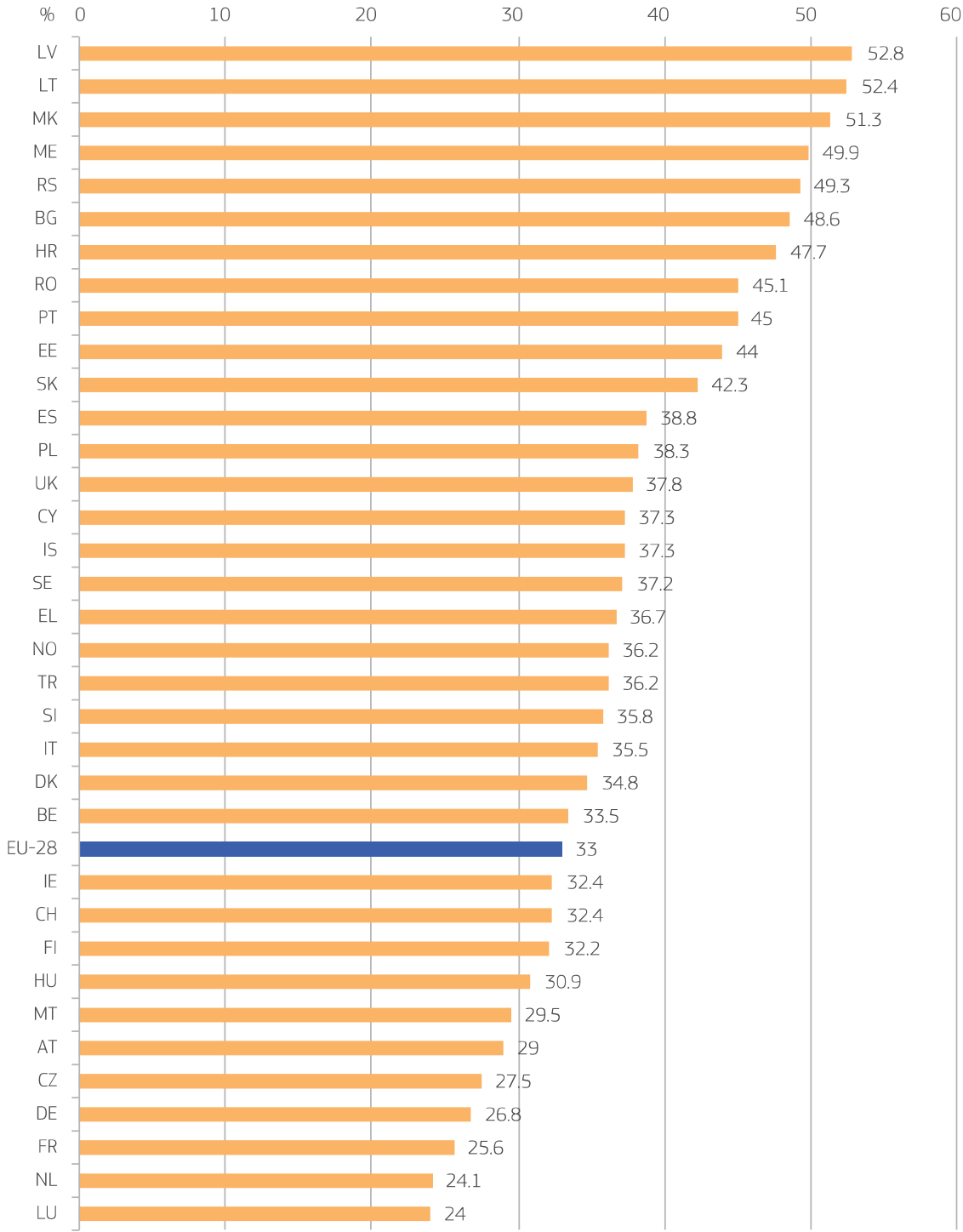
ACTIVIDADES PARALELAS

Paralelamente a este congreso se desarrollaron una serie de actividades, como la asistencia el lunes 23 de octubre a la obra de teatro *El honor perdido de Henrietta Leavitt*, en el Teatro Leal de La Laguna, organizada por el IAC y la FECYT. Los miembros del proyecto GENERA se reunieron en paralelo los días 24 y 25, también en La Laguna, y compartieron experiencias con las personas asistentes al GiPD tras la función teatral el 24 de octubre. Además, el martes, tras la clausura del encuentro, se organizó una visita al Observatorio del Teide.



Comité Organizador Local del GiPD 2017. De pie: Álex Oscoz, Judith de Araoz, Pilar Montañés y Monique Gómez. Sentados: Nieves Villoslada, Andrea Rodríguez, Lydia González y Alfonso Ruigómez.

Más información: <http://www.iac.es/congreso/GIPD2017/>



Porcentaje de investigadoras en los países europeos, 2012.

Fuente: SheFigures 2015 (Comisión Europea, 2016)

Monique Gómez

La Comisión de Igualdad del IAC

Como establece la Ley Orgánica 3/2007, de 22 de marzo, para la igualdad efectiva de mujeres y hombres, es voluntad del Instituto de Astrofísica de Canarias (IAC) hacer efectivo el derecho de igualdad de trato y oportunidades entre hombres y mujeres mediante la adopción de las medidas preventivas y correctoras necesarias para que en el IAC no pueda darse discriminación directa o indirecta, sea cual fuere la circunstancia o condición de las personas que lo conforman. La Comisión de Igualdad (CI) del IAC es el órgano encargado del asesoramiento y detección de las medidas y acciones necesarias o convenientes para integrar activamente el principio de igualdad entre mujeres y hombres en el IAC, la elaboración de las propuestas del Plan de Igualdad, su implantación y seguimiento. También, canaliza las necesidades y sugerencias que puedan surgir en materia de igualdad efectiva entre mujeres y hombres en el IAC.

Responsable de la Biblioteca del Instituto de Astrofísica de Canarias desde 1992, el primer cometido de Monique Gómez fue la implementación de un sistema integrado de gestión para automatizar todas las funciones de la Biblioteca del IAC, consiguiendo disponer de un catálogo consultable online desde 1993. Gracias a los avances de las tecnologías de la información y al nacimiento de internet, ha ido dando los pasos para transformar una biblioteca basada en el documento físico en papel en una biblioteca híbrida en la que los documentos electrónicos son cada vez más numerosos.

Además de su trabajo en la Biblioteca, Monique Gómez ha participado en varios proyectos transversales del



IAC, tales como IAC Gestión, el Portal de Transparencia, la Sede Electrónica y la nueva Web del IAC. Colabora con el Área de Investigación en temas relacionados con producción científica e indicadores bibliométricos y ha coordinado el tratamiento archivístico de la documentación antigua de la Dirección que ha permitido crear la base de un archivo institucional.

En 2009, entró a formar parte de la Comisión de Igualdad que elaboró el primer diagnóstico de situación y primer Plan de Igualdad del IAC. Desde entonces sigue en la Comisión, siendo actualmente su presidenta y participando activamente en la realización del II Plan de Igualdad del IAC.

En 2015, junto con el Responsable de Recursos Humanos, gestionó la participación del IAC en el proyecto europeo GENERA, cuyo objetivo principal es la implementación de planes de igualdad en los centros de investigación en Física. En el marco de este proyecto, participa en algunas de las reuniones de la Secretaría conjunta y formó parte del comité organizador local del evento *Gender in Physics Day* celebrado en La Laguna del 23 al 24 de octubre 2017 para los centros de investigación españoles.

¿Qué tiene de particular la Física?

La idea de una (des)igualdad de género específica en Física ha sido recurrente en el Proyecto europeo GENERA desde sus inicios. Uno de los objetivos principales de GENERA es el desarrollo de planes de igualdad en centros de investigación en Física en los que se espera que haya un cambio estructural favorable a la igualdad de género.

El surgimiento de la idea de una (des)igualdad de género específica en la disciplina se debe a tres razones principales:

a) el proyecto aglutina a centros de investigación de una misma disciplina y responde al lema *from physics for physics*, integrando personal investigador en Física en el equipo coordinador y técnico; b) la constatación de que existe una marcada infrarrepresentación de mujeres en la disciplina desde el nivel de Grado (las mujeres representan solo el 27% de los Grados en Física en España, el 34% en Italia, el 19% en Suiza, el 18% en Alemania y el 13% en Países Bajos, según datos de Eurostat para 2015 recopilados por el proyecto GENERA) que la diferencia de otras STEM; y c) la intención del proyecto de producir una “innovación” en el campo de las políticas de igualdad. Todo ello ha dado lugar a la demanda de “recetas” concretas y específicas para poner en práctica en la disciplina de Física. Sin embargo, el problema que GENERA está tratando de hacer frente, esto es, la desigualdad de género, permea toda la sociedad. Los mecanismos de discriminación directa e indirecta en los ámbitos de la política, el mercado de trabajo, la familia, la academia y la ciencia han sido ampliamente analizados por los estudios de género.

Si bien es cierto que la infrarrepresentación de mujeres en las diferentes STEM no es homogénea, hay un origen común en las causas, que son los estereotipos de género y las expectativas diferenciadas reproducidas a través de los medios de comunicación, las familias, el grupo de iguales, el profesorado y otros agentes socializadores. Como resultado, las chicas tienden a identificarse en mayor grado con estudios y profesiones relacionadas con



el cuidado, la salud, la educación, las humanidades; y los chicos, mayoritariamente con estudios y profesiones relacionadas con la tecnología, las ciencias y aquellas áreas a las que se atribuye la capacidad de abstracción y “objetividad”. Esta es la idea principal que los estudios de género introducen en el campo de la ciencia y la investigación a la hora de analizar las elecciones diferenciadas de estudios y profesiones que continúan realizando chicos y chicas una vez establecida la igualdad formal en el sistema educativo. La infrarrepresentación de hombres en los estudios de humanidades, algunas ciencias sociales, y el sector de la salud es la otra cara de un mismo proceso, aunque reciba menor atención. Por tanto, la infrarrepresentación de las mujeres en Física no se puede contemplar como un fenómeno aislado de la infra/sobrerrepresentación de mujeres en diversas áreas de conocimiento.

Por otra parte, los mecanismos de discriminación de género en el mundo académico y científico documentados por los estudios de género (segregación vertical y horizontal, ambiente masculinizado, cultura organizativa sexista, acoso sexual, invisibilización de las contribuciones de las científicas, entre otros) no son exclusivos de una disciplina en concreto ni del ámbito de la investigación, sino que se reproducen en diferentes sectores del mercado de trabajo y esferas de poder. No se han encontrado evidencias suficientes para hablar de una (des)igualdad de género específica

en Física que sugieran la necesidad de unas políticas de igualdad particulares. Por poner solo algunos ejemplos: a) los ámbitos de intervención en políticas de igualdad desarrollados en el marco del proyecto GENERA (exclusivo de centros de investigación en Física) son perfectamente aplicables a otras disciplinas y sus respectivos centros de investigación, incluidas las ciencias sociales y ciencias de la vida. Las estructuras de igualdad, conciliación, presencia equilibrada, cultura organizativa y perspectiva de género en la investigación son aplicadas en diferentes instituciones relacionadas con la investigación y recomendadas por instituciones europeas y previos proyectos de género y ciencia; b) la literatura especializada sobre género y ciencia y los estudios llevados a cabo en la disciplina de Física no han indicado diferencias sustanciales en los mecanismos de desigualdad de género en Física. Kristina Rolin y Jenny Vainio (2011) afirman en su análisis con perspectiva de género de la Física finlandesa que *“physics departments are gendered in the dimensions of symbols and images, interaction and mental constructs”* así como que el *“ideal physicist”* es un trabajador (sic) flexible, disponible para viajar alrededor del mundo y sin “cargas” familiares, lo cual no dista demasiado de lo que podemos observar en otros departamentos, disciplinas y trayectorias profesionales; c) el estudio cualitativo llevado a cabo en el IAC, esto es, con personal investigador en Astrofísica, no ha revelado ninguna práctica sexista, proceso generizado o mecanismo de desigualdad de género que no hubiera sido documentado ya en otros estudios con perspectiva de género sobre esta u otra disciplina, incluso en diferentes países de nuestro entorno. Las físicas repiten una y otra vez en su relato las mismas barreras y obstáculos que podemos encontrar en el sistema de ciencia y en otros sectores del mercado de trabajo: redes informales masculinizadas, menor presencia en puestos de poder, acoso sexual, problemas de conciliación de la vida personal, familiar y laboral, entre otros.

Sin embargo, hay dos aspectos que hacen de la Física una disciplina particular para el trabajo en políticas de igualdad, sin ser del todo exclusivos: por un lado, la persistente idea de “el físico” (sic) en el imaginario social como un varón, occidental, *weird*, de clase media, intelectualmente excepcional, que nos da una imagen del tipo de persona que encaja mejor en las instituciones de Física (Kristina Rolin y Jenny Vainio, 2011). Esta imagen de “el físico” está ya presente en las aulas de primaria, donde la Física (junto con otras disciplinas como las Matemáticas) son consideradas accesibles solo para “los más brillantes”. El “efecto Einstein” tiene también una dimensión de género, ya que las niñas, en mayor medida que los niños, a partir de los seis años tienden a excluirse del grupo con mayores

capacidades intelectuales (Bian, Lin et al., 2017). Por otro lado, la propia imagen de la Física como “LA” disciplina que puede ofrecer “LA” explicación del mundo y su funcionamiento, así como la autoimagen de “los físicos” resumida por Kristina Rolin y Jenny Vainio como *physicists-can-do-everything-by-themselves*. Esta imagen de sí misma que tiene la Física está relacionada con un modelo que reproduce los valores, capacidades y roles tradicionalmente asociados a lo masculino en nuestra sociedad. Estos dos aspectos indican la necesidad de acciones específicas en el ámbito de la didáctica de la Física, la divulgación y comunicación científica, así como la cultura organizativa de los centros de investigación en Física.

Por el momento, *from physics for physics* en el proyecto GENERA no se traduce tanto en la búsqueda de políticas y medidas de igualdad completamente nuevas y diferentes para la disciplina, sino más bien en el hecho de que es la propia comunidad de físicas y físicos la que ha tomado la iniciativa de abordar un problema de derechos humanos. Para ello, los centros de investigación que forman parte de GENERA se han involucrado en el desarrollo de políticas de igualdad de género participativas, sostenibles y adaptadas a su status en igualdad de género. La Física no vive al margen de la sociedad, está inmersa en un particular sistema de ciencia, a su vez relacionado con estructuras sociales más amplias como el mercado de trabajo globalizado. Y las personas que investigan en Física han sido socializadas en un sistema marcado por las relaciones de género y son también vulnerables a las necesidades de cuidados. Quizá la Física no sea tan exclusiva en lo que respecta a los mecanismos de la desigualdad de género, pero aquellos centros de investigación en Física pioneros en igualdad pueden marcar la diferencia e “innovar” desarrollando estructuras y políticas de igualdad de género sostenibles que marquen un estándar común en la disciplina y una tendencia a seguir por el resto de la Física europea.

LYDIA GONZÁLEZ ORTA

Técnica de igualdad del Proyecto GENERA

El regreso de *Henrietta Leavitt*

De la escuela a la carrera investigadora pasando por el teatro

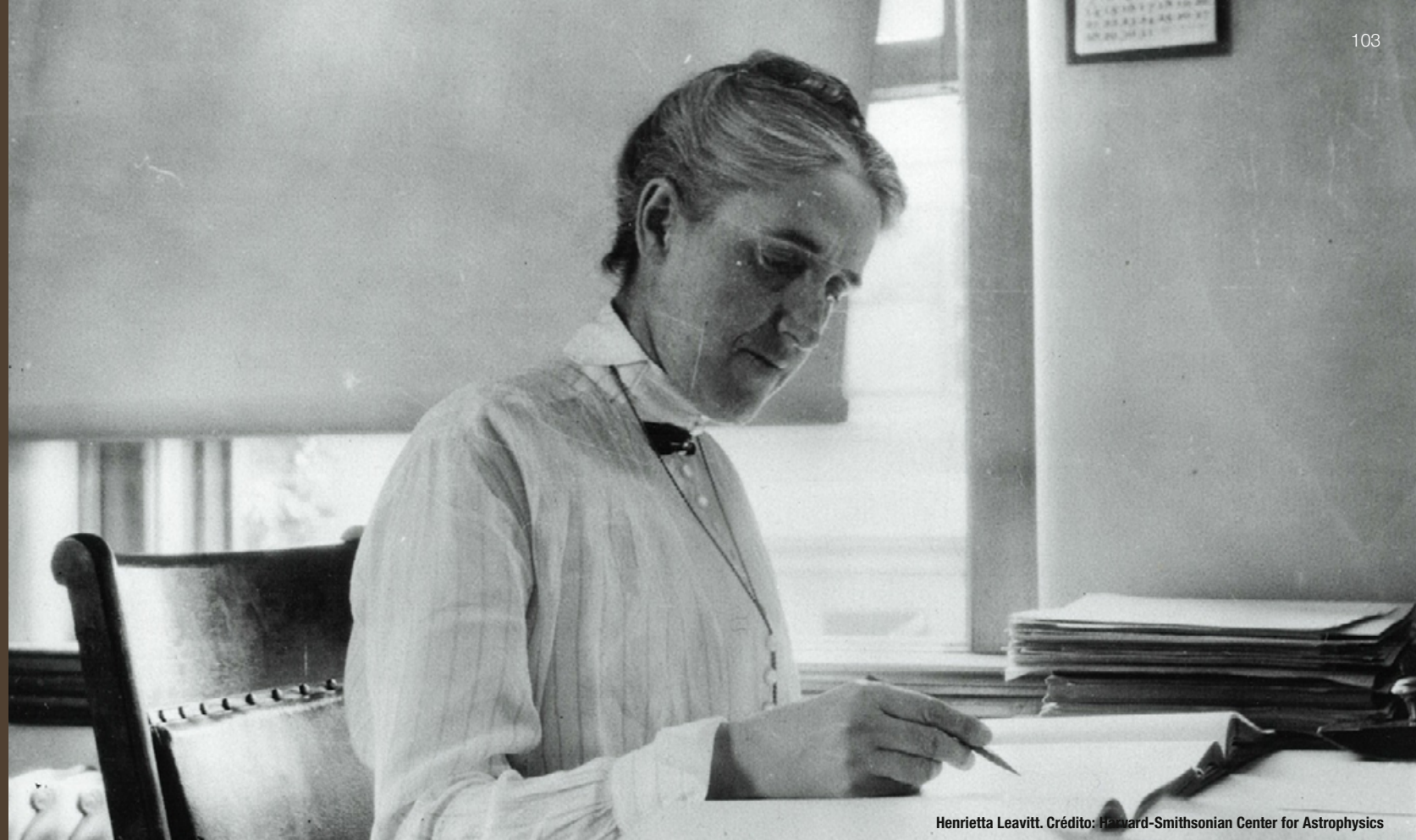
Henrietta Leavitt fue una de esas figuras ocultas de la Ciencia que desarrolló un brillante trabajo en el Observatorio de Harvard. Sus valiosas aportaciones a la Astronomía, como su relación período-luminosidad para calcular grandes distancias en el Universo, no fueron suficientes para recibir en su época el reconocimiento que se merecía. Por ello, el Instituto de Astrofísica de Canarias (IAC), a través de su Unidad de Comunicación y Cultura Científica (UC3), y en colaboración con la Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología (FECYT), del Ministerio de Economía, Industria y Competitividad del Gobierno de España, le rindió homenaje a través del proyecto transversal “El regreso de Henrietta Leavitt. De la escuela a la carrera investigadora pasando por el teatro”. Esta iniciativa incluía actividades de divulgación de carácter gratuito, entre ellas, la puesta en escena de una obra teatral en las que este centro demuestra su compromiso con la divulgación, la igualdad y la discapacidad. El proyecto también contó con la colaboración del Museo de la Ciencia y el Cosmos, de Museos de Tenerife, los ayuntamientos tinerfeños de Ciudad de Tacoronte y San Cristóbal de La Laguna, la Consejería de Educación y Universidades del Gobierno de Canarias, la Universidad de La Laguna (ULL) y el proyecto GENERA. En especial, lo apoyaron la Unidad de Igualdad de Género (UIG) de la ULL, el Cabildo de Tenerife, a través del Marco Estratégico Tenerife Violeta (METV), y la Red Insular de Igualdad de Género Tenerife Violeta (RIIGTV), en la que está integrado el IAC.



Crédito: AAVSO.

En el acto de presentación del proyecto estuvieron presentes el director del IAC, Rafael Rebolo; la consejera de Educación y Universidades del Gobierno de Canarias, Soledad Monzón; la presidenta de Museos de Tenerife, Amaya Conde; la directora de la obra de teatro *El honor perdido de Henrietta Leavitt*, Helena Romero, y la jefa de la Unidad de Comunicación y Cultura Científica (UC3), coordinadora del proyecto y autora del texto de la obra, Carmen del Puerto.

Durante su intervención, Rafael Rebolo destacó que el Instituto de Astrofísica de Canarias tiene un compromiso claro con las políticas de igualdad de género y el papel de las mujeres en la Ciencia, “y este es uno de los proyectos en que efectivamente ese compromiso es firme”. Como lo es el hecho de que “el Instituto sea el único partner español del programa GENERA”. Precisamente, en el marco de este programa organizamos el *Gender in Physics Day España 2017* los días 23 y 24 de octubre”. Señaló igualmente que, con el apoyo de la FECYT, “hemos podido financiar las actividades diseñadas para este proyecto, que trata de ensalzar la figura de una



Henrietta Leavitt. Crédito: Harvard-Smithsonian Center for Astrophysics

persona clave para la Astronomía y que no ha sido suficientemente reconocida. Gracias al esfuerzo y trabajo de Henrietta Leavitt fue posible calcular distancias en el Universo a gran escala y eso ha sido esencial para nuestra visión cosmológica.” Y concluyó, refiriéndose a las instituciones colaboradoras, que han sido “muchas voluntades unidas para conseguir hacer realidad este proyecto esperando que sirva a su fin: promover el interés de las jóvenes y del resto de la sociedad por el desarrollo de una carrera científica; en concreto, en este caso, de la Astronomía, pero que es un ejemplo que sirve para las Ciencias en general”.

A continuación, Amaya Conde hizo hincapié en que el Museo de la Ciencia y el Cosmos, donde se gestó la obra de teatro de este proyecto, ha tratado siempre de dar visibilidad a las mujeres tanto en la Ciencia como en la Historia. “Carmen del Puerto fue nuestra directora

durante unos años y eso nos facilitó muchas ideas y proyectos innovadores. Las mujeres en la ciencia están, existen, pero han sido invisibilizadas y, además, no se promueven estas vocaciones para las niñas. Hemos organizado con el IAC talleres en este sentido porque se nos dice que las niñas son buenas para la lectura, pero no para las matemáticas. Si algo hemos aprendido es que no se trata sólo de tener una buena idea, sino de que entre todos la llevemos a cabo. Nosotros, en este proyecto, hemos ofrecido nuestra casa para conferencias, debates y talleres”. Y añadió: “estamos encantados de que nos llamen a colaborar para cambiar los estereotipos de género”.

Por su parte, Soledad Monzón señaló que la Consejería de Educación considera que este proyecto se enmarca perfectamente dentro de uno de los objetivos para este curso desde la Agencia Canaria de Calidad

Universitaria y Evaluación Educativa que dirige Teresa Acosta, también presente en el acto, y que es el área STEAM (*Science, Technology, Engineering, Arts and Mathematics*). “Un área nueva que promueve las vocaciones científicas y con la que intentamos incidir en especial en las chicas, en las más jóvenes, por esa carencia que existe entre el sexo femenino en las carreras de ciencias. Por eso, colaboramos en esta iniciativa. Queremos dar la oportunidad de que el alumnado asista a esas representaciones teatrales como forma especial y diferente de transmitir un mensaje. Un mensaje que va en la línea de animar a las alumnas a que desarrollen y estudien carreras en el mundo de la Ciencia”. Y añadió: “Un ejemplo como el de Henrietta es la mejor vía para llegar a despertar esas vocaciones en las alumnas.”

EL TEATRO, RECURSO PARA LA DIVULGACIÓN

“El IAC siempre ha apostado –subrayó Carmen del Puerto– por la divulgación científica incluso con proyectos transversales, a veces arriesgados, pues creemos que combinar la Astronomía con otras disciplinas humanas es muy enriquecedor. En este caso, no sólo utilizamos el teatro como un recurso para la divulgación científica, sino también para subrayar el compromiso del IAC con la igualdad de género y, además, con la integración de la discapacidad.

El *honor perdido de Henrietta Leavitt* se representó a lo largo de una semana en octubre de 2017 en el Auditorio Municipal Capitol de Tacoronte y en el Teatro Leal de La Laguna, con tres funciones para escolares y cuatro para público general. Además, un ensayo general con público y dos de las funciones incorporaron a tres intérpretes de lengua de signos que actuaron simultáneamente. De esta forma, pudieron seguir la representación personas con discapacidad auditiva, pues se da la circunstancia de que tanto Henrietta Leavitt como Annie Cannon perdieron el oído cuando eran jóvenes.

SEDUCCIÓN Y CONOCIMIENTO

Helena Romero, con experiencia en obras de teatro de divulgación científica (*Rosalind & Marie, El hilo de Betancourt...*), agradeció a las autoridades su presencia pues demuestran así que están “al lado de la cultura y de la educación, tan importante para cambiar nuestra sociedad hacia una sociedad mejor”. Subrayó que el teatro también quiere esto, “conseguir una sociedad mejor, más culta, más interesante, más humana y más

justa”. El caso de Henrietta Leavitt es un caso de justicia para todas las mujeres que trabajaron en Astronomía en Harvard. “Para mí –comentó– ha sido un placer que me hayan vuelto a hacer un encargo de este tipo. Para los que trabajamos en teatro, meternos en temas científicos y de museos es un listón alto porque para poder trabajar con conceptos tan abstractos, tan antiguos y tan modernos, dependiendo del museo y del tema, tenemos que estudiar y comprender los conceptos que debemos comunicar al público. Verdaderamente ha sido en el teatro y los cinco montajes que llevo realizando sobre temas científicos, donde he ido aprendiendo mucho a comunicar sobre estos temas.” Si bien destacó que es la escuela, los cursos y la universidad los que se encargan de enseñar, “el teatro le da un punto de fantasía y humanidad que ayuda muchísimo a interesarse por esos conceptos, pues parece que al terminar el bachillerato los que son de letras para letras, los de ciencias para ciencias y los que son de negocios para negocios. El teatro nos acerca, entremezclando la realidad y la ficción para entrar en un encantamiento entre el público y el escenario que nos permita seducirlos y que, a partir de la seducción, llegue el conocimiento, que es de lo que se trata en realidad.”



TEATRO LEAL DE LA LAGUNA



AUDITORIO MUNICIPAL CAPITOL DE TACORONTE

El honor perdido de Henrietta Leavitt

Suena música interpretada por Shirley Bassey. La astrónoma Henrietta Leavitt, conocida por su “regla” para medir grandes distancias en el Universo, recibe la visita de un célebre periodista de la CBS, Edward Murrow. El interés de esta cadena de televisión americana por rendirle un homenaje sorprende a Henrietta que, sin embargo, acepta someterse a una entrevista. Su amiga y colega del Observatorio Astronómico de Harvard Annie Cannon la acompaña en la mayor parte de las sesiones. Todo transcurre con naturalidad hasta que el periodista intenta obtener información sobre algunas cuestiones que Henrietta parece querer ocultar, como la relación que mantuvo con el director del Observatorio, Edward Pickering, y el motivo por el que no logró en su momento el reconocimiento que se merecía.

Éste es el argumento de la obra teatral multimedia *El honor perdido de Henrietta Leavitt*, originalmente un proyecto del Museo de la Ciencia y el Cosmos (MCC), de Museos de Tenerife, y del Planetario de Pamplona, en colaboración con el IAC y la FECYT, en el marco del Año Internacional de la Astronomía 2009. La obra se representó en ocho ocasiones: seis en el Museo en 2009 y dos en el Palacio de Congresos y Auditorio de Navarra “Baluarte” en 2010, coincidiendo con la 5ª edición del Congreso de Comunicación Social de la Ciencia “Una nueva cultura”, organizado por el Planetario de Pamplona.

Si bien no era la primera vez que el Museo de la Ciencia y el Cosmos se embarcaba en experiencias teatrales con fines pedagógicos y lúdicos, convencido del gran potencial de las artes escénicas como recurso para la divulgación científica, en aquella ocasión lo hizo controlando todo el proceso de creación con los recursos y las capacidades propias del Museo y con la estrecha colaboración de los actores -Natalia Ruiz, Débora Ávila y Javier Martos- y demás participantes en el proyecto.

En esta ocasión, se ofrecía una nueva adaptación de la obra bajo la dirección de Helena Romero, profesional con gran experiencia en teatro científico, y con la compañía TURBOCULTURA, que contó con los actores Sigrid Ojel, Débora Ávila y Daniel Sanginés. Las funciones acompañadas con intérpretes de lengua de signos corrieron a cargo de Judith González, Verónica Redrado y Lidia Medina.

La puesta en escena de esta obra de teatro incluye un audiovisual para explicar los conceptos científicos, realizado por Iván Jiménez, música interpretada por Shirley Bassey y una escenografía expresionista que en su día diseñó, expresamente para la obra, el artista Diego Giuliano.



SOSTENIENDO LA MITAD DEL CIELO

De ritual mágico a ceremonia de culto a los dioses en sus orígenes, desde simple actividad contemplativa hasta género literario, el teatro también es un eficaz medio transmisor de ideas y de cultura y una forma de dar a conocer los cambios que se producen en la sociedad, combinando educación y entretenimiento.

El honor perdido de Henrietta Leavitt es un relato construido a partir de la poca documentación que existe sobre Miss Leavitt, como la llamaban. Ella y su colega Annie Jump Cannon, otro personaje de la obra, pertenecieron al conocido equipo de mujeres que trabajó en el Observatorio de la Universidad de Harvard -las Computadoras de Harvard- bajo las órdenes de Edward Charles Pickering. Ambas fueron brillantes astrónomas que también tuvieron en común sus limitadas capacidades auditivas. De ahí las funciones con intérpretes de lengua de signos.

A falta de datos sobre muchas circunstancias que rodearon la vida de Henrietta Leavitt, la obra introduce algunas licencias que juegan con la ambientación histórica e incorpora elementos de ficción y anacronismos intencionados. El título, *El honor perdido de Henrietta Leavitt*, es un “préstamo” del Premio Nobel Heinrich Böll, autor de *El honor perdido de Katherina Blum*. Y la concurrencia de tres únicas figuras sobre el escenario, en un espacio-tiempo sin definir, está tomada de otro Premio Nobel, Jean-Paul Sartre, quien tan magistralmente introdujo a tres actores en el infierno con su drama *A puerta cerrada*. También es una “usurpación” el personaje masculino, Edward Roscoe Murrow, “robado” al periodismo de mediados del siglo XX y al cine del siglo XXI, retratado en la película *Buenas noches y buena suerte*. Por último, canciones inolvidables interpretadas por Shirley Bassey refuerzan el hilo conductor de la historia.

Todos estos factores convergen en *El honor perdido de Henrietta Leavitt*, un homenaje al papel de las mujeres en la Astronomía, cuya labor no siempre obtuvo el merecido reconocimiento debido a los prejuicios sociales que en el pasado limitaban la percepción y valoración de lo femenino a la esfera puramente doméstica. Un homenaje extensible a muchas otras mujeres, ya sea en los campos de la ciencia o del arte. A todas ellas, gracias por sostener la mitad del cielo.

CARMEN DEL PUERTO



¿Quién fue Henrietta Leavitt?

La astrofísica del IAC **Antonia María Varela**, gran conocedora de la historia de la Astronomía y del papel de las mujeres en ella, dio una charla sobre la astrónoma Henrietta Leavitt el 20 de octubre de 2017, en el Museo de la Ciencia y el Cosmos. Le siguió un debate sobre las mujeres en Astronomía en el que también participó la astrofísica **Andrea Rodríguez**.



Annie Cannon y Henrietta Leavitt. Crédito: Harvard University Library.

Si nos preguntaran nombres de astrónomos, pensaríamos en hombres ilustres como Copérnico, Galileo, Newton, Kepler, o incluso en otros más recientes como Einstein o Hawking... pero, probablemente, no nos vendrían a la mente nombres como Sofía Brahe, Caroline Herschel, Jocelyn Bell y una larga lista de mujeres que han contribuido directa o indirectamente al desarrollo de esta ciencia. En Matemáticas y en Astronomía, las mujeres han sido, a lo largo de los siglos, "asistentes familiares" de algún varón dedicado a la Ciencia.

Desde la antigüedad hasta las primeras mujeres a las que se les fue permitido acceder a un telescopio en el siglo XX, son muchas las historias olvidadas o anónimas de aquéllas que, con su dedicación y pasión por la Astronomía, han contribuido al avance de esta ciencia. Una de ellas es Henrietta Swan Leavitt. Miss Leavitt, como muchos la conocían, trabajó a principios del siglo pasado en el Harvard College Observatory (el Observatorio de la Universidad de Harvard) junto con otras mujeres "computadoras", conocidas coloquialmente como "el harén astronómico de Pickering" y que se dedicaban, por 25 céntimos la hora, a observar, analizar y catalogar estrellas.

Las Cefeidas son estrellas variables que muestran un ritmo regular de brillo en períodos de tiempo que van



desde unas semanas a unos meses. Leavitt observó que cuanto más brillante era la estrella, más tiempo duraba la pulsación. Esto nos proporcionó una regla para medir grandes distancias en el Universo, uno de los mayores logros en Astronomía y que permitiría años después a Edwin Hubble descubrir que Andrómeda era otra galaxia diferente a la nuestra. Ahora hablamos de billones de galaxias.

Según palabras de George Johnson, autor de la biografía de Henrietta, ésta es la historia no contada de una mujer que descubrió cómo medir el Universo.

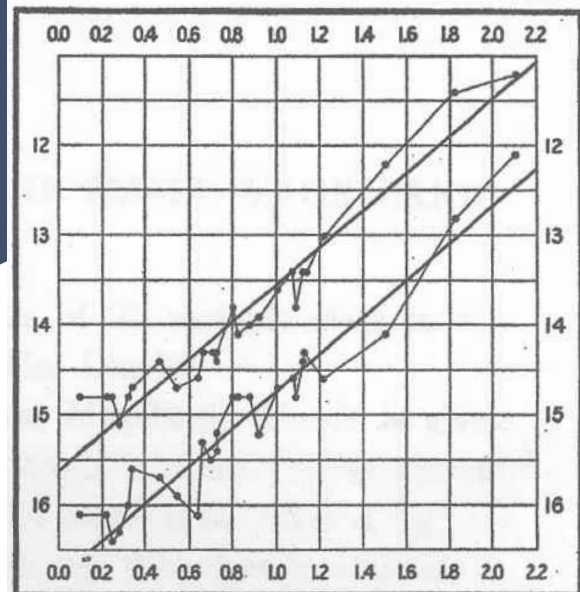
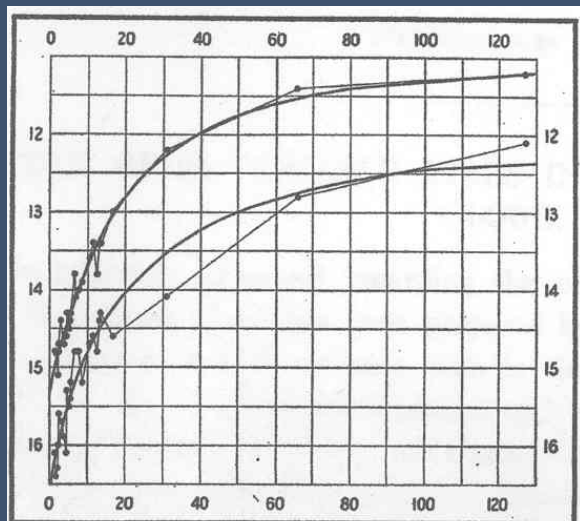
ANTONIA MARÍA VARELA

Antonia María Varela Pérez (Santa Cruz de Tenerife), doctora en Astrofísica e investigadora del IAC, es parte de la plantilla (laboral) de este centro con un puesto de Ingeniera Senior. Desarrolló su tesis doctoral en el campo de Astrofísica Extragaláctica (Bulbos de Galaxias) en el IAC, que completó en parte en el Instituto de Astrofísica de París. Es miembro del Grupo de Calidad de Cielo del IAC para la Caracterización de los Observatorios de Canarias y del Grupo de Estallidos de Formación Estelar. Algunos trabajos destacados han sido la selección de sitio para el Gran Telescopio Canarias (GTC) y la participación en los comités de selección de sitio del European Extremely Large Telescope (E-ELT). Más recientemente ha colaborado en la selección de sitio para el Cherenkov Telescope Array (CTA), el European Solar Telescope (EST) y el Thirty Meter Telescope (TMT). Asesora, auditora y profesora de la Fundación Starlight, también ejerce como profesora de Astronomía desde hace 18 años de la Universidad para Adultos y Mayores de la Universidad de La Laguna. Y es miembro de la International Astronomical Union (IAU), de la Sociedad Española de Astronomía (SEA) y de la Red Española de Estudios de Contaminación Lumínica (REECL), entre otros. *(ver artículo de Antonia María Varela: "Yo, astrofísica", en esta revista, páginas 40-41).*

Andrea Rodríguez Antón (Losar de la Vera, Cáceres) es astrofísica. Estudió Física en la Universidad de Salamanca y en la Universidad de La Laguna, donde cursó el Máster en Astrofísica y donde se ha doctorado recientemente con una tesis doctoral sobre Astronomía Cultural titulada "Urbanismo y cosmovisión en la Roma Antigua. Orientación de ciudades y campamentos romanos". Su trabajo se ha desarrollado, principalmente, sobre yacimientos localizados en la Península Ibérica relacionados con el mundo romano antiguo y que ha requerido adquirir experiencia en Sistemas de Información Geográfica.



Cefeidas en las Nubes de Magallanes



Gráficas originales del artículo de Henrietta Leavitt. En la gráfica superior se representa, en las ordenadas, la magnitud aparente de las 25 cefeidas estudiadas, y en la abcisa, sus periodos. En la gráfica inferior, el periodo es expresado en logaritmo: la curva superior corresponde al máximo de la curva de luz y la otra, al mínimo.

Cuando nació Henrietta Leavitt, en 1868, habían pasado 20 años de la Declaración de Seneca Falls, que marcó el origen del movimiento feminista en su país de origen, Estados Unidos. Esta declaración defendía el derecho de las mujeres a recibir una mejor educación, a gozar de igualdad de oportunidades de empleo y sueldo que los hombres y a votar y ser elegidas en cargos políticos. En estos 20 años no hubo cambios sociales significativos, al menos para Mrs. Leavitt, quien cuando comenzó a trabajar para el Observatorio de Harvard cobraba la mitad de lo que percibían sus compañeros varones.

Nacida en el seno de una familia culta, Henrietta Leavitt pudo estudiar en las Universidades de Oberlin y Radcliffe, la vertiente femenina de la Universidad de Harvard, que entonces solo admitía a hombres. Cuando se graduó en 1895, comenzó a trabajar como voluntaria en el Observatorio de Harvard y no fue hasta 1902 (siete años después) cuando recibió una propuesta de contrato. En aquel momento cobraba 30 centavos la hora.

Destacó dirigiendo el Departamento de fotometría estelar. Pasó mucho tiempo analizando placas fotográficas en las que buscaba estrellas variables en las Nubes de Magallanes. Afortunadamente, sus horas de esfuerzo dieron su fruto. En 1908 publicó el artículo “1777 Variables en las Nubes de Magallanes” y, en 1912, anunciaba que había determinado los períodos de 25 Cefeidas en la Pequeña Nube de Magallanes, aunque en esta ocasión el artículo lo firmaba el director del Observatorio, Edward Charles Pickering.

Gracias al descubrimiento de la relación entre período y luminosidad de estas estrellas, se pueden determinar las distancias relativas y absolutas entre galaxias. A pesar del éxito cosechado, Pickering decidió apartarla de ese estudio y relegarla a tareas más monótonas. Sin embargo, su sistema para la determinación de distancias no pasó inadvertido y estuvo en uso hasta que se consiguió mejorar la técnica de la fotometría.

Su muerte supuso un duro golpe entre sus colegas. Su contribución al avance científico fue reconocida internacionalmente cuando en 1925 la Real Academia de las Ciencias de Suecia quiso nominarla para el premio Nobel de Física. Sin embargo, había fallecido cuatro años antes, en 1921, a causa de un cáncer de estómago.

ALEJANDRA RUEDA



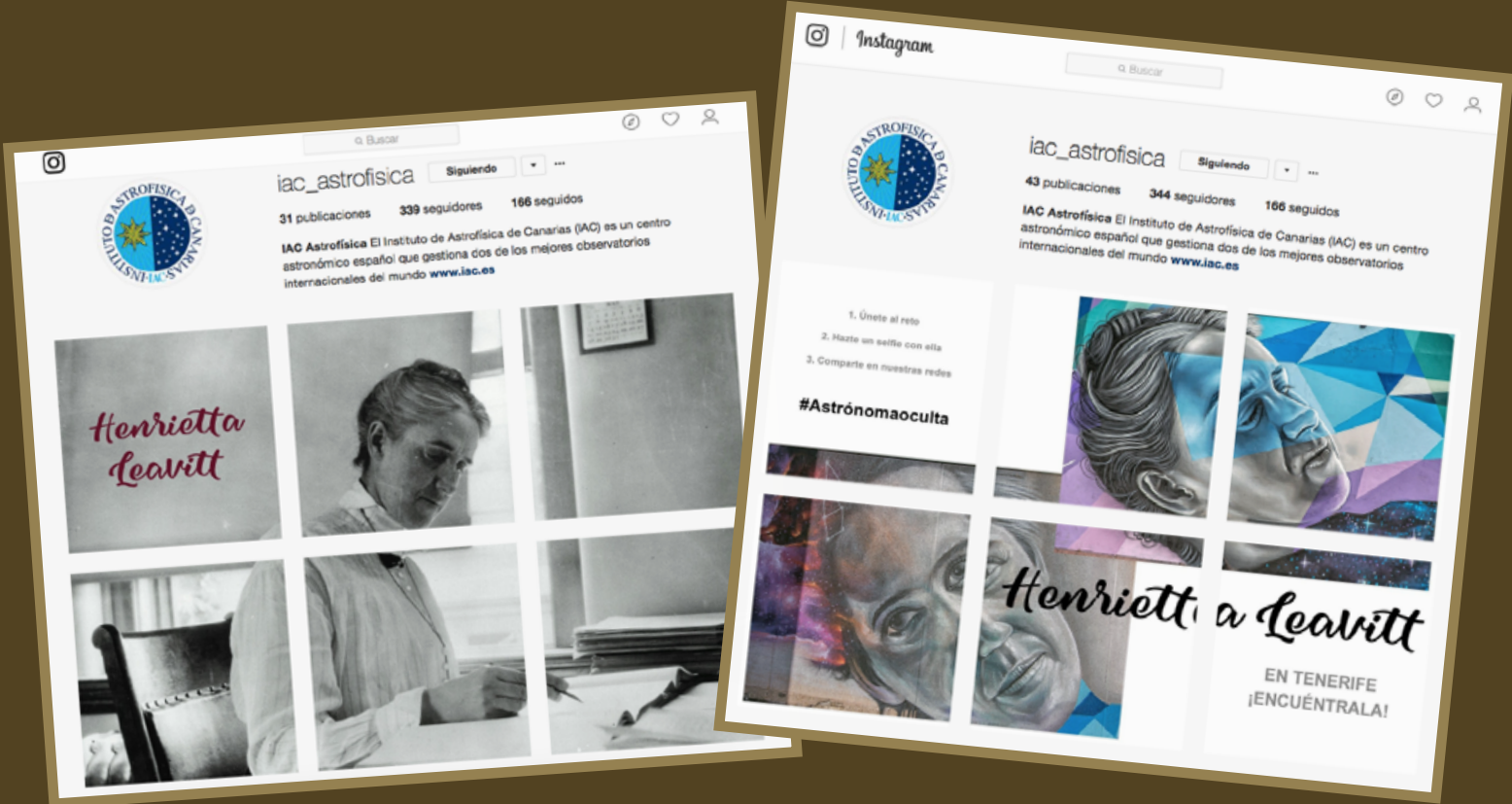
Murales de arte callejero

Henrietta Leavitt, en Tacoronte y La Laguna

Una de las acciones mejor valoradas por la FECYT en el proyecto “El regreso de Henrietta Leavitt: de la escuela a la carrera investigadora pasando por el teatro” fue la propuesta de difusión del mismo a través de murales de arte callejero. Para ello se contó con dos murales sobre Henrietta Leavitt realizados por el artista Matías Mata, de “Sabotaje al Montaje”, y con la colaboración del Vicerrectorado de Infraestructuras y Servicios y el Decanato de la Facultad de Ciencias de Universidad de La Laguna (ULL), así como con la Concejalía de Cultura del Ayuntamiento de Ciudad de Tacoronte. Los murales pueden contemplarse en el aparcamiento de la Facultad de Ciencias y junto al Auditorio Municipal Capitol de Tacoronte.

Además se hizo una campaña en las redes sociales, sobre todo en Instagram y Twitter, invitando a descubrir los murales tras el hashtag #Astrónomaoculta y a hacerse un *selfie* con "Henrietta Leavitt".

El IAC ha publicado textos sobre Henrietta Leavitt, sobre las Computadoras de Harvard y sobre científicas en general en su blog “Vía Láctea, S/N”. También este número especial de la revista del IAC *Paralajes* sobre “Mujeres en Astronomía” forma parte del proyecto.



Mural de arte callejero en Tacoronte



Mural de arte callejero en La Laguna

CON "H" DE HENRIETTA

Charlas de alumnas en centros escolares

En el marco del proyecto “El regreso de Henrietta Leavitt: de la escuela a la carrera investigadora pasando por el teatro”, se ha comenzado una campaña en colaboración con la comunidad educativa de Canarias con el objetivo de que alumnas de centros escolares interaccionen con mujeres que hacen ciencia y tecnología en el IAC, tomándolas como modelo. Como resultado de la convivencia, esas alumnas imparten, posteriormente, charlas con lo aprendido en sus respectivos centros y en presencia de las astrofísicas y tecnólogas del IAC que las hayan asesorado. Se sensibiliza así a la comunidad educativa hacia el tema de género y ciencia.

Esta actividad se realiza en colaboración con el Marco Estratégico Tenerife Violeta (METV), del Cabildo de Tenerife, y su proyecto “Hacia la diversificación profesional”, que se está ejecutando en seis institutos de Educación Secundaria de la Isla.

Al cierre de esta revista, habían participado las siguientes alumnas:

PALOMA CANDELARIA RAMOS

IES La Orotava (Tenerife)
Tutora: la ingeniera **Marta Aguiar**

LAURA MELINA PÉREZ LAZO

IES Los Cardones (4º ESO), San Isidro (Tenerife)
Tutora: la ingeniera **Icíar Montilla**, en colaboración con las también ingenieras **Marta Puga** y **Patricia Fernández**

ESTELA QUINTERO DELGADO

IES Domingo Pérez Minik (4º ESO), La Laguna (Tenerife)
Tutora: la astrónoma **Nayra Rodríguez Eugenio**, en colaboración con la ingeniera **Mary Barreto**

NATALIA BARRETO MURGA

IES San Benito (4º ESO), La Laguna (Tenerife)
Tutoras: las astrofísicas **Nuria Casasayas** y **Paula Izquierdo**



Serie Audiovisual

Serie audiovisual producida por la Unidad de Comunicación y Cultura Científica (UC3) con el objetivo de visibilizar a las astrofísicas e ingenieras del IAC al tiempo que se promueve el interés de las niñas por las carreras científicas y técnicas. Estos vídeos, de 5 minutos de duración, disponibles en los canales de vídeo (YouTube, Vimeo, Dailymotion) y las redes sociales de este instituto, forman parte del proyecto “El regreso de Henrietta Leavitt: de la escuela a la carrera investigadora pasando por el teatro”, del IAC y la FECYT.

Aunque cada vez hay más mujeres que escogen estudiar carreras científicas y técnicas, según los últimos datos recogidos por el informe *She Figures*, de la Comisión Europea, Física –y, por extensión, Astrofísica– es una especialidad en la que la presencia de mujeres es mucho menor que la de los hombres. La proporción de mujeres matriculadas en ella no supera el 30% y, cuando se avanza en la escala investigadora, puede verse que apenas poseen el 13% de las cátedras académicas.

Esta serie de vídeos, con el título *Niñas que rompieron un techo de cristal mirando al cielo*, está inspirada en el proyecto “No-Nancies” de la astrofísica Pilar Montañés. En estos vídeos, de cinco minutos de duración y con el fin de animar a las más jóvenes a decidirse por carreras científicas y técnicas, astrofísicas e ingenieras del IAC explican qué querían ser de niñas, qué estudiaron en la universidad y a qué se dedican actualmente.

El primer capítulo de esta serie se presentó en el *Gender in Physics Day* España 2017. En este encuentro se habló de la presencia femenina en la carrera investigadora en Física y se destacó el papel que juega la escuela a la hora de inclinar la balanza hacia las carreras científico-técnicas de las niñas.

“Niñas que rompieron un techo de cristal mirando al cielo”



Hasta el momento se han producido dos capítulos de esta serie. En el primero intervienen, por orden de aparición, **María Jesús Martínez González**, **Icíar Montilla García**, **Begoña García Lorenzo** y **Pilar Montañés Rodríguez**. En el segundo, **Antonia María Varela Pérez**, **Patricia Chinchilla Gallego**, **Ángeles Pérez de Taoro** y **Nayra Rodríguez Eugenio**.

FICHA TÉCNICA:
Dirección: Carmen del Puerto Varela
Realización: Inés Bonet Márquez
Producción: Laura Calero Hernández y Alejandra Rueda Moral
Coordinación: Elena Mora Cuesta, José Peña Coto y Nayra Rodríguez Eugenio
Infografía 3D: Inés Bonet Márquez, Gabriel Pérez y NASA/ESO
Timelapses: Daniel López
Imágenes solares: SST/IAC/UiO, y NASA/SDO
Música: Black Mirror y Moby

talleres

“midiendo

el universo

con

henrietta leavitt”

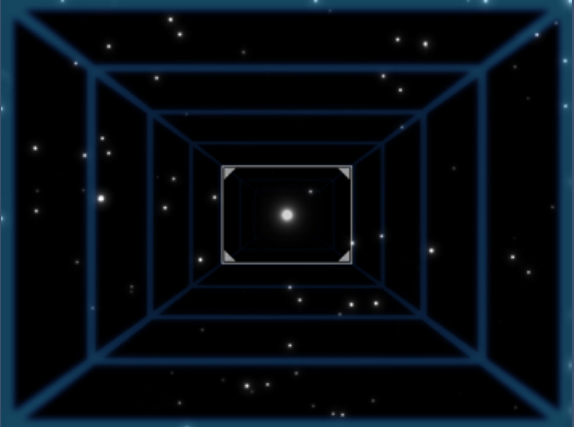
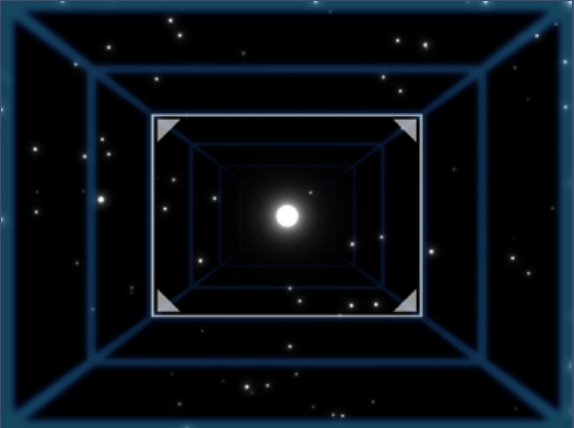
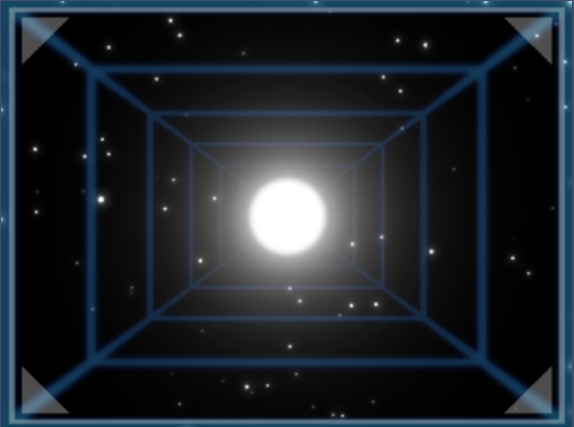
museo de la ciencia y el cosmos

Durante tres fines de semana entre octubre y noviembre de 2017, el Museo de la Ciencia y el Cosmos, de Museos de Tenerife, el IAC y “Planeta Ciencias” organizaron los talleres gratuitos “Midiendo el Universo con Henrietta Leavitt”, dirigido a público infantil y juvenil, con actividades diferenciadas según el rango de edad: entre 8 y 12 años y entre 13 y 18 años. Se inscribieron en la actividad un total de 93 participantes, de los cuales 30 fueron niñas.

Estos talleres formaban parte del proyecto “El regreso de Henrietta Leavitt. De la escuela a la carrera investigadora pasando por el teatro”, con los objetivos de dar una visión cercana de la ciencia, enseñar astronomía de forma sencilla, dar a conocer la labor de las mujeres en la Ciencia y fomentar las vocaciones científicas, especialmente en las niñas.

La actividad para los más pequeños llevaba por título “Midiendo el Universo. ¿Dónde están las estrellas?”. Para ello, un rincón del museo se transformó en un cosmos en miniatura donde poder viajar entre las estrellas para explorarlas y descubrir algunos de sus secretos de la mano de Henrietta Leavitt, la astrónoma americana que estableció una regla para medir grandes distancias en el Universo. Cada grupo tenía una ficha de misión que debían completar con ayuda de una carta estelar, una linterna y un sextante. También pusieron en práctica la técnica de la paralaje para calcular la distancia a las estrellas más cercanas, siendo imprescindible compartir los resultados de cada equipo de investigación. Al fin y al cabo, la ciencia es un trabajo en equipo.

La actividad para adolescentes se tituló “Midiendo el Universo. ¿Dónde están las galaxias?”. A través de una breve narración salpicada de experimentos y averiguaciones, los participantes conocieron la historia de Henrietta Leavitt y cómo se utilizaron sus descubrimientos para calcular por primera vez dónde estaban las galaxias. A lo largo de la actividad, los participantes pudieron calcular la distancia a la que están diferentes objetos en el Universo: el Sol, algunas estrellas y, por último, la galaxia de Andrómeda.



El brillo de una estrella está relacionado con la distancia a la que se encuentra. Si una estrella está al doble de distancia que otra, se verá cuatro veces más tenue; si está al triple, nueve veces; y así sucesivamente, pues una ley de la Física establece que el brillo disminuye con el cuadrado de la distancia. Ilustración artística: Gabriel Pérez (SMM/IAC).



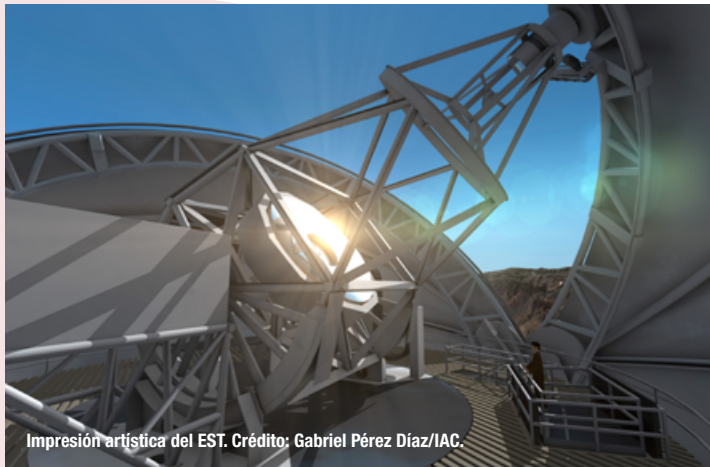
Las Pléyades. Crédito: Daniel López/IAC.

¿Mayor visibilidad?

A la vista de las imágenes de la derecha y siendo optimista, podríamos pensar que sí se está consiguiendo una mayor visibilidad de las mujeres en la Ciencia.

La foto superior de la derecha corresponde a un encuentro de “lujo” que tuvo lugar en Canarias en enero de 1995 organizado por el IAC y la Fundación BBV. “Key problems in Astronomy” reunió en Tenerife a once de los “grandes” de la Astronomía del siglo XX para identificar junto a jóvenes investigadores los problemas clave no resueltos que debían ser abordados por las generaciones futuras. Entre los astrofísicos invitados, sólo había una mujer: Margaret Burbidge. La acompañaban su marido -Geoffrey Burbidge-, Malcolm Longair, Donald Lynden-Bell, Igor Novikov, Martin Rees, Hubert Reeves, Donald Osterbrock, Bernard Pagel, Allan Sandage y Rashid Sunyaev.

Mrs. Burbidge, experta en nucleosíntesis estelar, galaxias y cuásares, fue vetada en el Observatorio de Mount Wilson precisamente por ser mujer. Sin embargo, esta astrónoma fue una de las autoras del trabajo sobre la abundancia de elementos químicos en el Universo



Impresión artística del EST. Crédito: Gabriel Pérez Díaz/IAC.

que mereció el Premio Nobel de Física de 1983, aunque el prestigioso galardón se lo dieran solo al astrónomo William Fowler.

La imagen recuerda las fotos de las primeras “Conferencias Solvay”, en las que la premio nobel Marie Curie destacaba por ser la única representante femenina del grupo.

La imagen inferior de la derecha muestra una realidad muy distinta. Corresponde a la IV reunión SOLARNET, “El Sol desde el interior hasta su atmósfera externa”, organizada por el IAC en el marco del proyecto europeo SOLARNET y celebrada en Lanzarote en enero de 2017. El objetivo de este congreso de la comunidad científica experta en Física Solar fue debatir sobre los retos de este campo y fomentar la colaboración entre programas de investigación. Uno de los asuntos estrella de la jornada fue la instrumentación y los telescopios solares del futuro, entre ellos el Telescopio Solar Europeo (EST). Con sus 4 m de diámetro, será el mayor de su clase en Europa y permitirá observaciones sin precedentes para entender mejor los procesos físicos que gobiernan el plasma en las capas más externas del Sol.

En esta reunión destacó la amplia participación de científicas. Incluso, su comité científico estuvo compuesto por mujeres en su totalidad, las cuales destacamos a continuación:

Elena Khomenko (IAC, presidenta)

María Jesús Martínez González (IAC, copresidenta)

Alina Donea (Monash University, Australia)

Mausumi Dikpati (High Altitude Observatory (HAO), Estados Unidos)

Natasha Shchukina (Main Astronomical Observatory (MAO), Ucrania)

Francesca Zuccarello (Università degli Studi di Catania, Italia)

Aimee Norton (Stanford University, Estados Unidos)

Lindsey Fletcher (University of Glasgow, Reino Unido)

Ineke de Moortel (University of St Andrews, Reino Unido)

Emilia Kilpua (Universidad de Helsinki, Finlandia)



1995



2017



EXCELENCIA
SEVERO
OCHOA



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE ECONOMÍA, INDUSTRIA
Y COMPETITIVIDAD

FECYT



FUNDACIÓN ESPAÑOLA
PARA LA CIENCIA
Y LA TECNOLOGÍA