

PARALAJES

La revista del Instituto de Astrofísica de Canarias (IAC)



PREMIOS NOBEL
en el IAC

HAWKING,
en Tenerife

Leyendas
del ESPACIO

CIENCIA
en la frontera

108 minutos
en el GTC

ESPECIAL: *tsunami* STARMUS 2014



Elisa Marín, estudiante de la Escuela de Arquitectura de la Universidad Europea de Canarias



PARALAJES

Especial 2016

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 : Irene Agulli, Iván Jiménez, Antonio Mampaso, Verónica Martín, Juan José Martín, Daniel Mata, Gara Mora Carrillo, Marcos Pellejero y Nayra Rodríguez.

Traducciones : John Beckman, Alberto Escobar, Begoña López y Terry Mahoney.

Fotografías y composiciones artísticas : María C. Anguila, Inés Bonet, Pablo Bonet, Luis Chinarro, Cristóbal García Fernández, Daniel López, Elisa Marín, Gabriel Pérez Díaz, Carmen del Puerto y Starmus.

Diseño : Inés Bonet y Gabriel Pérez Díaz.

Depósito Legal : TF 917-2015
ISSN : 2444-8990

ÍNDICE

EDITORIAL: El tsunami Starmus	4
STARMUS: ¿Por qué este festival y por qué en Canarias?	6
Premios nobel en el IAC	12
Visitando los Observatorios de Canarias	13
Encuentro con tres premios nobel en el Museo de la Ciencia y el Cosmos	
Del universo primitivo a las moléculas complejas	14
STEPHEN HAWKING: Una “estrella” de la ciencia en Tenerife	20
Jugando al póker con Newton, Einstein y el Comandante Data	22
Agujeros negros: cuando la realidad supera a la ficción	24
ROBERT WILSON: La serendipia y la emoción del descubrimiento	26
JOHN MATHER: La teoría del Universo en expansión	30
HAROLD KROTO: Fullerenos en el Universo	34
El IAC y las moléculas del carbono	37
ALEXEI LEONOV: ¿Por qué los rusos no fueron a la Luna?	38
Nostalgia de la intrepidez	40
CHARLIE DUKE: Recuerdos lunares	44
WALT CUNNINGHAM: A riesgo y ventura	46
MARK BOSLOUGH: Impactos cósmicos	48
JOHN ELLIS: En torno al bosón de Higgs	50
RICHARD DAWKINS: No estamos solos en el Universo	51
KATERINA HARVATI: Tenemos ADN neandertal en nuestros cuerpos	52
BRIAN MAY: El músico de las estrellas que viaja en 3D	54
DAVID EICHER. ¿El Universo se preocupa realmente por sí mismo?	56
Mesa redonda GTC:	
108 minutos de reflexiones bajo el Gran Telescopio CANARIAS	58



El *tsunami* Starmus

Este número especial que acompaña al primer número de *Paralajes* lo dedicamos al gran evento de divulgación científica que supuso la segunda edición del festival Starmus, celebrado en septiembre de 2014. Starmus fue realmente un tsunami en Tenerife y La Palma, las islas que lo acogieron, con grandes olas, con grandes personajes, empezando por tres galardonados con el Premio Nobel: dos de Física (Robert Wilson, por descubrir la radiación del fondo cósmico de microondas, y John Mather, por demostrar que el espectro de esa radiación era la de un cuerpo negro y que, efectivamente, se originó en el Big Bang) y uno de Química (Harold Kroto, por descubrir las complejas moléculas de carbono llamadas “fullerenos”). Este último, por desgracia, fallecido recientemente.

Con estos tres ponentes también se organizó un encuentro con jóvenes investigadores en el Museo de la Ciencia y el Cosmos, de Museos de Tenerife, moderado por quien fue

hace unos años presidente de la Unión Astronómica Internacional, el astrofísico Robert Williams.

Todos estos científicos fueron invitados de honor en el festival Starmus, la original iniciativa multidisciplinar de nuestro investigador Garik Israelian que combina arte, música, astrofísica y ciencias espaciales y que, en esta edición, superó todas las expectativas, ya de por sí altas, creadas tras la primera edición. La razón de este éxito: también nos trajo al físico teórico y cosmólogo Stephen Hawking, quien mostró un gran interés por la investigación que se hace en el IAC y en los Observatorios de Canarias. Recientemente se le ha nombrado “Profesor Honorario del IAC” por sus importantes contribuciones a la cosmología, a la física de los agujeros negros y a la divulgación de la Ciencia.

Pero Starmus también contó con la presencia de tres leyendas del espacio -Alexei Leonov, Charlie Duke y Walt Cunningham- y dos

leyendas de la música -Brian May y Rick Wakeman-, así como un elenco que incluía al físico experto en impactos cósmicos Mark Boslough, al físico de partículas John Ellis, al biólogo Richard Dawkins, a la antropóloga Katerina Harvati, al editor David Eicher y al cineasta Grigori Richters. Nombres todos ellos que dieron notoriedad internacional a las Islas Canarias y prestigio a un festival que, como original idea, se consolida.

La tercera edición de Starmus, mucho más ambiciosa todavía y dedicada especialmente a Stephen Hawking, tendrá lugar en Canarias del 27 de junio al 2 de julio de 2016. De nuevo, contará con nuestra colaboración pues, en esencia, son el cielo y los Observatorios de Canarias la razón última de este festival.

CARMEN DEL PUERTO / Jefa de la Unidad de Comunicación y Cultura Científica (UC3) del IAC

STARMUS

¿Por qué este festival y por qué en Canarias?

“Starmus ha creado un agujero negro en Tenerife. Necesitaremos años para analizar los datos de su disco de acreción”. Con esta ingeniosa frase, Garik Israelian, investigador del Instituto de Astrofísica de Canarias (IAC) y fundador del festival Starmus, abrió este peculiar encuentro celebrado del 22 al 27 de septiembre de 2014 con el lema “Descubre el Cosmos y cambia el mundo”. El IAC y los Observatorios de Canarias volvieron a colaborar con este espectáculo multidisciplinar, combinación de arte, música, astrofísica y ciencias espaciales, que despertó una expectación sin precedentes, especialmente en las Islas de Tenerife y La Palma, anfitrionas del mismo.





“Precisamente en estas islas –subrayó en la inauguración Rafael Rebolo, director del IAC- hay en la actualidad más de 500 personas al servicio de la investigación de Astrofísica, de las cuales la mayor parte trabaja para el Instituto de Astrofísica de Canarias, aunque también hay científicos y técnicos de otras organizaciones nacionales e internacionales”. Rebolo añadió que esta reunión entre científicos, astronautas y músicos era excepcional, “todo un privilegio”, como también lo era la colección de telescopios de los Observatorios de Canarias que los asistentes al festival tendrían la posibilidad de conocer. “Con estos telescopios –dijo- se explora el Universo, desde las microondas hasta los rayos gamma, pasando por los rangos óptico e infrarrojo y, muy especialmente, por nuestro Gran Telescopio CANARIAS (GTC), de 10 m.”

Starmus también supuso una oportunidad para cambiar impresiones con el personal del IAC. Científicos, ingenieros y estudiantes de doctorado explicaron sus últimas investigaciones, ya fueran sobre el origen del Universo, sobre agujeros negros o sobre la búsqueda de moléculas complejas en el espacio interestelar. De todos estos temas, muy importantes en la investigación de este instituto, se centraron algunas de las ponencias impartidas en Starmus por una selección de los más grandes científicos del campo.

EL ORIGEN DEL FESTIVAL

Starmus, que significa “música de las estrellas”, es uno de esos encuentros que, por su temática y por la cantidad de grandes figuras que lo forman, pasa



a la historia. Una iniciativa que surge del astrofísico del IAC Garik Israelian y que, en las dos ediciones de este festival -2011 y 2014-, ha contado con la participación de premios nobel, grandes investigadores internacionales y famosos astronautas y cosmonautas. Personalidades que viajaron hasta Canarias para compartir sus experiencias con un público motivado por conocer más de la realidad científica ligada a la Astronomía y a la Astrofísica.

Israelian explica cómo surgió la idea de crear este festival: "Hace muchos años me invitaron a dar una charla en un evento TED [un conocido y exclusivo congreso internacional de Tecnología, Entretenimiento y Diseño que se celebra anualmente en Estados Unidos] y me sorprendió la atmósfera que se creaba alrededor. Entonces pensé que tenía que hacer algo similar relacionado con Astronomía y Espacio porque no había nada en el mundo sobre estas temáticas para los más de dos millones de aficionados a ellas". Canarias –subrayó–

“era el lugar idóneo para crear un encuentro de estas características porque en las Islas tenemos observatorios visitables, siendo una de las claves de Starmus que los astrónomos aficionados vean cómo trabajan los profesionales. También, porque el Teide es el lugar ideal para una fiesta de las estrellas -*star party*-, donde los participantes se reúnen en torno a sus telescopios y cámaras fotográficas. Además, pensaba que un evento de Astronomía tenía que celebrarse en un sitio de relax, no en una ciudad muy grande”.

En la primera edición de Starmus pasaron por Canarias los astronautas Neil Armstrong y Buzz Aldrin, de *Apolo 11*, pero también otras leyendas del espacio, como Bill Anders, Yuri Baturin, Charlie Duke, Víctor Gorbatko, Alexei Leonov, Jim Lovell, Claude Nicollier y Sergei Zhukov.

Asimismo hubo presentaciones de algunos de los más importantes científicos y pensadores del mundo, como Rich Goldman, Brian May, Jack Szostak, Richard Dawkins,

Jill Tarter, Joseph Silk, George Smoot, Michael Mayor, Robert Williams, Adam Burrows, Garik Israelian, Kip Thorne, Sami Solanki y Leslie Sage.

El grupo de música electrónica *Tangerine Dream* y el astrofísico y excomponente del grupo *Queen*, Brian May, socio fundador de Starmus, protagonizaron el concierto *Sonic Universe* del festival Starmus.

BEGINNINGS

Beginnings. The Making Of The Modern Cosmos fue el título de la segunda edición del festival Starmus, que contó con ponentes de gran relevancia internacional, como el físico teórico Stephen Hawking y tres premios nobel, dos de Física –Robert Wilson y John Mather- y uno de Química –Harold Kroto-, relacionados con las investigaciones astrofísicas que se hacen en el IAC; especialmente con los estudios de la radiación del fondo cósmico de microondas, cuyo descubrimiento por parte de Wilson y Arno Penzias se produjo hace medio siglo.

Asimismo, Starmus también contó con el cosmonauta Alexei Leonov y los astronautas Walt Cunningham y Charlie Duke, de las misiones *Apolo 7* y *16*,

respectivamente; el biólogo evolucionista Richard Dawkins; el físico de partículas John Ellis; el físico y experto en impactos cósmicos Mark Boslough; la antropóloga especializada en neandertales Katerina Harvati; el editor de *Astronomy Magazine* David Eicher; y el astrofísico y músico Brian May.

Como en la primera edición, otra de las actividades emblemáticas del festival fue la Mesa redonda de 108' -la duración del primer paseo espacial de Yuri Gagarin en 1961-, en el Observatorio del Roque de los Muchachos, en la isla de La Palma, dentro de la cúpula del mayor telescopio óptico e infrarrojo del mundo: el Gran Telescopio CANARIAS (GTC). En ella intervinieron Robert Wilson, John Matter, Harold Kroto, Walt Cunningham, Garik Israelian y Rafael Rebolo, y, por videoconferencia, Katerina Harvati y Stephen Hawking. Robert Williams, astrónomo del Instituto Científico del Telescopio Espacial Hubble y expresidente de la Unión Astronómica Internacional (IAU), moderó la mesa redonda, así como distintas sesiones del festival y el encuentro con los premios nobel en el Museo de la Ciencia y el Cosmos.



Las ponencias de corte científico fueron además apoyadas por otro de los ejes sobre los que gira el festival: la música, contando con grandes embajadores de la industria musical, como el propio Brian May y Rick Wakeman, que el viernes 26 por la noche dieron el concierto *Sonic Universe* del festival en el centro Magma Arte y Congresos. Wakeman y May también actuaron en directo en el Auditorio el sábado 27, donde intervinieron igualmente el compositor e intérprete Alexandros Hahalis y la soprano Katerina Mína, junto con el percusionista Carlos Castañeda.

Además de las visitas a los dos Observatorios de Canarias, el Observatorio del Teide, en Tenerife, y el Observatorio del Roque de los Muchachos, en La Palma, otra actividad destacada en el programa de Starmus 2014 fue la Fiesta de las Estrellas (*Star Party*) en el Observatorio del Teide, que se celebró el miércoles 24 de septiembre. En ella se pudo disfrutar de una noche única centrada en la observación de los cielos de las Islas Canarias desde el Observatorio del Teide, en Tenerife, al ritmo de la banda de rock progresivo *NoSound*.

Durante tres días, del 28 al 30 de septiembre, en el Observatorio del Teide, también se tuvo la oportunidad única de recibir clases prácticas y orientación sobre

TENERIFE & LA PALMA

CANARY ISLANDS





Astrofotografía con expertos de renombre, como Rogelio Bernal Andreo, Damian Peach y David Eicher.

Y como novedad, Starmus 2014 incorporó en su programa el estreno de la película: *51 Grados*, de Grigoriy Richters, con banda sonora de Brian May.

TURISMO DE ESTRELLAS

Garik Israelian apuesta por hacer divulgación científica ligada al turismo. En esta ocasión, el festival Starmus atrajo a participantes de países como Nueva Zelanda, Canadá, China o Japón. “Es un turismo de calidad – afirma-. Muchos de los que compraron su entrada son médicos, abogados... no son astrónomos. Ahora vemos que el formato de Starmus es el correcto: con una estructura tipo congreso, con excursiones, *star party*, mesas redondas, el estreno de una película, la presencia de los mejores rockeros del mundo... en un hotel como el Abama Resort en el sur de la Isla. Todo eso lo hace muy atractivo porque nadie en el mundo organiza algo así”.

Patrocinios y apoyos: Gobierno de Canarias a través de la Agencia Canaria de Investigación, Innovación y Sociedad de la Información (ACIISI) y Promotur Turismo

de Canarias, Cabildo de Tenerife, Cabildo de La Palma, Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología (FECYT), Unión Astronómica Internacional (IAU), Obra Social “la Caixa”, Fundación CajaCanarias, Binter, Atos e Instituto Tecnológico y de Energías Renovables, entre otros.



“OBSERVATORIOS”

El aficionado australiano Alex Cherney se volvió a hacer con el aplauso unánime del jurado del festival Starmus por segunda vez consecutiva. En la anterior edición obtuvo el premio por su colección de secuencias en time-lapse de la Vía Láctea. En esta edición fue gracias a su evocadora colección de secuencias “Observatorios”, en la que recoge impresionantes imágenes en time-lapse de las estrellas, los planetas y la Vía Láctea desde distintos observatorios del mundo, entre ellos el Observatorio del Roque de los Muchachos (La Palma) y, en concreto, con imágenes del Gran Telescopio CANARIAS (GTC) y los dos telescopios MAGIC, que además se proyectan acompañadas por un tema musical compuesto expresamente para esta animación por Dermot Tutty.

Stephen Hawking



Premios nobel

En el IAC

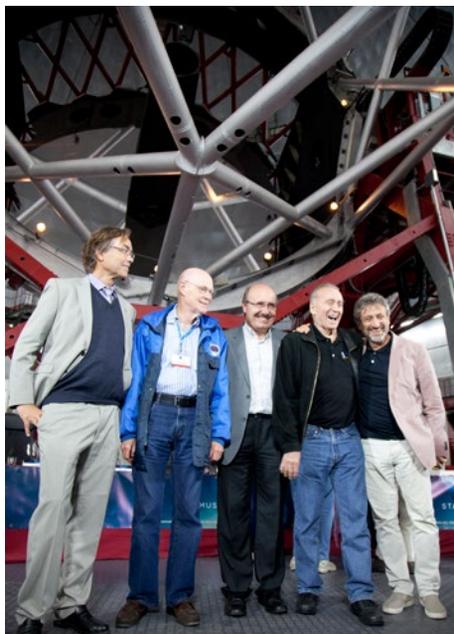
Los premios nobel de Física, Robert Wilson y John Mather, y de Química, Harold Kroto, junto con Robert Williams, astrofísico y expresidente de la IAU, visitaron las instalaciones de la sede central del IAC, en La Laguna. Acompañados por el director de este centro, Rafael Rebolo, pudieron conocer las líneas de investigación del IAC y sus proyectos tecnológicos, entre ellos EMIR, uno de los instrumentos diseñados para el Gran Telescopio CANARIAS, y parte de la instrumentación del *Experimento QUIJOTE*.

Los tres también visitaron el Observatorio del Roque de los Muchachos, en Garafía (La Palma), con motivo de su participación en la mesa redonda "108 minutos" en el GTC. Posteriormente, Wilson y Mather visitaron el Observatorio del Teide, en Izaña (Tenerife), donde pudieron conocer *in situ*, entre otras, las instalaciones del *Experimento QUIJOTE*.



Visitando los Observatorios de Canarias

El programa del festival Starmus incluía en su oferta para los asistentes la visita a los Observatorios de Canarias, donde pudieron acceder a sus distintas instalaciones, tanto del Observatorio del Teide como del Observatorio del Roque de los Muchachos. En el primero tuvo lugar la Fiesta de las Estrellas (*Star Party*), con observaciones del cielo nocturno y actuaciones musicales en directo.



Encuentro con tres premios nobel en el Museo de la Ciencia y el Cosmos

Del universo primitivo a las moléculas más complejas

No es frecuente reunir a tres premios nobel en un museo de la Ciencia para que respondan a las preguntas de estudiantes universitarios y de público general sobre los temas científicos de actualidad. Pero eso es lo que hicieron precisamente Robert Wilson, Harold Kroto y John Mather, moderados por el astrofísico Robert Williams, en un acto organizado por el IAC y el Cabildo de Tenerife, el 26 de septiembre de 2014, en el Museo de la Ciencia y el Cosmos, de Museos de Tenerife. Invitados al festival Starmus, con el patrocinio del Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología (FECYT), dieron satisfacción a la curiosidad de los asistentes que acudieron al Museo atraídos por su prestigio.

Tras un breve recorrido previo por la exposición permanente del Museo y la presentación a cargo del presidente del Cabildo Insular de Tenerife, Carlos Alonso, y del director del IAC, Rafael Rebolo, jóvenes doctorandos y estudiantes universitarios, principalmente, interaccionaron con estos ilustres científicos formulándoles preguntas sobre sus trayectorias personales y profesionales, en campos de investigación que abarcan desde el universo primitivo hasta las moléculas más complejas.

Todos ellos se presentaron personalmente con una breve intervención. Comenzó John Mather, premio nobel de Física de 2006 por los resultados del satélite COBE sobre la radiación del fondo cósmico de microondas (CMB) y actualmente responsable de la NASA, en Maryland (Estados Unidos), del *Telescopio Espacial James Webb*. En este telescopio “del que faltan –dijo– cuatro años para su lanzamiento y que nos permitirá seguir ampliando nuestro conocimiento del Universo”- participan tres agencias espaciales: la europea (ESA), la canadiense (SCA) y la estadounidense (NASA). El tiempo del telescopio se repartirá proporcionalmente entre las tres: el 15 % para la ESA y el 5 % para los canadienses (la NASA se quedaría con el 80%). “Algo similar se hizo

con el *Hubble* en Europa, pero los europeos –bromeó Mather- siempre quieren más tiempo del que se les da”. Y añadió: “Si haces buenas propuestas, tendrás buenos amigos.”

Harold Kroto, premio nobel de Física de 1996 por su descubrimiento de los fullerenos y, por desgracia, recientemente fallecido, contó que se repartía entre el Reino Unido y los Estados Unidos, y se confesó muy sorprendido de que el *Telescopio Espacial Spitzer* hubiera podido detectar en el medio interestelar las moléculas que él predijo con forma de balón de fútbol.

A continuación intervino Robert Wilson, quien con humor comentó: “Supongo que se me conoce por haber descubierto el CMB, la radiación del fondo cósmico de microondas, en 1964, desde los laboratorios Bell”. Lo hizo con su propio telescopio, por lo que no tuvo el problema de conseguir tiempo de observación, como se plantea con el *Telescopio Espacial James Webb*. Y añadió: “Nuestro primer récord fue hace más de 50 años, cuando lo registramos. En aquella época teníamos muy poca información sobre el tema, mientras que, hoy en día, hay muchas personas midiendo el CMB, su radiación, y descubriendo que procede de todo el Universo”. Wilson aludió precisamente a los distintos grupos que trabajan en la huella de la polarización en el CMB que tendría la Inflación tras el Big Bang, según la última predicción de la Cosmología. “Habrá que ver –subrayó- si estos grupos, que trabajan con maneras tan diferentes, se ponen de acuerdo”. Wilson también se refirió a otro de sus descubrimientos, junto con quien compartió el Premio Nobel -Arno Penzias-, en longitudes de ondas milimétricas. A saber, que las moléculas interestelares eran muy simples, siendo el monóxido de carbono una de ellas. “Eso abrió una vía –señaló- para la búsqueda de las moléculas en el Universo y la formación de sistemas planetarios.”

Robert Williams, que actuó como moderador, se presentó diciendo que a él le asociaban con el *Telescopio Espacial Hubble*, pues fue director del instituto de este telescopio (*Space Telescope Science Institute*, STScI) en la época en que se estudió el Campo Profundo del Hubble. También presidió la Unión Astronómica Internacional durante varios años

y actualmente sigue investigando. Antes de dar paso al turno de preguntas, Williams insistió en hacer una aclaración previa sobre lo que tenían en común los tres invitados de honor. “Probablemente muchas cosas –advertió–, pero creo que hay una muy importante y es que deben el éxito en su investigación a la estupenda educación recibida. Si hay algo que tenemos que aprender de ellos es precisamente eso, lo importante que es tener una buena formación.”

EL MODELO COSMOLÓGICO

Al juntarse dos premios nobel relacionados con la radiación del fondo cósmico de microondas, era obligado preguntarles por el modelo cosmológico y por los resultados anunciados en marzo de 2014 por el equipo del BICEP2: el posible descubrimiento de ondas gravitacionales –los llamados “modos-b de polarización”- que habrían alterado el fondo cósmico de microondas. Su detección confirmaría la teoría de la Inflación cósmica que tuvo lugar instantes después del Big Bang. ¿Hasta qué punto estos resultados no consideraron la presencia de polvo interestelar que podría interferir con la señal de polarización del CMB, como parecen apuntar los resultados del satélite *Planck*? ¿Y qué luz arrojará al respecto el Experimento QUIJOTE, del Observatorio del Teide?

Sobre el modelo cosmológico, John Mather señaló: “Ahora tenemos una especie de modelo estándar y está bastante bien. Si la pregunta es qué versión de la Inflación podríamos tener, no puedo decirlo, pero parece que hubo una inflación en el origen. Y querría añadir que este modelo incluye dos aspectos muy raros: uno es la materia oscura y el otro la energía oscura. Los astrónomos son los únicos que creen que tienen que existir.”

Sobre la posible contaminación de polvo interestelar, Mather reconoció que era muy difícil saberlo, ya que el polvo tiene estructuras de distintos tamaños -pequeñas, medias y grandes- y todas emiten en diferentes longitudes de onda. “Además, esa emisión está orientada por campos magnéticos y, por lo tanto, puede emitir de manera polarizada. No hay nada sencillo en todo este tema. Se necesitarán diversos experimentos para explicarlo.” Por su parte, Wilson señaló que, si bien la radiación sincrotrón del Universo es un problema, se tienen instrumentos que pueden medirla con gran precisión. “Hay tres componentes de la radiación que proceden de nuestra galaxia y, por tanto, hay que separarlos. Pero el polvo, hasta 50 GHz –dijo- es un aspecto relativamente poco importante.”

INVESTIGACIÓN SIN ALTA TECNOLOGÍA

¿Cómo era antes la investigación, cuando ellos empezaron, sin superordenadores, sin grandes telescopios, sin satélites y sin toda esa alta tecnología de la que disponemos actualmente? “Desde luego –aclaró Wilson- no empezamos con ordenadores. Creo que en Bell en aquella época descubrimos el CO y era imposible tener ordenadores pequeños que pudiéramos utilizar con los telescopios. Cuando descubrimos el fondo cósmico de microondas, teníamos un receptor que enviaba la señal a un detector y el resultado quedaba registrado en una grabadora. Digamos que se recogía en una estación eléctrica y luego se transcribía en un papel dependiendo de la intensidad de la señal. Lo que hice en mi tesis en CALTECH fue medir la Vía Láctea; el resultado se plasmaba en papel como si fuera un sismógrafo, hacia arriba y hacia abajo. Yo iba señalando con mi dedo, desde el oeste de la Vía Láctea y, a medida que pasaba el tiempo, según llegaba a la propia galaxia, la intensidad de la señal iba subiendo y luego volvía a bajar, convirtiéndose en un registro con los extremos cortos y un centro elevado. Al final, cogía un metro, medía las variaciones arriba y abajo en varios puntos de la gráfica que había elaborado para ver cuál era el brillo de la Vía Láctea. Todo era manual, luego elaboraba mapas del brillo de la Galaxia siguiendo este procedimiento. Era una forma absolutamente primitiva comparada con la actualidad. Por otro lado, había



muy poco procesamiento de datos entre la antena y lo que estábamos viendo. Ahora, cuando diseñas un experimento con un ordenador, ya sabes directamente lo que quieres, es difícil encontrar algo que no tuvieras ya en mente, justamente al contrario que en aquella época”.

A juicio de Kroto, coincidió en que había ventajas en los dos sentidos y en que podía ser igual de interesante sin los superordenadores actuales. “Por ejemplo –recordó-, cuando detectamos en 1986-1987 las moléculas de las cadenas de carbono, los ordenadores no eran lo bastante potentes como para guiar el telescopio, que ahora está en Canadá, y procesar los datos a la vez, con lo cual solamente podíamos hacer interacciones de diez minutos y esperar al final de la observación para poder visualizarla. Pero sabíamos que la señal debía estar en el canal central porque había un montón de ruido. Era muy interesante porque, mirando el canal central, veíamos si el promedio era alto o bajo. Si lo veíamos alto, decíamos ‘¡qué bien!’. Pero si era bajo, nos sentíamos decepcionados. Nos llevaba seis o siete horas de observación. Yo tenía las estadísticas en un papel y cuatro de cada cinco veces el promedio era alto, lo que quiere decir que la parte interesante se habría quedado atrás si hubiésemos podido verlo todo lentamente. Alguno de los astrónomos canadienses que trabajaba conmigo estaba tan entusiasmado que nos decía: ‘Voy a apagar el telescopio y a procesar los datos yo mismo’ y, después de diez minutos, ahí estaba la línea, la habíamos sacado. Fue uno de los días más emocionantes de nuestro trabajo. Y no teníamos los superordenadores que hay actualmente. Así que no todo es malo en la carencia de tecnología punta.”

Wilson apuntó que tuvo una experiencia muy similar en el hallazgo del monóxido de carbono en la Galaxia. “Primero –explicó-, el espectro se hacía en un sistema análogo y los datos se registraban en una cinta magnética que solo podíamos leer en la ciudad, una vez nos fuéramos del Observatorio. Sin embargo, había un modo en el que cada uno de los canales mostraba algo durante dos segundos y la forma de desplegar los datos era mediante una especie de nube de cuarenta puntos que se movían alrededor. Cuando conseguimos que todo funcionara, le pedí al operador del telescopio que lo orientara hacia una nebulosa en concreto y, de repente, mientras observaba esa nube (de puntos), apareció algo en el medio. Le pregunté si lo había visto y me dijo que sí; le pedí que lo quitara. Después de meses de trabajo, la detección se hizo en un par de segundos y eso fue algo muy interesante.”

ESTUDIAR O NO ASTROFÍSICA

Dada la situación que hay en España y en el mundo con respecto a la Ciencia, ¿recomendaría a los jóvenes estudiar Astrofísica? “Para mí –señala Mather-, esta es una de las mejores épocas para ser astrónomo, en parte porque tenemos instrumentos nuevos; nuevos telescopios terrestres como el GTC, que es un instrumento magnífico; tenemos varios equipos construyendo telescopios aún más grandes; el *Telescopio Espacial Hubble*, que sigue trabajando desde el espacio; el proyecto de lanzar el *Telescopio Espacial James Webb*; disponemos de toda una serie de instrumentos nuevos que van a producir grandes descubrimientos en el futuro. También poseemos ordenadores fantásticos, superordenadores, capaces de simular procesos impensables hasta ahora y contrastar las observaciones con ellos. En fin, creo que es un momento emocionante para vivir la Ciencia. Hay grandes descubrimientos por hacer, lo más difícil será que hay muchas otras personas que también quieren descubrir esas cosas. Es un campo muy competitivo.”

Por su parte, Kroto pensaba que la Astronomía es una formación muy buena. “Incluso si luego no te dedicas a ella –advirtió-, puedes continuar formándote y trabajar en la industria de las telecomunicaciones, en software y en las múltiples opciones de las nuevas tecnologías. Para mí, como formación es una buena oportunidad y sí que les animaría a hacerlo. Como decía mi compañero, existen muchas áreas emocionantes; la energía oscura, la materia oscura, temas aún por desarrollar. Para mí, eso es lo bueno. Si quieres ser astrónomo profesional e investigar, dedícate a ello, es cierto que hay mucha competencia, pero seguimos teniendo mejores posibilidades e instrumentos que en otras áreas. No creo que sea más difícil trabajar en Astrofísica que en otras ramas de la Ciencia, simplemente es difícil, quizá incluso más fácil. Desde mi punto de vista es muy divertido. Y para mí es un trabajo muy duro.”

Realmente el hecho de que en los próximos años vayan apareciendo muchos telescopios terrestres, ¿supondrá trabajo para los jóvenes astrofísicos? “En efecto, confirma Mather, muchos telescopios terrestres irán apareciendo en los próximos años, se irán inaugurando y se crearán numerosos puestos trabajos para los jóvenes astrónomos. Siempre es una época difícil para los jóvenes investigadores. Yo lo fui hace 45 años y toda mi vida he visto lo difícil que es conseguir apoyo para seguir con una investigación. Es un campo con una

gran competitividad; los investigadores mayores no se marchan y, cuando lo hacen, no se crean nuevos puestos de trabajo. Pero, aunque no sean demasiadas, poco a poco van apareciendo nuevas oportunidades en todo el mundo porque cada vez hay más países que apoyan la ciencia con fondos económicos. En Europa hay más financiación de la que había antes, también el Lejano Oriente está empezando a invertir en ciencia, quizá ahí se creen puestos de trabajo.”

DIVULGACIÓN DE LA CIENCIA

Muchos programas, como *Cosmos*, han ayudado a la divulgación de la Ciencia y contribuido a despertar el interés por ella. Como grandes científicos, a los premios nobel se les preguntó qué proyecto propondrían para conseguir que la gente se interesara más por la Ciencia. Wilson contó que su padre era ingeniero químico y que le interesaban los temas científicos. “En nuestra familia –dijo- siempre hablábamos de cómo funcionaban las cosas, así que yo crecí con un interés y unas ganas enormes de conocer todo lo que me rodeaba. Lo que me llamó la atención fue cuando vi que podía llevar a la práctica las cosas y creo que los estudiantes, cuando hacen sus trabajos, si ponen las manos en la masa, si trabajan en algo que pueden hacer funcionar, serán atraídos con mucha fuerza. Esa es una motivación muy importante.”

John Mather también fue de la misma opinión. “Mi sentimiento –explicó- es parecido. No conozco a nadie

que haya percibido que la ciencia es interesante por haber leído un libro científico. Más bien te das cuenta de que es interesante porque la haces. En Estados Unidos tenemos ciertos niveles de educación y exámenes en los que se demuestra si sabes o no sabes, lo que suele ser –dijo con humor- bastante desastroso. Si quisiéramos saber si les gusta el fútbol o el baloncesto, no habría que preguntarles, sino ver si les gusta jugar y si saben jugar o no. Lo mismo debería aplicarse a la participación en los descubrimientos científicos. Los niños nacen como científicos, cuando pueden empezar a practicar construyendo cosas es ahí donde podemos crearles el interés por la Ciencia.”

Sobre compatibilizar la investigación con dar clases o dedicarse a la divulgación, lo que muchas veces no está bien visto, Wilson reconoció que no se ha enfrentado mucho a ese problema, pero que es algo que tienen que resolver las universidades. “Estoy pensando en un investigador de Harvard, que está a punto de licenciarse y ha trabajado muchísimo. Yo espero que esa universidad vea lo que está haciendo, valore su trabajo y le consiga un puesto, pero no sé cómo se puede hacer todo eso, sinceramente.” Mather, aunque tampoco era su caso, cree que cada situación tiene su propio equilibrio: “Como científico de la NASA no tengo que darle clase a nadie; mi trabajo más bien es conseguir inspirar a la gente para que se dediquen a la Ciencia y por eso le dedico tiempo a la divulgación científica.” En opinión de Robert Williams, hay muchas formas de ver la vida y de responder a esta pregunta.



“He trabajado con muchos estudiantes y yo asumo riesgos. Creo que tiene mucha importancia que la gente arriesgue, sin hacer locuras, trabajando de manera controlada, pero asumiendo decisiones en la vida y pensar ¿qué tipo de personas somos?, ¿es cómodo para mí asumir riesgos o no? Es importante que uno siga sus pasiones. Hay muchas personas que no cruzan esa barrera. Piensan en cómo conseguir dinero en una sociedad materialista y lo entiendo, pero no es mi forma de ver la vida y, por lo tanto, no es lo que le recomiendo a la gente. Mi respuesta es: no me preocuparía de esas otras cosas, si a usted le gusta observar pájaros, hágalo. Y si le gusta observar el cielo, que es lo que hacía cuando era pequeño, pues hágalo como astrónomo. Si resulta que las circunstancias necesarias para hacerlo, como la familia o la salud no se lo permiten, hay que saber ser lo suficientemente flexible para conseguirlo. Lo importante de la vida es apostar por nuestras pasiones, por lo que queremos. Y en cuanto a la educación, no puedo creer que haya una sola razón válida para no tener una buena educación si tenemos la oportunidad. Podríamos seguir hablando de este tema, pero creo que le estoy dando el espíritu que subyace a mi respuesta.”

EL PELIGRO DE LA ESPECIALIZACIÓN

Pero ¿cómo se puede ampliar el horizonte si uno sólo estudia Física y se hiperespecializa? ¿El campo de la investigación en el futuro será más interdisciplinar, como en la NASA? “En mi caso –comentó Mather-, mi vida ha cambiado con los años. A lo largo del proyecto COBE no tenía tiempo para hablar con nadie que no estuviera en este proyecto. Cada momento tenía que dedicarse al objetivo común del satélite, pero luego vinieron proyectos de fusión, de colaboración, de trabajar con miles de personas y de explicar a otras organizaciones en qué consistía el trabajo y cuál era la ciencia que estaba detrás.” Mather añadió que le gustaba que le hubieran preguntado esto “porque lo que hacemos aquí –dijo- es compartir el interés de la Ciencia con colegas, con niños y con quienes tengamos delante. Es una buena oportunidad compartir ese interés.”

¿Cambiará la mente humana si las nuevas tecnologías hallan las respuestas a la mayoría de las preguntas que los astrónomos están estudiando, como por ejemplo si se obtienen pruebas evidentes del origen del Universo? “Si descubriéramos lo que estamos buscando, siempre habría otras cosas que investigar”, aseguró Wilson. “No vamos a quedarnos sin problemas que estudiar, si esa es la pregunta. Pero la mente humana es algo muy complejo; es el resultado de nuestra biología que solo cambia de manera muy lenta, y con nuestras experiencias vamos aprendiendo cosas nuevas y, con ello, nuestra especie evoluciona. Puede cambiar la



forma en la que vemos el mundo. El cerebro físico sería igual, pero la mentalidad podría cambiar.”

LA COMUNICACIÓN DEL PREMIO

¿Cómo se comunica un Premio Nobel? ¿Por teléfono? ¿Se sospecha? Wilson no recibió una llamada de Suecia. Le enviaron un telegrama al laboratorio Bell que desapareció y nunca volvió a verse. “Sin embargo –cuenta-, se organizó una rueda de prensa a las siete de la mañana. Yo no me solía levantar tan temprano. Cuando aún estaba en la cama, me llamó un amigo y me preguntó: ‘¿Es verdad lo que he visto en los medios de comunicación?’” Y entonces fue cuando me enteré.” Y añadió: “No sé si buscar el Premio Nobel o tener la intención de conseguirlo es una buena idea. Creo que es preferible que sea una sorpresa.”

En el caso de Mather, fue a través de una llamada telefónica que recibió a las 5:45 h de la mañana en la zona Este de los Estados Unidos. “Y fue una sorpresa afirma-, aunque sí sabía que había alguna posibilidad de que me lo dieran. Mis amigos me habían dicho que quizá deberían darme uno, y cada año esperaban el momento en que me lo concedieran, lo que nunca sucedía. No fue una sorpresa por completo, pero es, como decía Wilson, algo que no puedes percibir. Tú haces tu trabajo y luego ves lo que pasa. No lo pedí, no lo tenía, ya lo tengo y ahora para mí supone poder contar a todo el mundo lo que significa. Y esa es una de las razones por las que estoy aquí.”

Wilson, Kroto y Mather dijeron sentirse muy orgullosos de los descubrimientos por los que les dieron el Premio Nobel. Si bien Wilson destacaba su descubrimiento de la radiación del fondo de microondas, Kroto comentó que, para él, el descubrimiento de Wilson más importante fue la del monóxido de carbono en nuestra galaxia. “Esta molécula es vital –dijo-, pues es el CO el que elimina la energía cinética de las nubes y refleja la luz. Sin el CO quizás no estaríamos aquí. Resulta que permite que las nubes interestelares se colapsen, eliminen su energía y formen las estrellas. Ese fue uno de los hallazgos más importantes que se han realizado y creo que deberíamos verlo en un fondo de tres grados y quizás así nos explique la razón de nuestra existencia.”

Mather también dijo que se sentía especialmente afortunado por trabajar con equipos fantásticos de personas. “El satélite explorador COBE y el *Hubble* requerían el trabajo de miles de personas conjuntamente y he tenido la oportunidad de trabajar con todos ellos. Yo sirvo de portavoz del trabajo de muchísimas personas que participan de forma activa en todo este proceso de descubrimiento y estoy orgulloso de eso.”

EL REGALO DE LOS PREMIOS NOBEL

Si tuvieran una varita mágica, ¿cuál sería el mejor regalo que darían a un niño o niña para incentivar su vocación científica? Wilson insistió en la experiencia científica, en aprender sobre los procesos científicos, cómo funciona la ciencia, ser capaces de experimentar por nosotros mismos. “Ése sería mi regalo”. “Yo estaba pensando –intervino Mather- en darles un telescopio y un microscopio, porque con esa combinación pueden ver lo más grande y lo más pequeño. Imagínense a Galileo hace cientos de años con su descubrimiento del Universo o a Hooke descubriendo cosas al microscopio, podríamos tener las dos perspectivas.” Por su parte, Robert Williams destacó el interés intrínseco de los niños hacia la ciencia, el experimentar, el despertar su curiosidad... “A mí me preocupa –dijo- cómo llevarlo a la práctica y creo que definitivamente es una cuestión económica. Creo que la gente debería poseer una infraestructura adecuada para tener a su disposición las herramientas que satisfagan su curiosidad, que sepan que hay algún logro, si lo consiguen. Pienso, honestamente, que es el tipo de pregunta que los políticos se hacen en algunos países; cómo estructurar la sociedad de manera que los ricos, los pobres, etc. tengan las mismas oportunidades para cumplir sus deseos y satisfacer su curiosidad. El sistema educativo general es la clave, lo más importante.”

En definitiva, los invitados respondieron a esta última pregunta dejando la magia a un lado. Regalarían un microscopio y un telescopio, con los que descubrir el mundo de lo diminuto y de lo más grande y lejano del Universo; la oportunidad de experimentar la ciencia en persona; y un buen sistema educativo, que brinde las mismas oportunidades a todos y todas, sin distinción de su nivel económico o del lugar en el que vivan.



Stephen Hawking

Una “estrella” de la Ciencia en Tenerife

Stephen Hawking, físico teórico, cosmólogo y divulgador científico británico (Oxford 1942) fue, sin duda, la “estrella” en el festival Starmus celebrado en el mes de septiembre de 2014. Como prueba de ello destaca su presencia constante en los medios de comunicación. Durante su estancia de un mes en la isla de Tenerife mantuvo encuentros con científicos y con políticos locales. Pudo conocer de primera mano alguno de los proyectos más relevantes de las Islas en ciencia y tecnología, como el *Experimento QUIJOTE*, del IAC, o la potencia del superordenador *Teide HPC*, ubicado en las instalaciones del ITER (Instituto Tecnológico y de Energías Renovables), con el que un investigador del IAC, Claudio Dalla Vecchia, ha podido realizar una espectacular simulación de la formación de estructuras en el Universo a gran escala. A su regreso a Gran Bretaña, Hawking transmitió al mundo, a través de su recién estrenado Facebook, que su estancia en Canarias le había resultado una gran experiencia y que deseaba que lo invitaran a una siguiente edición de Starmus. Su deseo se ha cumplido en la tercera edición, que precisamente le rinde homenaje.

Durante su visita a la sede central del IAC y tras una masiva recepción por parte del personal del centro, Hawking hizo un recorrido por las instalaciones, acompañado por el director, Rafael Rebolo, y otros investigadores. El objetivo de esta visita era conocer la investigación que se realiza en este Instituto y en los



Observatorios de Canarias, así como su labor docente y sus proyectos tecnológicos. El conocido físico también firmó con su huella en el *Libro de Honor del IAC* y saludó a los jóvenes doctorandos.

A su llegada, Hawking expresó su satisfacción por estar en Tenerife y visitar el IAC, donde esperaba conocer las investigaciones sobre la radiación del fondo cósmico de microondas desarrolladas conjuntamente con Cambridge, así como el trabajo en estrellas binarias que puede revelar la presencia de agujeros negros. Preguntó precisamente por el nivel de polarización que podrá medir el *Experimento QUIJOTE*, en el Observatorio del Teide, para la detección de ondas gravitacionales del Big Bang, y por los resultados del Experimento americano BICEP 2. Se interesó también por la posibilidad de que los telescopios Cherenkov, como los MAGIC del Observatorio del Roque de los Muchachos, en la isla de La Palma, pudieran detectar agujeros negros primordiales, los originados en el Big Bang. Además, mostró curiosidad por si el Sol se ha hecho más brillante y por la sensibilidad de EMIR, instrumento infrarrojo para el Gran Telescopio CANARIAS diseñado y construido en el IAC.

Cuando el fundador de Starmus, el astrofísico del IAC Garik Israelian, le planteó a Hawking su posible asistencia al festival ignoraba que el equipo médico del científico le impediría viajar en avión. Por eso, se ideó

un traslado un poco más largo en un crucero que partiría del puerto británico de Southampton hasta Santa Cruz de Tenerife, pasando antes por la isla de La Palma, como ha vuelto a hacer en la tercera edición estrenando el Paseo de las Estrellas de la Ciencia. Allí empezaría el viaje del físico teórico más mediático del mundo a las Islas.

Hawking es un físico teórico importante. Un cosmólogo. Sus propios compañeros le reconocen la valía especialmente a la hora de avanzar en la definición de los agujeros negros (*radiación Hawking*) y en las teorías sobre el origen del Universo (*singularidades gravitacionales*). Pero... no es un premio nobel. Aún no, y él mismo bromea al respecto. Entonces, ¿por qué esa fama que le ha hecho tan popular? Puede que su discapacidad -confinado en una silla de ruedas por la Esclerosis Lateral Amiotrófica (ELA) que padece- lo haya convertido en un ejemplo mundial de superación, pero no es solo eso.

Hawking no ha sido un científico que se haya encerrado en la Universidad, ha sido mucho más. Es polémico y le gusta participar en acalorados debates fuera de la ciencia. En su libro *El Gran Diseño* afirma que “Dios no es necesario para explicar el Universo”. Igual que habla de Dios es capaz de hacer pública una fórmula para que la selección inglesa gane el Mundial de Fútbol. Tiene en su currículum haber cumplido el sueño de experimentar el estado de gravedad cero como pasajero de un avión de la NASA equipado de un modo especial. Todo eso lo ha convertido en una *science-star*, una “estrella de la ciencia”.

El halo de este científico hizo que se creara una atmósfera inigualable en el festival Starmus. La presentación del físico en ambos encuentros (primero, en el Centro Magma Arte y Congresos, en el municipio de Adeje, y después, en el Auditorio Adán Martín, en Santa Cruz de Tenerife) estuvo precedida de un expectante silencio. La salida al escenario, con luces y música de *Atoma* (“Hole in the Sky”), parecía la de una estrella de rock. Su primera pregunta dirigida al público fue “¿Pueden oírme?” Oír su voz metálica con acento estadounidense a través de la avanzada tecnología instalada en su silla de ruedas es realmente impactante. Los músculos de su rostro se han convertido en las últimas herramientas corporales que le quedan para comunicarse, activando con la mejilla derecha un sensor acoplado sobre sus gafas. Pasados unos minutos, el público se acostumbra a este sonido y las palabras del profesor comienzan a tener sentido.

VERÓNICA MARTÍN



Jugando al póker con Newton, Einstein y el Comandante Data

La pregunta de si el Universo tiene o no un punto de partida temporal ha inquietado a la Ciencia desde sus inicios porque ¿cómo cuantificar en tiempo y en espacio algo que no existía previamente? Stephen Hawking recordó durante su estancia en Tenerife que, en los años 60, para evitar que el Universo tuviese un inicio en el que la física dejaba de funcionar, Fred Hoyle, Hermann Bondi y Thomas Gold propusieron la teoría del Estado Estacionario. “En aquella teoría –explicó-, el Universo habría existido siempre, con la creación continua de nueva materia mientras el Universo se expandía para mantener la densidad constante. La teoría del Estado Estacionario no concordaba muy bien con las observaciones y el clavo final en su ataúd llegó con el descubrimiento del fondo tenue de microondas”.

Hawking, haciendo gala de su sentido del humor, comenzó esta primera charla en Tenerife sobre “La creación cuántica del Universo”, también titulada “El Universo como un holograma”, con una escena de un episodio de *Star Trek. La nueva generación*. En ella, el propio Hawking aparecía convertido en un holograma (representación de un objeto tridimensional en una superficie bidimensional) junto con el Comandante Data y las también representaciones holográficas de Isaac Newton y Albert Einstein. Todos ellos jugaban una partida de póker, en un experimento para comprender “cómo las tres mentes más grandes de la historia podrían interactuar” en tales condiciones. Hawking ganó la partida.

Los científicos buscan desde hace décadas información sobre el origen del Universo en la radiación que dejó el Big Bang y que podemos detectar en la actualidad en forma de microondas, como descubrieron en 1964 Arno Penzias y Robert Wilson. Hoy suponemos que en el Big Bang se generaron las llamadas “ondas gravitacionales”, las cuales podrían detectarse midiendo la polarización de esa radiación con instrumentos que ya no tienen las limitaciones técnicas del pasado. Conseguirlo supondría la prueba de la teoría de la Inflación y de que en los primeros instantes del Universo se produjo una supuesta expansión ultrarrápida que explicaría el universo que vemos actualmente.

En marzo de 2014, el proyecto BICEP2, desde el Polo Sur, parecía haber encontrado la prueba. Sin embargo, según Hawking, estos datos podrían incluir en gran parte ruido generado por polvo galáctico y, por tanto, era prudente esperar a conocer los datos del satélite *Planck* y de otros experimentos, como el *Experimento QUIJOTE*, del Instituto de Astrofísica de Canarias (IAC), así llamado por analogía con el personaje de ficción que buscaba algo de locos en un mundo de caos. Por eso, la visita de Hawking a las Islas podría suponer el inicio de una colaboración más intensa entre el mediático físico y este centro de investigación. No en vano, Hawking hizo referencia al IAC en su conferencia en el sur de la Isla y en la del Auditorio y le deseó suerte en la búsqueda de esa huella en la radiación.

Volviendo a la idea de que el Universo siempre hubiera existido, Hawking advirtió de que “la teoría del Estado Constante incluía un campo de energía negativa, un obstáculo para los físicos de partículas porque daría lugar a la producción incontrolada de pares de partículas con energías positivas y negativas”. Ante esto, el físico matemático Roger Penrose y él demostraron que, en ciertas condiciones razonables y si la relatividad general clásica es válida, el Universo tendría que haberse originado en una singularidad, es decir, “un sitio donde las ecuaciones de la relatividad general no se pueden definir. “En consecuencia, la relatividad general clásica no puede predecir cómo debió empezar el Universo”, concluye Hawking. “Esta teoría necesita cuantización, como las teorías de todos los demás campos físicos”.

AUSENCIA DE FRONTERA

Para ofrecer una respuesta sobre cómo empezaron las historias del Universo, Jim Hartle y Hawking propusieron la llamada “hipótesis de la ausencia de frontera”, que planteaba que “el espacio-tiempo euclidiano no tiene singularidad en ninguna parte, ni siquiera al principio”. Para hacerlo entender lo comparaba con cuando se creía que la Tierra era como un plato plano y que el mar debía caer por el borde. El problema se resolvió cuando se confirmó que nuestro planeta era redondo. “Se puede pensar en la superficie de la Tierra como si empezara en el polo sur; cuando te diriges hacia el norte, el tamaño de los círculos de latitud crece. Según la hipótesis de la ausencia de límites, la historia euclidiana del Universo es similar. La historia empieza en un punto en el polo sur. Mientras el tiempo aumenta, las triesferas [geometría de una esfera regular pero con una dimensión más que adoptaría el Universo] con tiempo imaginario constante crecen. Preguntar qué pasó antes del inicio del Universo

sería una pregunta sin sentido porque no hay nada más al sur que el Polo Sur. El tiempo imaginario, medido en grados de latitud, tendría un punto cero en el Polo Sur. Pero el Polo Sur no es muy diferente de cada punto en la Tierra”. De esta forma, Hawking sorteó “el escollo” de la existencia de un inicio del Universo”.

Tras esto, quedaría la pregunta de ¿cómo se expandió el Universo hasta convertirse en la masa homogénea que es ahora? La respuesta de Hawking está en la “Inflación cósmica”, postulada en los años ochenta. Esta supuesta expansión en los instantes iniciales fue tan acelerada que hizo que el Universo creciera en un mínimo espacio temporal. En esta historia, se introducen las “irregularidades locales producidas por las fluctuaciones cuánticas”.

Hawking comparó el inicio del Universo con la inflación de los precios en la Alemania de la II Guerra Mundial y dijo que “eso no era nada comparado con la inflación en las fases tempranas del Universo” cuando “se expandió por un factor de un millón de trillones de trillones en una fracción pequeñísima de segundo que generó un Universo muy grande y uniforme, tal y como hoy lo conocemos”.

Pero... ¿qué ocurrirá en un futuro con nuestro uniforme universo? Hawking insiste en que “la gravedad cuántica predice muchas posibles historias y muchos estados en tiempos más tardíos, es decir, en épocas como la actual, lejos en el tiempo de su creación. La mayoría de esos estados serían muy diferentes al universo que observamos, y de ninguna manera idóneos para la existencia de cualquier forma de vida”. Esto le hace afirmar, claramente, que somos unos auténticos “señores de la Creación”. Según Hawking, la Cosmología se convirtió en una ciencia de precisión en 2003 con los primeros resultados del satélite WMAP. Este satélite -comentó- “produjo un mapa magnífico de la temperatura del cielo de microondas, una foto fija del Universo a una edad de una parte en trescientos mil de su edad actual”. Y añadió: “Las irregularidades que se ven están predichas por la Inflación y significan que algunas partes del Universo tenían una densidad un poco mayor que otras. La atracción gravitatoria de la densidad extra ralentiza la expansión de aquella región y puede finalmente causar el inicio de un colapso, que daría lugar a las galaxias y a las estrellas. Con lo cual, hay que mirar con cuidado el mapa del cielo de microondas. Es un plano para toda la estructura del Universo.” Haciendo un guiño a la famosa frase de Einstein, Hawking desafiaba a su precursor y dice que “Dios, realmente, juega a los dados!”.

Pero... volviendo al *Experimento QUIJOTE* del IAC. Éste busca si en el origen del Universo se produjeron ondas gravitacionales, para lo que se utilizan dos telescopios que captan las microondas originadas en los primeros instantes: la radiación del fondo cósmico de microondas. Rafael Rebolo, investigador principal de este proyecto, explica: “En el origen del Universo hay una forma de energía que en el universo actual no existe o no sabemos en qué se transformó y estamos intentando entenderla en base a las huellas que queremos detectar”. Estas esquivas huellas serían las ondas gravitacionales. “*El Experimento QUIJOTE* tiene muchas posibilidades de atraparlas porque tiene muchas frecuencias de observación para sintonizar esas microondas que podrían portarlas, algo que otros experimentos, como el telescopio BICEP2, instalado en la Antártida, no tiene”. Entre los datos de *QUIJOTE* y los recogidos por el satélite *Planck* (donde también colabora el IAC), este centro de investigación podría dar interesantes noticias sobre tales ondas. Su detección vendría a ser la “prueba del nueve” de las teorías sobre la Inflación predichas por Alan Guth y Andrei Linde y que Hawking claramente defiende. Así, además de por su viaje en crucero, el mediático científico tendría un gran motivo por el que recordar Tenerife.

VERÓNICA MARTÍN



Agujeros negros: cuando la realidad supera a la ficción

En 1992 y como resultado de su tesis doctoral, el astrofísico del Instituto de Astrofísica de Canarias (IAC) Jorge Casares, junto con sus colaboradores británicos, publicó un artículo en la revista *Nature* que confirmaba por primera vez la existencia de un agujero negro (V404 Cyg), tras observaciones realizadas con el *Telescopio William Herschel*, del Grupo de Telescopios Isaac Newton y situado en el Observatorio del Roque de los Muchachos, en la isla de La Palma. A finales de 2014, el físico teórico Stephen Hawking, invitado en el festival Starmus, pronunció una conferencia –la segunda en Canarias– para el público general en el Auditorio de Santa Cruz de Tenerife, acontecimiento que también colocó a la isla en el foco científico mundial durante varias semanas. En esta charla, los protagonistas fueron los agujeros negros, tema que, según Hawking, son lo más extraño que nadie haya podido soñar. Mucho antes de que Casares publicara su hallazgo, allá por 1979, Walt Disney empleó –por primera vez en la ciencia ficción– este concepto en una de sus películas: el *agujero de gusano*, una especie de túnel hacia otro universo, o hacia otro lugar en nuestro propio universo.

Pero ¿cómo se forman estos extraños objetos? También en la respuesta tuvieron cierto protagonismo científicos del IAC. En 1999, un grupo de investigadores encabezado por Garik Israelian, Rafael Rebolo (actual director del IAC) y el ya mencionado Jorge Casares hallaron las primeras pruebas del origen de los agujeros negros a partir de una supernova, en esta ocasión empleando el telescopio *Keck*, situado en Hawái. Hawking, 15 años después, explicaba al público tinerfeño cómo se forma un agujero negro: supongamos que existe una estrella unas 10 veces mayor que el Sol, que está convirtiendo el hidrógeno que la forma en otro elemento químico, el helio, en una reacción que libera una gran cantidad de energía. Esta energía crea una presión que “empuja” el material de la estrella hacia fuera, contrarrestando el efecto contrario que ejerce la gravedad, y haciendo que el tamaño del astro aumente. Una vez se le acabe el combustible –el hidrógeno–, se romperá este equilibrio y la estrella colapsará.

En este punto de su exposición, Hawking introdujo un concepto clave, la *velocidad de escape*: aquella con la que hay que lanzar un objeto desde la superficie de la estrella para que se aleje hasta el infinito en lugar de volver a caer. Este es un concepto muy empleado en ingeniería espacial para calcular la velocidad a la que hay que lanzar los satélites, dependiendo del tipo de órbita en que queramos situarlos respecto a la Tierra. La velocidad de escape aumenta con la masa del objeto y con la cercanía al centro de éste. La estrella que nos ocupa ha agotado su combustible nuclear, está colapsando y su velocidad de escape aumenta. En un momento dado, ésta será superior a la velocidad de la luz, y entonces nada, ni la luz, podrá escapar de ella, generándose así un agujero negro.

Sin embargo, ¿cómo puede la gravedad frenar la luz, si la mecánica clásica indica que ésta siempre viaja a la misma velocidad dentro de un determinado medio? En 1915, Einstein proporcionó la respuesta con su teoría de la Relatividad General, a partir de la cual deducimos que el espacio y el tiempo son distintas dimensiones de un único objeto: el espacio-tiempo. Y este espacio-tiempo, según explicó el profesor Hawking, puede curvarse por efecto de la gravedad, del mismo modo que una lámina de goma se curva si colocamos sobre ella una esfera, tanto más cuanto mayor sea la masa de esta esfera. Esferas más pesadas y más concentradas hundirían cada vez más la lámina, hasta llegar a formar un agujero sin fondo; estrellas cada vez más masivas y más concentradas acaban generando un agujero negro, sin fondo, del que la luz tampoco puede escapar.

¿Qué sucede con lo que “cae” dentro del agujero negro? Desde el exterior no se puede decir qué hay dentro de un agujero negro. Como dijo Hawking en su discurso, podrías empujar a tu peor enemigo al interior de un agujero negro y no quedaría ninguna información sobre él. Esto es lo que se conoce como “teorema de no-pelo”, curioso nombre acuñado por el físico John Wheeler, que indica que tras el colapso gravitatorio en un agujero negro tan sólo quedaría la información sobre su masa, su carga y su momento angular. Esto, explicó Hawking, supone poner en cuestión el determinismo científico de Laplace, según el cuál si conocemos el estado del Universo en un instante determinado, las leyes de la Ciencia nos permitirán determinarlo en cualquier momento pasado o futuro. Implica que, si el determinismo falla en los agujeros negros, podría fallar en otras situaciones: no podríamos estar seguros de nuestra historia pasada, y los libros de historia y nuestra memoria podrían ser ilusiones. Parecería, pues, y así

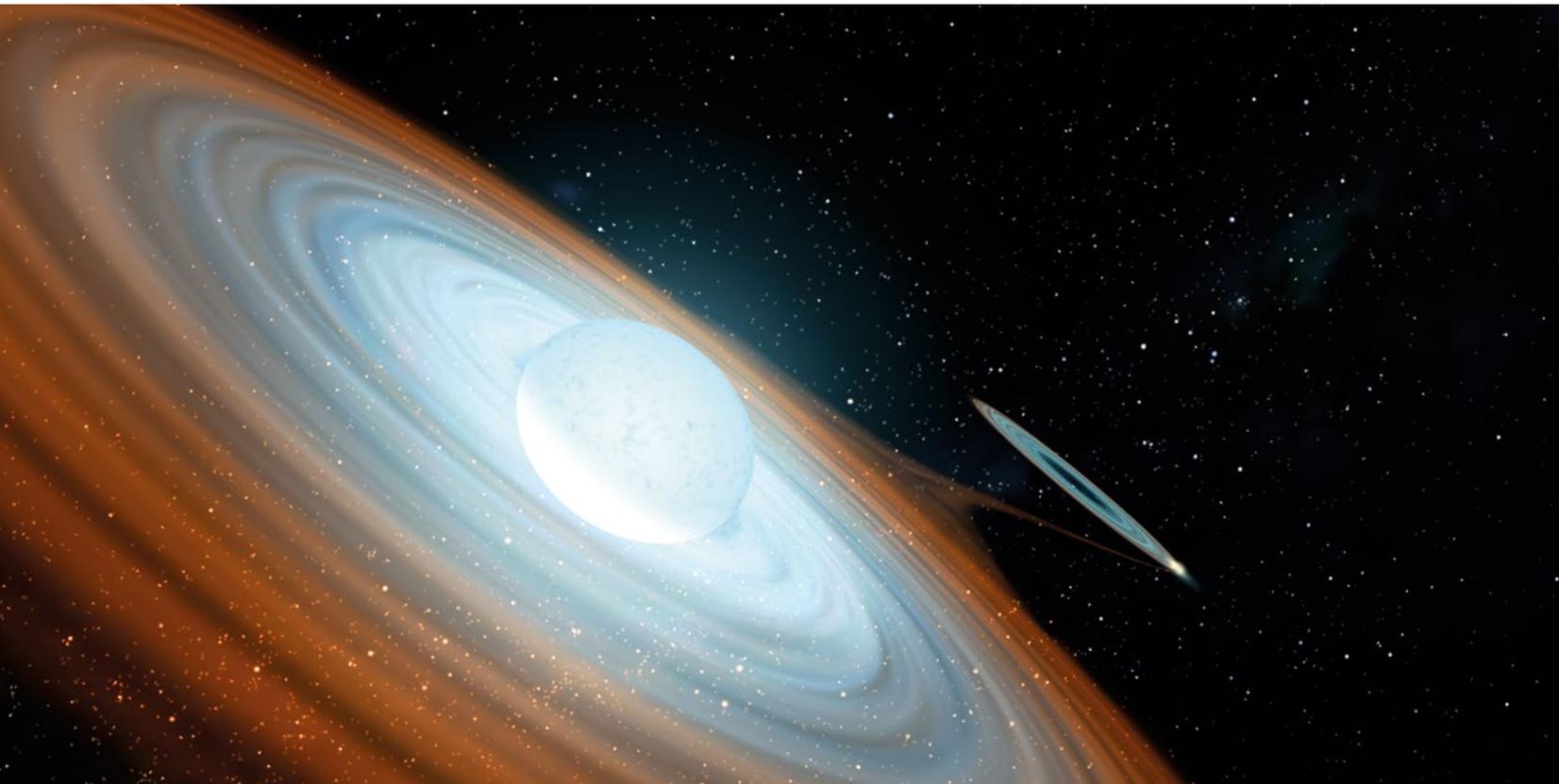
lo manifestó el distinguido físico en su charla, que es fundamental saber si la información se pierde en los agujeros negros, o si es posible conservarla. Jugando con el límite filosófico del conocimiento, Hawking narró al auditorio cómo tras años de discusiones, gracias a la idea de Richard Feynman de que no hay una única historia sino muchas posibles, alcanzó lo que cree que es la respuesta: desde fuera no se puede saber si un agujero negro existe o no, siempre hay una probabilidad de que no exista y es esta posibilidad la que permite conservar la información. Esta teoría de la existencia de historias alternativas sugiere que sería posible caer en un agujero negro y aparecer en otro universo, aunque no se podría regresar al propio.

Una de las claves de la conferencia del profesor Hawking pronunció en Tenerife radicó en el hecho de que los agujeros negros no son tan negros como se ha creído durante mucho tiempo. Según relató el científico, en 1974 él mismo encontró, durante una de sus investigaciones, que un determinado agujero negro parecía emitir partículas a una velocidad constante, hecho que finalmente fue refutado por la evidencia matemática. Un agujero negro de la masa del Sol emitiría

partículas a una velocidad muy lenta, y sería imposible detectarlas. Sin embargo, si hablamos de mini-agujeros negros, éstos podrían generar una potencia de más de 10 millones de megavatios, suficiente para proporcionar electricidad al mundo entero. Como precisó Hawking en su conferencia, sin embargo, no se podrían colocar en la Tierra para aprovecharlos, aunque tal vez sí orbitando a su alrededor. En cualquier caso, este tipo de agujeros negros, que tendrían aproximadamente la masa de una montaña y no estarían formados por el colapso de estrellas sino de regiones altamente comprimidas que habrían existido inmediatamente después del Big Bang, aún no se han encontrado.

Tampoco son los agujeros negros las prisiones eternas que los científicos creyeron una vez, insistió el eminente cosmólogo y físico teórico al finalizar su presentación en el Auditorio de Tenerife, y animó a los presentes a no rendirse “si se encontraban en un agujero negro” ya que, como había conseguido demostrar, se puede salir al exterior y, si no, al menos, emerger a otro universo. Toda una lección de optimismo.

GARA MORA CARRILLO

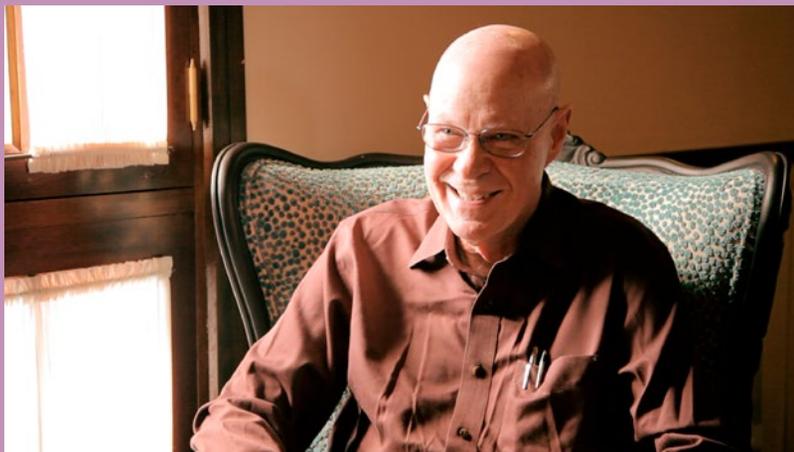


Robert Wilson

La serendipia y la emoción del descubrimiento

“Lo que el científico tiene que hacer es mantener siempre sus ojos abiertos y observar lo que está pasando y, cuando tu experimento sale mal, eso puede ser realmente una oportunidad muy importante. Otras veces, cuando sabes lo que quieres medir, vas y lo mides. Eso es bueno también, pero a menudo el avance real se produce cuando estás investigando una zona que no ha sido observada antes y pasa algo que no esperabas.” Con estas palabras, Robert Wilson, premio nobel de Física por su descubrimiento de la radiación del fondo cósmico de microondas e invitado de honor por el Instituto de Astrofísica de Canarias (IAC) en el festival Starmus, con financiación de la FECYT, explica por qué cree que la serendipia o la casualidad desempeña un papel importante en los descubrimientos científicos. Y lo hace con los ojos bien abiertos y brillantes.

Robert Woodrow Wilson, nacido en 1936 en Houston (Texas, EEUU), trabajaba en un nuevo tipo de antena en los Laboratorios Bell cuando en 1964 él y su colega, Arno Penzias, encontraron con su radiotelescopio una fuente de ruido que no podían explicar. Habían descubierto la radiación del fondo de microondas procedente del Big Bang, predicha por el astrónomo ucraniano George Gamow en 1948. Esta radiación es la energía remanente que aún nos llega, ya muy fría, procedente de la gran explosión que dio origen al



Universo. Su descubrimiento constituía una prueba de la teoría del Big Bang –antes de ello, Wilson no creía en esta teoría- y muchos astrofísicos estudian esta radiación desde entonces. Penzias y Wilson trabajaban en los Laboratorios Bell y –como contó en el festival Starmus- a ellos sí les dejaron hacer investigaciones astronómicas y espaciales, para compensar –dijo- la mala conciencia que se tenía por no habérselo permitido a Karl Jansky, también de los Laboratorios Bell. A este radioastrónomo, quien demostró en 1933 que la radiación recibida a longitud de onda 14,6 m no podía proceder del Sol, sino de otra fuente extraterrestre, más concretamente del centro de la Vía Láctea, le asignaron otro proyecto y no pudo seguir investigando sobre esta radiación. “Y en Radioastronomía –subrayó Wilson- no hubo avances durante décadas”.

En 1978, Wilson y Penzias recibieron el Premio Nobel de Física por su descubrimiento de la radiación del fondo cósmico de microondas. Según la Academia Sueca, su trabajo era fundamental, porque había hecho posible “obtener información sobre procesos cósmicos que tuvieron lugar hace mucho tiempo, en el momento de la creación del Universo.” Los dos radioastrónomos también descubrieron en 1970 grandes cantidades de monóxido de carbono en una nube molecular oculta tras la nebulosa de Orión, demostrando que esta molécula era muy abundante en nuestra galaxia.

Pero ¿cómo es la emoción de un descubrimiento? “La sensación de descubrir algo –asegura Wilson- es muy, muy buena. En el caso de la radiación de fondo cósmico se produjo muy despacio. Primero pensamos que teníamos un problema. Incluso cuando nos dimos

cuenta de que no se trataba de un problema, sino de algo que había en el Universo, seguíamos sin darnos cuenta de la importancia que tenía, así que no hubo un momento ¡Eureka! En cambio, cuando descubrimos el monóxido de carbono, que nos ha permitido estudiar las nubes interestelares y comprender mucho mejor la formación estelar, era algo que estábamos buscando y nos preparamos durante varios meses, trabajamos mucho y, tras un par de segundos de utilizar el receptor, vimos que habíamos encontrado la señal. Eso sí que fue estimulante.”

BIG BANG CONSOLIDADO

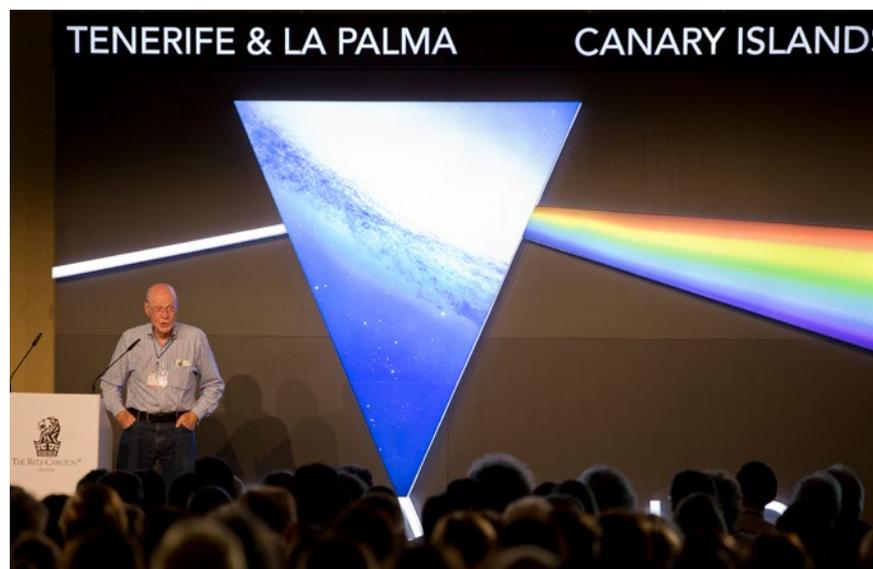
La teoría del Big Bang tuvo en el pasado sus detractores, como sir Fred Hoyle. En una entrevista, cuando se anunciaron los resultados de COBE, los calificó de “affaire periodístico” como lo había sido por entonces el anuncio de la fusión fría. Hoy, la teoría del Big Bang está bien apuntalada y no se prevé que nos encontremos con ninguna alternativa sorpresa. “Creo –explica Robert Wilson- que la forma en que entendemos la expansión del Universo y la teoría del Big Bang se ha confirmado con numerosas observaciones. En realidad, sir Fred Hoyle utilizó el término *Big Bang* con idea de que arraigara a largo plazo. Él era partidario de la teoría del Universo Estacionario y me temo que se fue a la tumba negando la validez de la teoría del Big Bang como explicación del origen del Universo. Sin embargo, creo que está bastante claro que la teoría del Estado Estacionario no puede explicar el Universo como lo conocemos actualmente.”

Todos los modelos cosmológicos modernos -entre ellos, el del Big Bang- se basan en el llamado *Principio Cosmológico*, que establece que el Universo a gran escala es homogéneo (la distribución de la materia es la misma en cualquier parte) e isótropo (parece el mismo en todas las direcciones). Por su parte, la teoría del Estado Estacionario se basa en el *Principio Cosmológico Perfecto*, según el cual no hay un lugar preferente en el Universo, que es igual en todas partes, pero no sólo en el espacio, sino también en el tiempo, de modo que sería igual en cualquier época. El Universo no habría tenido principio ni fin.

PRUEBAS DE LA INFLACIÓN

Si bien la teoría del Big Bang parece consolidada, la Inflación cósmica (expansión ultrarrápida del Universo en los instantes iniciales) precisa aún de pruebas. A juicio de Wilson, el modelo inflacionario “parece una buena explicación de cómo se inició la expansión del Universo a partir de lo que conocemos como el Big Bang”. Y añade: “Resuelve dos problemas: que el Universo tiene que tener justo la densidad adecuada para que nosotros podamos existir y el hecho de que observemos el Universo como algo enormemente uniforme en cualquier dirección en que miremos. Hay una diferencia de partes por millón en direcciones distintas y esas partes nunca entraron en contacto. Es, por tanto, una buena explicación para estos hechos y ha predicho varias cosas que luego han resultado ser correctas, al menos si manejamos las cifras adecuadas. Creo que, si se detectan los modos B en la polarización de la radiación del fondo cósmico de microondas, eso supondría una predicción más que se cumple. Si no existen los modos B, entonces quizás no. Creo que es difícil afirmar que lo entendemos realmente cuando en la práctica desconocemos lo que son la materia y la energía oscuras. Si no entendemos el 94% del Universo, por mucho que todo encaje muy limpiamente en la teoría, quizá haya algo que no conozcamos, quizá haya una teoría superior o que más adelante se formule otra teoría mucho mejor.”

Se ha sugerido que la materia oscura y la energía oscura para explicar el Universo dentro del marco estándar de la gravedad podrían no existir realmente y que fueran invenciones para que una teoría incompleta siga siendo compatible con observaciones cada vez más precisas. Sin embargo, Wilson considera que cada vez es más difícil descartarlas. “En particular, la materia oscura se observa de varias maneras, no es algo que simplemente viene bien para explicar la expansión global, sino que se observa en las galaxias. Éstas tienen más atracción gravitatoria. Las órbitas de las estrellas en la Galaxia muestran que la gravedad es mayor de lo que podemos observar en la materia brillante de las estrellas. El



caso de la energía oscura es algo menos claro, probablemente es la constante cosmológica de Einstein. Aquí la dificultad está en que el valor natural sería un 1 seguido de 120 ceros. El tiempo es mayor de lo que observamos. Es un misterio.”

RESULTADOS DE PLANCK

Sobre lo que se esperaba del satélite *Planck* y los posibles grandes avances, Wilson comentó: “Hace poco anunciaron un valor más preciso del polvo de la Galaxia en esas regiones muy oscuras en las que los investigadores buscan los modos B en la polarización y han sembrado dudas sobre el valor dado por el experimento BICEP2. A mi entender, los investigadores de BICEP2 y los de *Planck* se han puesto de acuerdo, están compartiendo sus datos y creo que va a ser muy interesante ver cómo quedan los dos valores obtenidos para la misma

región, porque Planck hace una medición mucho más amplia, puede estimar el valor del polvo con mayor precisión. Podría ser que combinando los dos datos encontremos los modos B a un nivel algo más bajo de lo que se indicaba inicialmente.”

Robert Wilson no sólo participó en el festival Starmus como ponente. También tuvo la oportunidad de visitar el IAC y sus Observatorios, muy interesado en conocer el *Experimento QUIJOTE*, del Observatorio del Teide, y en cuál podría ser su contribución a la exploración de la radiación de fondo cósmico de microondas y a la teoría inflacionaria del Big Bang. “Creo que el *Experimento QUIJOTE* busca los modos B en una frecuencia muy distinta de la que lo hace BICEP2, con lo cual obtendrán dos tipos de radiación de fondo distintos. Les estorbará sobre todo la denominada

radiación de sincrotrón y la emisión térmica libre-libre procedente de la Galaxia y están midiendo muchas frecuencias distintas para estimar esos efectos. El método empleado en sus mediciones será muy diferente del empleado en el experimento BICEP2. Si, como cabría esperar, los dos acaban obteniendo el mismo resultado, será muy convincente. Es bueno que dos experimentos bastante distintos estén buscando lo mismo.” Para este Premio Nobel, es muy importante llegar a medir los modos B en la polarización, pues sería “una especie de última prueba observacional para justificar que la inflación ocurrió”. Y añade: “También tienen mucho interés para la física teórica porque, si se observan, serían una prueba de las ondas gravitacionales primordiales.” Por último, señala: “El objetivo es muy importante y, por eso, hay varios grupos trabajando en esto. Necesitamos resultados de varios grupos para demostrar que lo que cada grupo ve es real.”

FRAUDE EN ASTRONOMÍA

¿Podría haber “fraude” en Astronomía y mediante qué mecanismos podría defenderse la comunidad científica? “Es bastante difícil –reconoce Wilson-. La complicación está en que se quiere una comunicación abierta y al mismo tiempo se quiere que haya cierta autoridad. Creo que la única forma de hacerlo es conseguir que la gente comunique lo que tiene, pero luego otros científicos deben comprobarlo. Algunos han sido muy sagaces a la hora de cometer fraude. Afortunadamente no se han dado muchos casos en las Ciencias Físicas y en Astronomía, quizá porque es menos rentable en este campo que en otros. Creo que es un problema que quizá no podamos eliminar del todo. No entiendo cómo alguien puede optar por el fraude en Ciencia, sabiendo que tarde o temprano se descubrirá. Pero la gente hace cosas raras.”



Ted Thai / Time Life Pictures / Getty Images

Robert Wilson, a la izquierda con Arno Penzias, junto a la antena de los laboratorios Bell.

Robert Wilson fue premiado mercedamente con el Premio Nobel, pero en la historia de estos premios ha habido casos de científicos –hombres y mujeres- que también lo merecieron y que nunca lo obtuvieron. “Es imposible otorgar el Premio Nobel a todos los que hayan realizado avances. Creo sinceramente que la Comisión del Nobel lo hace lo mejor que puede. En el caso de, por ejemplo, Jocelyn Bell, me queda una mala sensación al respecto, pero su trabajo fue en realidad reconocido.” Y añade: “Si pensamos en el descubrimiento de los modos B, por ejemplo, creo que lo más probable es no sólo que sean equipos de investigadores, sino que habrá además varios equipos que obtengan la misma respuesta, así que sería imposible que se les reconociera a todos el mérito. La Comisión tiene que actuar lo mejor que pueda. Me alegro de no estar en su lugar.”

Muchos científicos piensan que podríamos encontrarnos en el umbral de una nueva revolución científica, aunque no se atreven a asegurar si será fruto de la tecnología o de una mente brillante. Robert Wilson tampoco. “A medida que avanza la tecnología -señala- podemos obtener mejores datos y podríamos descubrir cosas inesperadas. Pero hasta que esto suceda, es muy difícil decir dónde se va a producir. Mi experiencia es que siempre es bueno conseguir mejores mediciones de algo cuando se pueda, porque podríamos descubrir algo. Cuando las mediciones mejoradas de algo muestren algo que no se esperaba, entonces es cuando tenemos que prestar atención de verdad.” Y a la pregunta sobre qué ramas de la ciencia podrían experimentar un salto cualitativo que revolucionara el conocimiento actual, como hizo la teoría de la Relatividad en el siglo XX, el premio nobel contesta: “Me temo que no lo sé. Si lo supiera, quizá estaría trabajando en ella.”

CARMEN DEL PUERTO



John Mather

La teoría del Universo en expansión

Los científicos son muchas veces productores en busca del mejor escenario para su película. En el caso de la Astronomía existen dos grandes platós: la Tierra y el Espacio. Y los planos que se van a tomar en cada uno están en función de las exigencias del guión. El Espacio tiene su principal ventaja en la ausencia de atmósfera y, por tanto, le permite dar una visión privilegiada del Cosmos; pero, en cambio, por las condiciones físicas que se dan en él, no permite enviar cualquier tipo de telescopio. Desde la Tierra, por el contrario, es posible disponer de grandes telescopios que estudien con detalle la trama del Universo. En cualquier caso, ambos son escenarios idóneos para la Astronomía que se complementan formando una pareja de cine. En 2018, el *Telescopio Espacial James Webb* (JWST, por su siglas en inglés) será muy probablemente el protagonista de la película. Su responsable científico, John Mather, premio nobel por los descubrimientos relacionados con la radiación del fondo cósmico de microondas realizados con el satélite COBE e invitado de honor por el IAC en el festival Starmus, confía en que este nuevo telescopio mejorará nuestra comprensión de las primeras etapas de la historia cósmica. Un buen papel, sin duda.

John Cromwell Mather, nacido en Roanoke (Virginia, EEUU) en 1946, formó parte del equipo del satélite COBE, que fue lanzado en 1989 para estudiar la radiación del fondo cósmico de microondas. En este satélite, dos de sus instrumentos fueron determinantes. Uno, el espectrofotómetro FIRAS, liderado por Mather, demostró en 1990 que el espectro de la radiación era el de un cuerpo negro y confirmó su origen en el Big Bang. Otro, el radiómetro DMR, liderado por George Smoot, descubrió en 1992 las variaciones en temperatura



Chris Gunn/NASA

(“anisotropías”) en esa radiación que corresponden a irregularidades en la materia del universo recién nacido. En 2006, ambos científicos recibieron el Premio Nobel de Física por estos descubrimientos. La Academia Sueca justificó la entrega del premio “por sus estudios sobre el universo temprano “ y por “su investigación sobre el origen de las galaxias y las estrellas”.

La medida del espectro de la radiación del fondo cósmico de microondas con el satélite COBE fue “uno de los más bellos resultados en la historia de la Ciencia”. Así que Mather se puede sentir orgulloso de ello. “La importancia científica del resultado del experimento del espectro es que no hay otra teoría aparte de la del Universo en Expansión que lo pueda explicar, de modo que confirmamos con una extraordinaria precisión la idea de que el universo temprano era muy caliente y denso y que se ha estado expandiendo y enfriando desde entonces. Las mediciones confirman esa predicción con gran precisión.”

Se da la circunstancia de que el nivel de anisotropías de COBE fue confirmado de manera independiente por el *Experimento de Tenerife*, que fue una colaboración hispano-británica en el Observatorio del Teide. Mather valoró al respecto: “Cuando se descubre algo por primera vez, siempre hay una componente de incertidumbre y es importante que alguien más, con instrumentos diferentes e ideas distintas, diga que ha observado lo mismo.”



EL TÉRMINO BIG BANG

Se ha dicho muchas veces que el término *Big Bang* no ayuda a comprender lo que pasó exactamente en el origen del Universo, pues no fue ni grande ni una explosión que arrojara materia hacia el espacio vacío. “Creo que lo que llamamos *teoría del Big Bang* –opina John Mather- debería llamarse la *teoría del Universo en Expansión*. Hemos estado utilizando el nombre que le dio Fred Hoyle [de forma despectiva, pues no defendía la teoría] durante demasiado tiempo. Es un nombre que se presta mucho a equívocos. Pero la teoría del Universo en Expansión es muy sólida. Desde 1929 hemos observado galaxias que se alejan de nosotros, hemos podido medir la edad del Universo y todo lo que hemos observado en Astronomía encaja perfectamente en esta explicación, así que no sé por qué Fred Hoyle no lo entendía.”

En cuanto a la teoría de la Inflación del Universo, la que explica “el Bang del Big Bang”, también parece estar apuntalándose “Es, desde luego, una buena idea –subraya Mather-, porque explica por qué el Universo es completamente uniforme, por qué partes del Universo que se encuentran en direcciones opuestas tienen el mismo brillo al observarlas. Ninguna otra teoría ha logrado explicar en realidad este fenómeno. Aunque eso no quiere decir que sea totalmente correcta.”

EL TELESCOPIO ESPACIAL JAMES WEBB

En 1990, la NASA y la ESA lanzaron el *Telescopio Espacial Hubble*, un instrumento de elevado costo y, originalmente, con defectos de diseño. En 1993, sin embargo, la misión COSTAR resolvió el problema de aberración cromática de este telescopio y le devolvió la capacidad de obtener resultados de una calidad científica sin precedentes. Ahora ha llegado el turno del heredero, con un espejo segmentado que tiene una capacidad colectora equivalente a un diámetro de 6,5 m y una sensibilidad 100 veces mayor: el *James Webb Space Telescope* (JWST, antes NGST, de *Next Generation Space Telescope*), que honra la memoria de uno de los gestores de la NASA durante el programa *Apolo*. El lanzamiento de este telescopio, construido y operado de manera conjunta por las agencias espaciales estadounidense, europea y canadiense (NASA, ESA y CSA), está previsto para 2018.

“El *Telescopio Espacial James Webb* –explica Mather- será utilizado por los astrónomos para detectar las primeras estrellas, agujeros negros y galaxias que pudieron formarse tras las fases iniciales del Universo, lo que se llama el *Big Bang*, pero que –como digo- debería llamarse el *Universo en Expansión*. Es, por tanto, todo un misterio para nosotros. Hemos hecho cálculos y predicciones, pero no contamos con observaciones que nos digan cómo era el Universo cuando era joven.



Hay un período que denominamos la *Edad Oscura*, que transcurrió entre los primeros momentos del Universo, cuando la temperatura era extremadamente alta, y la época en la que se formaron las estrellas y las galaxias. Un periodo que es completamente desconocido para nosotros.”

Según Mather, este telescopio infrarrojo, “capaz de ver la huella del calor de un abejerro en la Luna”, también podrá ver los primeros objetos formados 200 millones de años después del Big Bang, determinará si la energía oscura coincide con la constante cosmológica, caracterizará exoplanetas, observará objetos más allá de Marte y encontrará nuevos asteroides, objetos del Cinturón de Kuiper y planetas enanos en nuestro sistema solar.

El JWST, cuyo lanzamiento con un *Arianne 5* estaba en principio previsto para 2012, se ha visto retrasado debido a problemas de gestión y financieros, incluso se temió su cancelación. “Los sobrecostos –explica Mather- se entendieron básicamente como que no habíamos solicitado el dinero suficiente, de modo que el Congreso de Estados Unidos aprobó la asignación de más fondos y ahora nos han enviado el dinero suficiente para terminar el proyecto. Desde hace tres años, nos hemos mantenido dentro del presupuesto y de los plazos previstos, así que esperamos poder lanzarlo en 2018.” Este científico no teme que la tecnología de este telescopio, sin duda el proyecto más complejo en la historia de la Astronomía y de la Ciencia en general, en desarrollo desde mediados de los años 90, se quede obsoleta. “En realidad, ahora no hay una tecnología mucho mejor. Tenemos la tecnología que tenemos para el *Telescopio Espacial James Webb* porque nosotros la desarrollamos. Nadie está haciendo una tecnología mejor. Actualmente hay detectores algo mayores en tamaño, pero ese es realmente el único cambio destacable.”

EN BUSCA DEL NOBEL

Hay quien piensa que el deseo de obtener el Premio Nobel podría estar sobreestimulando la tendencia de algunos grupos de intentar ser los primeros en descubrir novedades fundamentales, corriendo el riesgo de presentar resultados no confirmados. Mather no cree, no obstante, que éste haya sido el caso de los resultados de BICEP2. “En realidad, el deseo de lograr un premio no es una buena motivación para nada. Creo que el deseo de hallar la verdad es lo más importante en ciencia. No puedo hablar en nombre de los que anunciaron los resultados de BICEP2, no sé exactamente qué tenían en mente, pero estoy seguro de que estaban convencidos de que lo que tenían era correcto, aunque ahora creamos que quizá no lo fuese.”

John Mather, junto con el también premio nobel Robert Wilson, visitó el IAC y sus Observatorios y pudo conocer personalmente el *Experimento QUIJOTE*, del Observatorio del Teide. “Este experimento –explica- consiste en la detección de la señal de los modos B en la polarización, que podría proceder de las ondas gravitatorias generadas en las fases iniciales del Universo, cuando éste era muy joven y se encontraba a una temperatura muy alta. Si podemos medir esta señal, podremos conocer detalles de aquella época, sobre las fuerzas de la naturaleza, cómo eran los materiales que componían el universo temprano y si estaba en condiciones de tener ondas gravitatorias o no. Como sabemos, en la naturaleza hay ondas sonoras que se transmiten por el aire, son ondas de compresión; luego tenemos ondas sonoras que se transmiten a través de cuerpos sólidos; hay también ondas electromagnéticas, que pueden transmitirse de forma lateral; y tenemos también las ondas gravitatorias, que se extienden en el espacio y en el tiempo. No sabemos si el universo temprano era también así. Sería un descubrimiento enormemente importante.”



Como señala Mather, el Nobel está planteado de tal modo que no todo el mundo puede ganarlo. “Independientemente del nivel de la ciencia, siempre tendrá que compararse con otra ciencia. El trabajo de la Comisión del Premio Nobel supone un desafío extraordinario porque tiene que decidir para quién irá el reconocimiento. Así que debe ser muy importante, tiene que ser auténtico, tiene que estar confirmado y tiene que estar claro quién es el autor. Así, por ejemplo, no conceden el Premio a equipos de personas, sólo a título individual. En los últimos tiempos, casi todos los descubrimientos científicos proceden de equipos de trabajo, mucha, mucha gente que trabaja junta para lograr un objetivo. Así que, si un equipo ha realizado un proyecto, ese equipo no va a ver nunca reconocido su trabajo mediante un premio, porque no se trata de un individuo. Para cada premio pueden seleccionarse hasta tres personas, ahí tienen el reto. ¡La ciencia ha cambiado!”

“Si un experimento realmente detectara los modos-B, sería -subraya Mather- muy importante. El descubrimiento de algo tan importante sería siempre difícil de demostrar. Ya hemos visto cómo puede hacerse un descubrimiento y que luego resulte que podría ser incorrecto. Sabemos que ahora hay muchos grupos tratando de detectar esta señal y creo que el Premio Nobel podría ir a quienes lo descubran. Ya veremos qué sucede, no depende de mí ni de ninguno de nosotros decidir qué es lo más importante.”

Lo que siempre es emocionante -advierte Mather- es “descubrir algo que nadie ha visto hasta entonces, y la emoción puede durar bastante tiempo”. En cambio -matiza-, “el anuncio del Premio Nobel es algo completamente diferente, es el reconocimiento de algo que sucedió hace mucho tiempo”. En su caso, por ejemplo, fue en 2006 cuando recibió la famosa llamada telefónica comunicándose. “El anuncio del

descubrimiento se había hecho en 1990, así que pasaron 16 años entre el descubrimiento en sí y su reconocimiento. Para entonces (sonríe), ya era un poco viejo.”

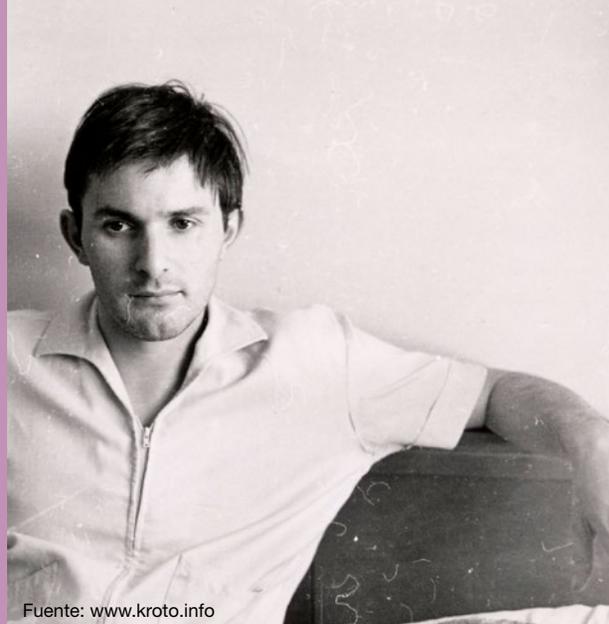
CARMEN DEL PUERTO



Harold Kroto

Fullerenos en el Universo

La comunidad científica creía conocer completamente la química del carbono cuando en 1985 se descubrió la estructura de un compuesto molecular que contenía 60 átomos de este elemento. Para sorpresa de los científicos, el carbono no sólo existía en forma de granito y diamante. Sir Harold W. Kroto, invitado al festival Starmus y uno de los tres premios nobel que intervinieron en el encuentro organizado por el IAC en el Museo de la Ciencia y el Cosmos el 26 de septiembre de 2014, descubrió esta molécula en la atmósfera de estrellas gigantes rojas cuando trabajaba con su equipo de la Universidad de Sussex (Reino Unido). Contactó entonces con sus colegas Robert F. Curl y Richard E. Smalley, de la Universidad de Rice (Texas, EEUU), quienes habían diseñado un instrumento para producir en el laboratorio cantidades microscópicas de productos químicos complejos. Juntos confirmaron el descubrimiento de estas grandes moléculas orgánicas llamadas "fullerenos" y por ello recibieron, en 1996, el Premio Nobel de Química. Según la Academia Sueca: "Desde el punto de vista teórico, el descubrimiento de los fullerenos influye en nuestra comprensión de dominios tan diversos como el ciclo galáctico del carbono y la teoría de la formación de anillos moleculares, una piedra angular de la química teórica".



Fuente: www.kroto.info

HEXÁGONOS Y PENTÁGONOS

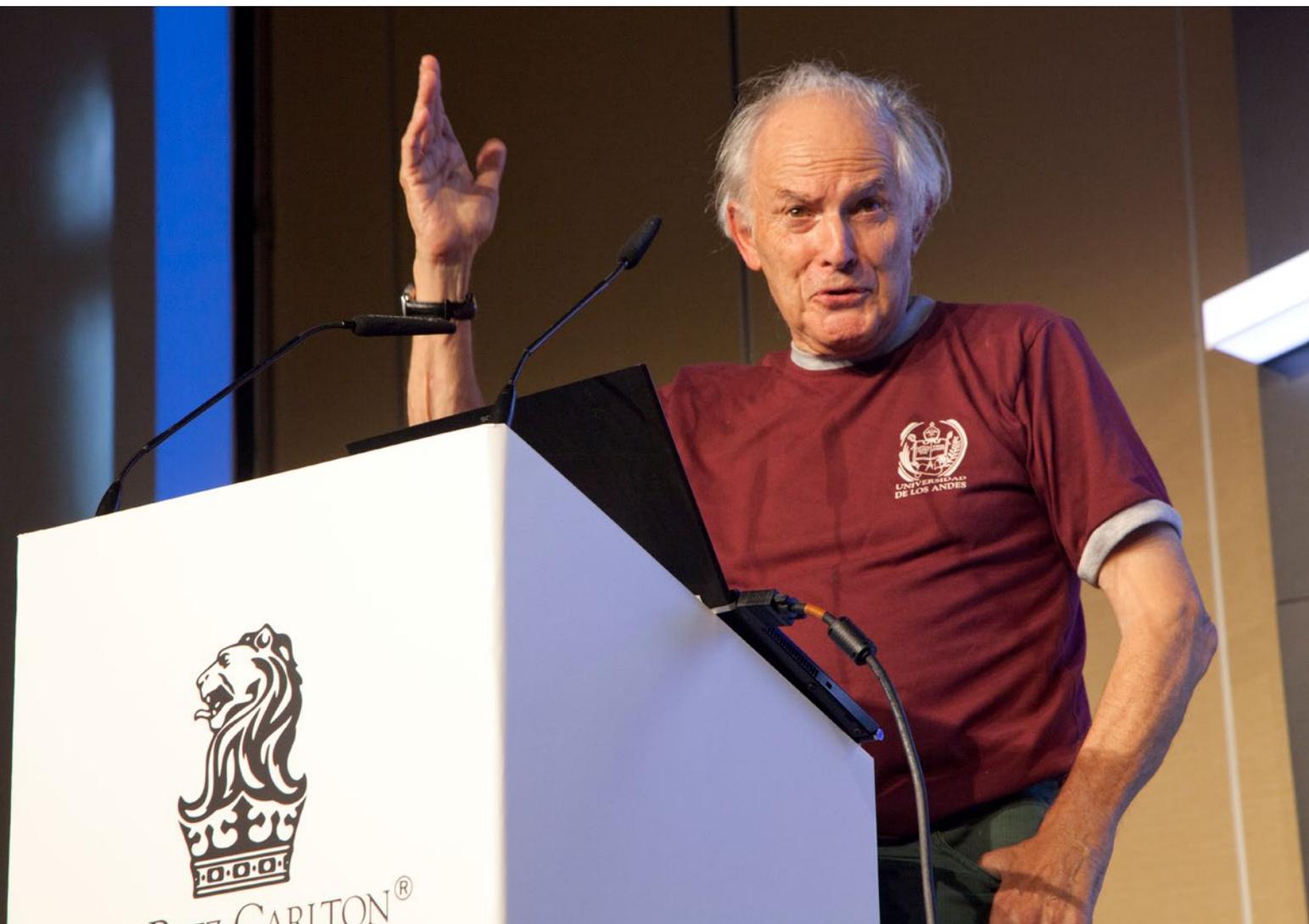
Kroto, nacido en 1939 en Wisbech, Inglaterra (Reino Unido), y fallecido el 30 de abril de 2016, no quería ser científico, sino "Superman", cuando era pequeño. Así lo rebeló en su charla "Carbon in Nano and Outer Space" ("Carbono en Nano y en el Espacio Exterior"), una de las charlas más apreciadas por el público pues comenzó con una breve biografía personal que permitió comprender el contexto humano de sus intereses e investigación. Fue la fotografía la que le hizo interesarse por la química a través del proceso de revelado, aunque también le gustaba la ilustración, el dibujo o el diseño de logotipos y era amante del arte, el deporte y la arquitectura. Precisamente esta última le llevó a fijarse en el diseño de un edificio durante una exposición, inspirándole la famosa geometría de la nueva molécula que habría descubierto. Esta nueva familia de carbono recibió el nombre de "fullerenos" por su estructura geodésica similar a la aplicada por el arquitecto Buckminster Fuller en el "Domo" de la Expo de Montreal de 1967, donde se combinaban hexágonos y pentágonos para formar una esfera, como un "balón de fútbol", en el caso del fullereno C_{60} , o como un "balón de rugby", en el caso del fullereno C_{70} . Durante toda su intervención, Kroto insistió en el siguiente mensaje: la necesidad de fomentar la creatividad y la curiosidad en todos los ámbitos de la vida, ilustrada al final de su charla con la imagen de una niña de corta edad armando asombrosamente una molécula de carbono de este tipo.

Harold Kroto trabajaba tres meses en el Reino Unido y nueve en Estados Unidos y lo hacía “en algunos aspectos muy interesantes desde el punto de vista astrofísico”, aunque él era químico. En 1992 predijo que debería haber fullerenos en el Medio Interestelar, pero en ningún momento pensó –confesaba- que se fueran a detectar tan fácilmente. “Lo curioso ha sido que el *Telescopio Espacial Spitzer* ha podido detectar fullerenos en el espacio interestelar, como componentes del mismo. Un año tras otro, estos fullerenos, que tienen forma de balón de fútbol, se han ido observando en nebulosas planetarias y en otros lugares. Ha sido muy emocionante ver que esta molécula que nosotros descubrimos se haya detectado en el Universo”.

APLICACIONES ELECTRÓNICAS

Sobre las aplicaciones de los fullerenos, sobre todo comparados con otra molécula orgánica, el grafeno, por cuyo descubrimiento también se ha otorgado un Premio Nobel de Química, Kroto dijo alegrarse, aunque en clave de humor, de que a los fullerenos C_{60} aún no se les hubiera encontrado utilidad, con lo cual tampoco habría ninguna posibilidad de malas aplicaciones. “Siendo menos suspicaz –añadió-, el C_{60} se puede aprovechar bastante porque tiene algunas propiedades electrónicas muy interesantes.

Los nanotubos de carbono como los fullerenos [esta estructuras tubulares tienen un tamaño de una mil



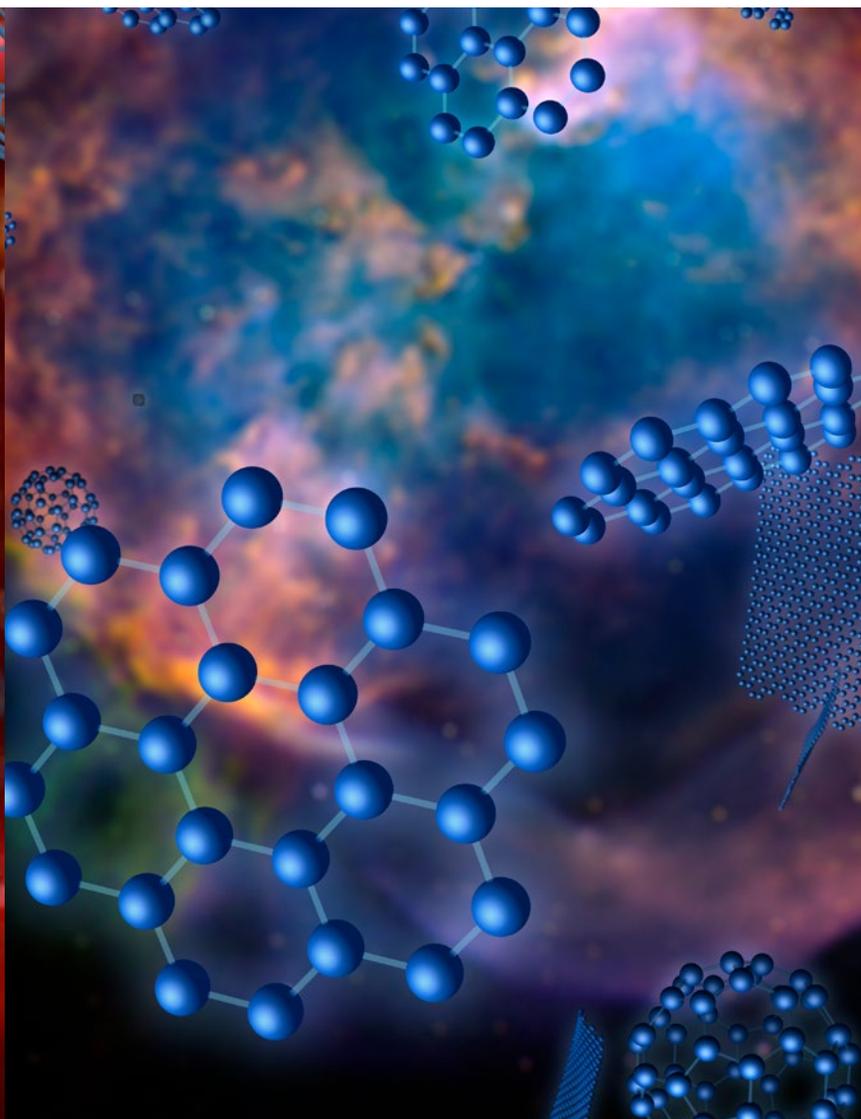
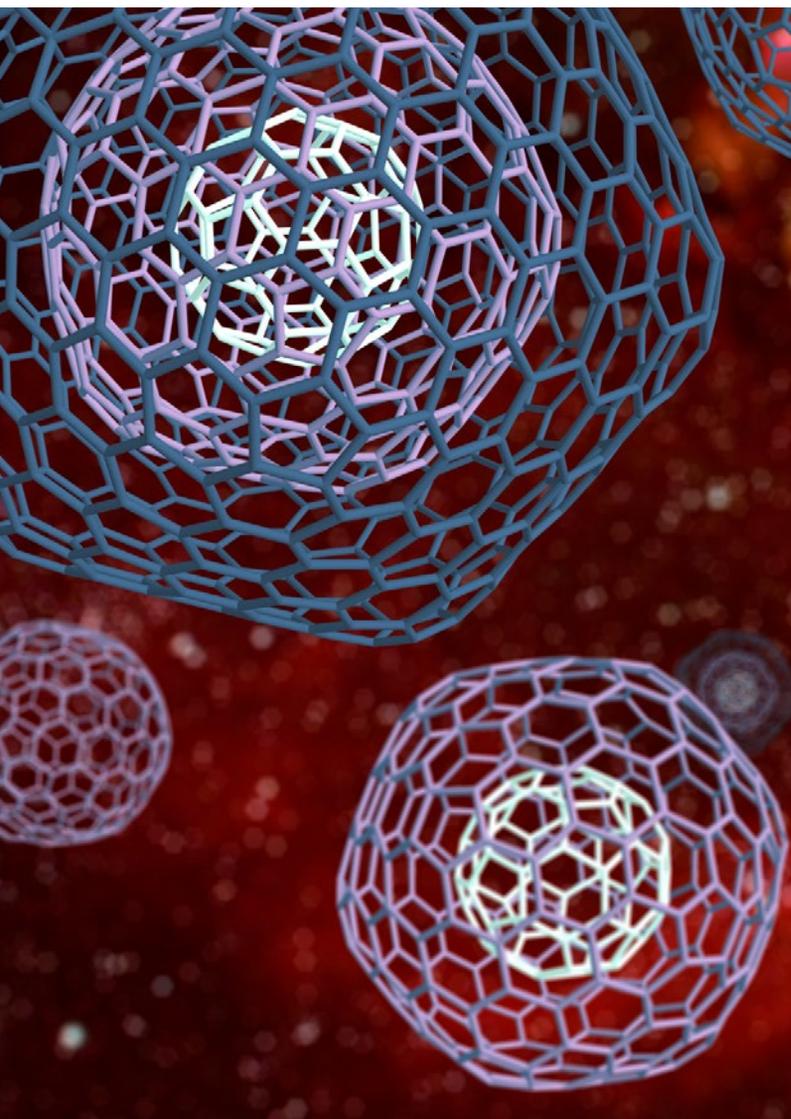
millonésima parte de un metro) son conductores balísticos, lo cual significa que pueden conducir la electricidad sin ninguna pérdida por el camino. Sin embargo, no podemos fabricarlos en cantidades lo suficientemente grandes ni fiables como para desarrollar aplicaciones de nanotecnología con ellos.

Lo que tenemos ahora es una serie de materiales extraordinarios, pero sin la tecnología necesaria para sintetizarlos actualmente y aplicarlos. Quizás en las próximas décadas, en veinte o treinta años, podamos desarrollar esas técnicas de síntesis de la química orgánica.”

LA CIENCIA NO ES SENTIDO COMÚN

Según Kroto, uno de los mayores problemas que tenemos hoy en día es que mucha gente acepta cosas de las que no tiene pruebas. “La Ciencia no es sentido común, ya que el sentido común es engañoso... Es el sentido común -dijo- el que nos haría creer que el Sol gira alrededor de la Tierra, a pesar de no tener pruebas de ello. Y es el acto de observar y pensar lo que nos hace llegar al conocimiento contrario”. El conocimiento debe estar basado en las pruebas y luego hay que ser capaz de aplicarlo para crear tecnología.

CARMEN DEL PUERTO



El IAC y las moléculas del carbono

La existencia definitiva de fullerenos en el espacio fue confirmada por investigadores canadienses en 2010, pero varios investigadores del IAC también han sido pioneros en estudios sobre estas moléculas en el medio interestelar, especialmente en nebulosas planetarias, estrellas de masa baja en la etapa final de sus vidas. Es el caso de los astrofísicos Susana Iglesias-Groth y Domingo Aníbal García-Hernández, entre otros.

Iglesias Groth ha realizado trabajos astroquímicos sobre fullerenos e hidrocarburos policíclicos aromáticos en el espacio y otras moléculas prebióticas, utilizando espectroscopía de alta resolución y trabajos de laboratorio para conseguir su caracterización espectroscópica. Lideró el equipo que descubrió naftaleno y antraceno en el espacio, un hallazgo que sugiere que buena parte de los componentes clave en la química básica para la vida terrestre podrían estar presentes en el material interestelar. Ha publicado numerosos artículos como investigadora principal, en revistas con árbitro, así como un libro en 2010 *-Fulleranes. The Hydrogenated Fullerenes-*, en colaboración con Franco Cataldo, que precisamente fue prologado por el premio nobel de Química Harold Kroto. Iglesias-Groth y Kroto tuvieron ocasión de conversar con motivo de la estancia de este último en Tenerife para participar en el festival Starmus.

García-Hernández lideró el estudio que, con el *Telescopio Espacial Spitzer*, encontró fullerenos C_{60} , acompañados de grandes cantidades de hidrógeno, en nebulosas planetarias de las Nubes de Magallanes, galaxias cercanas a la Vía Láctea. Este descubrimiento, que supuso la primera detección extragaláctica de tales moléculas, contradecía además las teorías actuales y los experimentos de laboratorio, que muestran que el hidrógeno inhibe la formación de estas grandes moléculas carbonadas, mucho más comunes y abundantes en el Universo de lo que inicialmente se creía.

Los fullerenos son moléculas increíblemente estables, difíciles de destruir y que pueden transportar otras interesantes moléculas dentro de ellas. De hecho, moléculas de C_{60} han sido encontradas en meteoritos portando gases extraterrestres, con importantes implicaciones sobre el origen de la vida en la Tierra. Además, tienen aplicaciones potenciales en materiales superconductores, dispositivos ópticos, medicinas, purificación de agua, blindajes, etc.

En 2013, García-Hernández y colaboradores hallaron evidencia de que la presencia de “cebollas de carbono” y otras grandes moléculas derivadas de los fullerenos podría ser generalizada en el espacio. El estudio, que combinaba observaciones astronómicas para poner a prueba predicciones teóricas de Iglesias-Groth y física teórica, encontró estas moléculas complejas en el entorno de dos nebulosas planetarias ricas en el fullereno más común (C_{60}).

Posteriormente, al estudiar el espectro óptico de las dos nebulosas planetarias, se logró demostrar que ciertos fullerenos (C_{60}) son los responsables de las conocidas como “bandas difusas” observadas en numerosos espectros astrofísicos. Dispersas por todo el espacio, las moléculas responsables de estas bandas atrapan parte de la luz visible emitida por las estrellas, que llega a nosotros amortiguada.

CARMEN DEL PUERTO



Pocos relatos hay tan fascinantes como los que nos cuentan los astronautas, especialmente, aquellos que protagonizaron los primeros años de la carrera espacial. Antes de convertirse en operarios de laboratorios espaciales, como ocurre en la actualidad, los astronautas fueron intrépidos exploradores, héroes nacionales que ocupaban portadas de revistas y congregaban millones de personas delante del televisor. A pesar del uso mediático, ideológico y comercial que de ellos se hizo, no hay que olvidar la valentía de estos precursores del viaje espacial, dispuestos a asumir riesgos y dar, incluso, su vida por un sueño que pocos creían realizable. Pero, lo que está claro es que una vez conquistada la Luna, ser astronauta nunca ha vuelto a ser lo mismo. Lo viajes espaciales, a pesar de la dificultad y del peligro que todavía entrañan, parecen algo casi rutinario y apenas unas pocas personas son capaces siquiera de recordar el nombre de uno o dos astronautas. Seguramente, tendremos que esperar a los nuevos viajes interplanetarios rumbo a Marte para recuperar, no sólo la admiración hacia los viajeros espaciales, sino también para volver a ser conscientes de la necesidad de superar nuestros miedos, de abandonar nuestra burbuja de seguridad y de lanzarnos al vacío, que es el territorio de la libertad y de la creación.

IVÁN JIMÉNEZ

Alexei Leonov

¿Por qué los rusos no fueron a la Luna?

Starmus es, en un alto porcentaje, un tributo a las leyendas del espacio. Ya en su primera edición contó, entre otros, con la presencia de Neil Armstrong y Buzz Aldrin, de la mítica misión *Apolo 11*, así como de Alexei Leonov, el primer hombre en dar un paseo espacial. Este cosmonauta ruso, que en 2011 participó en la mesa redonda a pie del Gran Telescopio CANARIAS (GTC) organizada por el festival, repitió visita a las Islas con motivo de su segunda edición. Leonov dio primero una charla en el Teatro Leal de La Laguna (Tenerife), en la que repasó su trayectoria espacial con algunas anécdotas. Su intervención formó parte de un acto que también honraba la figura del científico canario Blas Cabrera, con una ponencia del catedrático de Física y Química Álvaro Díaz Torres, y en el que además se presentaba, a cargo del investigador del IAC David Aguado, el libro que recoge los artículos de todas las estrellas invitadas de la primera edición de Starmus. Posteriormente, en el acto de clausura en el Auditorio Adán Martín de Santa Cruz de Tenerife, el festival Starmus rindió homenaje a Leonov y al desaparecido Neil Armstrong. En una memorable conferencia, el primero explicó gráficamente las verdaderas razones de por qué los rusos no fueron a la Luna.



Las personas que han estado en el espacio tienen algo especial. Pertenecer al selecto club de seres humanos que han visto el planeta Tierra desde fuera es algo que marca de por vida. Unos regresan místicos y con un profundo sentimiento religioso, otros vuelven a la Tierra convertidos en héroes, con la gesta marcada en su mirada. Nuestro protagonista pertenece a estos últimos.

Alexéi Arjipovich Leonov es una persona de temperamento, de ritmo agitado y de excelente condición física. Nadie diría que ese personaje con el que todos quieren hacerse una foto tiene 80 años. No sabemos si los duros años de entrenamiento en la Unión Soviética tuvieron que ver. Pero no cabe duda de que es una persona que transmite pasión.

En su segunda visita a Tenerife con motivo del festival Starmus contó, con esa pasión que le caracteriza, su gran aventura espacial, que aunque no es lo único que hizo en una dilatada carrera, sin duda fue lo más importante: ser el primer hombre en abandonar su nave para flotar libremente en el espacio. Sólo una fina capa de tejido separaba su piel del frío e infinito espacio.

Leonov vivió desde dentro la carrera espacial que culminó con la llegada del hombre a la Luna, una carrera que recuerda como deportiva. “Nosotros comenzamos con todo esto y no teníamos ningún competidor; luego aparecieron los Estados Unidos. En general, éstas fueron las mejores competiciones olímpicas que se desarrollaron por el bien de toda la humanidad. No una competición olímpica, sino espacial. Fue una competición limpia, honesta, en la que cada cual hizo lo que pudo y sin ningún tipo de ‘medicamentos’ (sin dopaje)”.

Durante su estancia en la isla de Tenerife no tuvo inconveniente en contar los problemas que vivió durante esa misión del 18 de marzo de 1965 y que le catapultó a la historia de la Astronáutica. “Al regresar a la nave, tuve un problema que surgió en el proceso de vuelo y que no se pudo predecir en tierra. Y, hasta el día de hoy, ni en los Estados Unidos ni en la Unión Soviética, ni en ningún otro país, hay cámaras barométricas en las que se pueda comprobar el impacto real del Cosmos (el Espacio) en la escafandra. Por ello, inmediatamente después del primer vuelo, se tomó la decisión de crear escafandras con otro tipo de diseño. La escafandra se hizo con una estructura rígida, con coraza metálica y con las partes de las manos y los pies regulables para adaptarlas a cualquier persona. Además, durante el proceso de trabajo, la persona puede

ajustarla aun más. Yo no tuve esas posibilidades a mi disposición, pero todo esto fue resultado de mi trabajo”.

Cuando algo se hace por primera vez siempre hay imprevistos, detalles que no estaban en el guión. Si algo así sucede en el espacio, tenemos que improvisar. Leonov afirmó que, aunque tuvieron problemas, los pudieron solventar, no sin antes llevar la contraria al centro de control. “A nosotros nos surgieron problemas con el sistema automático de dirección, que no respondía. Los detectamos a tiempo y no permitimos que los motores se pararan. Esto sucedió del otro lado del globo terráqueo y cuando entramos en comunicación con la Tierra, informamos de lo sucedido y pedimos autorización para pasar al sistema de dirección manual, que nadie había utilizado antes y no se sabía cómo funcionaba. Nos autorizaron a hacerlo y nosotros lo hicimos de forma brillante: orientamos la nave y, para ello definimos el momento de encendido del motor, el lugar de aterrizaje, el tiempo de trabajo del motor... Eso fue para mí como si a un navegante se le presentara una tormenta... Y aterrizamos al norte de los Urales, donde no había ni fábricas ni líneas eléctricas, en la Taiga, y para nosotros la Taiga es como un césped”.

Siempre se pensó que, en esos años convulsos de Guerra Fría, lo importante era la misión y que la seguridad de los astronautas era secundario, algo que desmintió rotundamente. Todas las misiones eran seguras, menos la suya. “Desde los mismos inicios ya pensamos en la seguridad de los vuelos, incluso la primera nave espacial –la *Vostok*– tenía sistema de rescate. La excepción fue una sola nave –la *Voskjud 2*– que, debido a que llevaba a dos personas a bordo y a que tenía una cámara o esclusa para permitir la salida al espacio abierto, carecía de sistema de rescate, y si se hubiera producido un incendio, como le sucedió a los cosmonautas Titov y Strelakov, está claro que la tripulación habría podido morir. Pero nosotros entendíamos eso y fuimos voluntariamente”.

Durante la entrevista que mantuvimos con el cosmonauta al término de su charla en el Teatro Leal, de La Laguna, no dejó de firmar libros y atender a aquellos que no querían dejar pasar la oportunidad de fotografiarse con una leyenda viva de la historia de la exploración espacial. Una versatilidad que no sabemos si le enseñarían en el Centro de Entrenamiento de Cosmonautas Yuri Gagarin, del que fue director hasta 1982.

JUANJO MARTÍN



Nostalgia de la intrepidez

Los astronautas no son gente común. Son las personas que han subido más alto, han llegado más lejos y han viajado más rápido de toda la humanidad. El confinamiento, la ingravidez, la ausencia de aire, el frío extremo... viajar al espacio es y será siempre una misión de naturaleza inhumana. Los astronautas protagonizan la última gran aventura de nuestra especie. Y, a diferencia de otras exploraciones, la era de la exploración espacial será eterna y terminará a la vez que lo haga nuestra civilización.

Aunque actualmente vivimos en una sociedad sobreprotegida y poco dispuesta a asumir riesgos, a todos nos gustaría ser valientes, todos sentimos la nostalgia de la intrepidez. Por eso conviene aprender de las historias de los que ya estuvieron ahí antes, especialmente, de aquellos que se enfrentaron de cara con la oscuridad del Cosmos sin saber si volverían para contarlo. Los primeros viajeros espaciales son un ejemplo indispensable para comprender el significado de lo que supone despegar y liberarse de las ataduras de la gravedad terrestre. Ellos no nos hablan de oídas, sino desde su propia experiencia, que es también la experiencia de toda la humanidad.

Uno de estos testimonios -por suerte, aún vivo-, es el cosmonauta y artista Alexei Leonov. Poco queda por decir de este viajero del espacio que no aparezca en los libros de historia: fue el primer hombre en realizar un paseo espacial; lideró la primera misión conjunta entre astronautas americanos y rusos; y ha dado forma a sus memorias a través de sus pinturas, mostrando al mundo su personal y artística visión del Cosmos. Porque no hay nada mejor que el ojo humano, y la mano del artista, para transmitir la belleza y el significado de la experiencia humana en el espacio.

A sus 80 años, Leonov participó en la segunda edición del festival Starmus celebrado en Tenerife y dejó por escrito el relato de sus vivencias, sus pensamientos y sus opiniones en el libro dedicado a Neil Armstrong y Yuri Gagarin *STARMUS, 50 años del hombre en el espacio*. Si bien hay un proverbio ruso que dice que “el miedo tiene los ojos muy grandes”, Leonov es el ejemplo de que sólo con valor y perseverancia es posible ampliar la mirada que nos permita explorar nuevos mundos y hacer más fácil la travesía al futuro. Aunque seres vulnerables, necesitamos un proyecto mayor que nosotros mismos. Y no existe nada más grande que el Universo.



SUICIDIO ESPACIAL

Sin duda, si por algo se conoce a Alexei Leonov es por ser el primer hombre en salir al espacio abierto. Lo hizo con un rudimentario traje espacial, unido solamente a su nave mediante un cordón que le suministraba oxígeno y una línea de comunicación con el comandante y el control de Tierra. Su audaz misión marcó un hito en la historia de la cosmonáutica y confirmó el liderazgo de la Unión Soviética en la carrera espacial durante los años de la Guerra Fría.

Sin embargo, a pesar de lo heroico de la hazaña, la misión estaba predestinada desde el primer momento al fracaso. Como Leonov admite: “Confío en ser recordado como la primera persona en llevar a cabo un paseo espacial, con un 99% de probabilidades de no volver nunca y convertirse en el primer satélite humano de la Tierra”. El objetivo de la misión no era tanto llevarla a cabo, sino recopilar la máxima información sobre los posibles errores que hubieran podido cometerse: “Tenía que informar de todo a Tierra. El primer ingeniero Sergei Korolev me había dicho: ‘Necesito saber cuándo tu canción se ha terminado’. Fue una charla de hombres; bastante franca”, explica Leonov.

Sin embargo, Leonov no sólo desobedeció las órdenes de ir ‘cantando’ lo que le pasaba cuando su traje espacial empezó a fallar, hinchándose hasta el punto de que era imposible volver a entrar por la escotilla de la nave, sino que, además, saltándose todos los procedimientos, decidió bajar la presión de su escafandra aún a riesgo de poner en peligro su vida y la misión: “Estaba casi en un estado en el que tus pies se hinchan como guantes de goma, tus ojos se hunden y tu cabeza se hace demasiado grande para el traje espacial; un hombre privado completamente de movilidad”, explica Leonov, consciente de que, en su situación, nadie podía ayudarlo: “Fue una decisión muy difícil. El tiempo pasaba. ¡Y no habíamos recibido ningún entrenamiento para este tipo de maniobra!”

No es valiente el que no tiene miedo, sino el que no le hace caso. En lugar de hundirse en la negrura del espacio, Leonov mantuvo la calma, consiguió entrar de nuevo en la nave y salvar su vida. Por supuesto, no quiso hablar de lo sucedido hasta su regreso a la Tierra: “¡Imagíneme contando al mundo entero que estaba en problemas! Era un canal abierto. ¡Todo el mundo estaba escuchando!”, confiesa. Sin embargo, sabía que su decisión iba a tener consecuencias: “desde luego, un severo castigo me esperaba: había desobedecido las

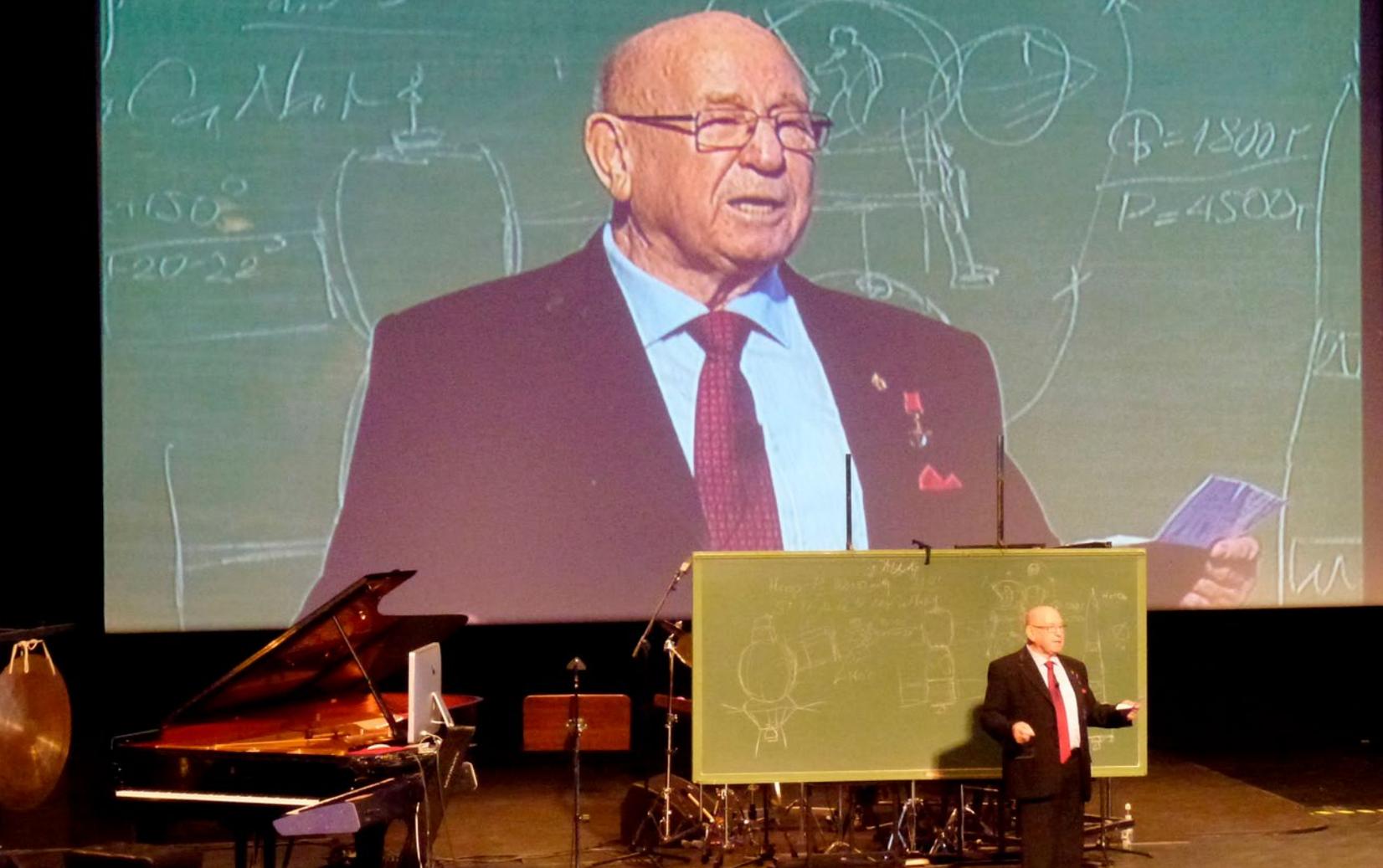
instrucciones”. La sanción final dependía de la opinión del ingeniero jefe del programa espacial soviético: “Todo el mundo estaba en silencio, esperando a que Korolev pronunciara su sentencia. Y dijo: ‘¡De hecho, Alexei hizo lo correcto!’. Y todo el mundo aplaudió”, recuerda con alivio el cosmonauta.

ODISEAS CON CLARKE

Leonov mantuvo una estrecha amistad con el escritor de ciencia ficción Arthur C. Clarke. Se conocieron tras la *première* de la película de Stanley Kubrick *2001: Odisea en el espacio* (1968), cuando Leonov supo que Clarke había contado que la idea de incluir el sonido de las respiraciones durante las escenas de los astronautas trabajando fuera de la nave surgió tras escuchar las grabaciones del cosmonauta ruso durante su paseo espacial. Según explicó más tarde Clarke, poco después Leonov le envió un boceto autografiado de una pintura, que había realizado un año antes del estreno de la película, en las que la Luna, la Tierra y Sol aparecen alineados, justamente como aparece en el filme, y que el escritor colgó en la pared de su oficina.

Más tarde, otra de las pinturas de Leonov sirvió de portada de una de las novelas más conocidas de Clarke, *Las fuentes del paraíso*, en la que se describe la construcción de un ascensor espacial, idea concebida por el físico ruso, y ‘padre de la cosmonáutica’, Konstantin Tsiolkovsky en 1895 y más tarde desarrollada por el ingeniero Yuri Artsutanov en 1960. Según Leonov, la clave de la amistad con Clarke se debió a que “él me trataba no como un astronauta, sino como alguien con una mentalidad diferente; él era una persona extraordinariamente interesante”.

Clarke también se inspiró en Leonov en su segunda parte de la saga de la *Odisea Espacial 2010: Odisea dos*, imaginando una misión espacial soviético-estadounidense a Júpiter para investigar sobre lo ocurrido en la misión anterior y sobre el misterioso monolito. Clarke quiso dar una sorpresa a Leonov como gesto de amistad y como homenaje a los demás viajeros espaciales rusos. Así lo explica el cosmonauta: “Cuando terminó su 2010, me encontré con él y me dijo: ‘Sabes, hay un secreto que quiero contarte. ¿Cómo crees que se llama la supernave espacial de mi novela?’ ‘No tengo ni idea, Arthur’, le dije. ‘¡Se llama Alexei Leonov! ¿Qué te parece?’ Y le dije: ‘Bueno, intentaré hacer lo mejor que pueda como nave’. Él estaba sorprendido de mi frase. Me dijo que se esperaba cualquier respuesta mía, pero esa no”.



No sólo obsequió al cosmonauta con el nombre de la nave espacial, sino que Clarke incluyó la siguiente dedicatoria en la primera página del libro: “A dos grandes personas: Alexei Leonov, astronauta y artista, y Andrei Sajarov”. Clarke también pidió a Leonov que revisara la novela. Aunque el cosmonauta nunca terminó de leerla, escribió una reseña en la revista de divulgación *Tekhnika Molodezhi* (Tecnología para jóvenes), publicación que, además, se hizo cargo de la edición del libro, a pesar de que fue prohibida durante más de 10 años por las autoridades soviéticas porque algunos de los astronautas que aparecían en la novela eran disidentes.

RUSOS Y AMERICANOS: COLEGAS DE PROFESIÓN

Una de las cuestiones poco conocidas sobre la historia de la Guerra Fría es la buena relación que existía entre

los astronautas americanos y los cosmonautas rusos. Más allá de las rivalidades entre los dos países y la competencia tecnológica por conquistar el espacio, entre los viajeros espaciales había admiración y respeto mutuo. El punto de encuentro definitivo se produjo en 1971, en el funeral de los tres cosmonautas rusos fallecidos de la misión *Soyuz 11*. Desobedeciendo las órdenes de las autoridades de su país, el astronauta americano Tom Stafford se ofreció como portador del féretro. Stafford ya había asistido el año anterior, por sorpresa y ante la mirada perpleja de los dirigentes y oficiales soviéticos, a la ceremonia por el fallecimiento de Pavel Belyayev, compañero de Leonov en la misión *Vosjod 2*, en la que realizó su histórico paseo espacial. Leonov recibió órdenes de acompañar al astronauta americano durante los tres días que duró el funeral. Tras aquel encuentro, los dos pilotos se hicieron grandes amigos e, incluso, Leonov

ayudó al astronauta americano a adoptar dos niños de un orfanato ruso, estrechándose de por vida los lazos entre ambos.

Ya en 1965, durante el Congreso Internacional de Astronáutica de Atenas, astronautas representantes de ambos países –entre los que se encontraba Leonov– tuvieron un primer encuentro del que empezó a fraguarse la idea de una posible misión conjunta. Este deseo acabó materializándose diez años más tarde en un crucial apretón de manos espacial, la misión *Apolo-Soyuz*. Lo que pocos saben es que lo que convirtió aquel encuentro de Atenas en un éxito de las relaciones internacionales no fueron precisamente los discursos:

“Bebimos una botella de whisky, una botella de brandy y algo más. No sé siquiera cómo nos comunicamos. Pero cuando salimos de la sala, nos dijimos los unos a los otros: ‘¡Mira, son gente maja! ¡Podemos volar con ellos!’. Y los historiadores señalan aquel encuentro como un modelo de competencia comunicativa entre tripulaciones. Es difícil imaginar la conversación entre aquellas cinco personas, pero después de cinco horas hubo un perfecto entendimiento mutuo”, relata Leonov en *STARMUS, 50 Years of Man in Space*.

Además de estrechar lazos entre compañeros de oficio, Leonov también pudo conocer al mítico ingeniero alemán Wernher von Braun, creador del cohete V2 y del *Saturno V* que llevó al hombre a la Luna. De nuevo, a pesar de la rivalidad existente entre éste y su equivalente ruso Sergei Korolev, Leonov pudo comprobar la profunda admiración que sentía por el trabajo del ingeniero del programa espacial soviético: “No lo conozco –dijo–, pero la práctica ha demostrado que él es un líder extraordinario. Yo no lo hubiera podido hacer en vuestro contexto. No soy tan buen líder como Korolev”. Pero, como señala Leonov, las palabras de von Braun, aunque respetuosas, también escondía una falsa humildad: “Él no dijo ‘ingeniero’ porque estaba claro que Korolev había sido más astuto que él. Wernher von Braun estaba, desde luego, por delante de Korolev en ingeniería”.

A LA LUNA DE VALENCIA

Sin duda, una de las cuestiones que más han formulado a Leonov durante sus charlas y entrevistas es por qué la Unión Soviética, líder indiscutible de la carrera espacial, no llegó antes a la Luna que los americanos. El cosmonauta no tiene ningún problema en dar detalles –incluso valiéndose de una pizarra y tiza como ocurrió en la jornada de clausura del festival *Starmus* celebrado en Tenerife– y en ofrecer su personal punto de vista.

Según Leonov, la Unión Soviética no escatimó esfuerzos y recursos en desarrollar una misión para llegar a la Luna. Seis velos no tripulados volaron alrededor del satélite y volvieron a la Tierra, y lo hicieron con 10 veces menos presupuesto que los Estados Unidos. Sin embargo, nadie quería asumir el riesgo de enviar una misión tripulada. Los sucesivos lanzamientos fallidos –hasta cuatro, entre 1969 y 1972– del cohete *N-1* diseñado por Korolev para poner un cosmonauta en la superficie lunar, hizo decrecer el interés de las autoridades soviéticas por pisar el satélite. Además, la muerte del carismático ingeniero jefe de la carrera espacial soviética Sergei Korolev en 1966 contribuyó al desánimo nacional.

Así lo explica Leonov: “El tiempo pasaba y estaba claro que se necesitaba una decisión política para orbitar la Luna. Estábamos perfectamente capacitados para ello, pero la cautela sin sentido de nuestro gobierno nos mantuvo alejado de ella. Si Korolev hubiera estado vivo, estoy seguro de que habríamos sido los primeros en orbitar la Luna seis meses antes de la misión americana *Apolo 8*. Ellos lo sabían y estaban temerosos, pero nosotros no pudimos alcanzar la Luna antes que los americanos”.

De nada sirvieron los informes de Yuri Gagarin y Leonov recomendando continuar con el programa lunar. El cosmonauta se lamenta de que, algunos años después, los gobernantes soviéticos acabaran dándoles la razón: “Más tarde, ellos dijeron: ‘Deberíamos haber hecho lo que los astronautas sugerían, ellos eran mucho más listos que nosotros’. Esa es la historia”. Para Leonov, el futuro de la conquista del espacio sigue siendo una cuestión política: “Las próximas generaciones deberán centrarse en tener un buen gobierno”, sentencia.

Para el cosmonauta, la situación actual del programa espacial ruso tampoco es para ‘tirar cohetes’: “Con el fin de mejorar el futuro de la exploración espacial, el sistema por completo debe ser restaurado inmediatamente. Deben crearse escuelas para formar a los jóvenes especialistas. No podemos hacer nada que valga la pena sin ellos”. Pero si algo caracteriza a Leonov es su obstinación y entusiasmo. El cosmonauta es la demostración de que la valentía no consiste sólo en no tener miedo, también es la virtud de la fidelidad a un proyecto, la que permite perseverar a pesar de las dificultades. Leonov sigue comprometido con la carrera espacial de su país pero, sobre todo, con el deseo de seguir dando al mundo una nueva perspectiva de la presencia humana en el espacio. Por ello, no puede evitar afirmar: “Todo lo que puedo hacer es mantener mi optimismo”.

IVÁN JIMÉNEZ

APOLO, EL VALOR DEL RETO

El ser humano quiere vivir por encima de su propio miedo y exponerse a dificultades. Más allá de los objetivos marcados, es precisamente el reto, la capacidad de buscar y crear los medios para superar sus limitaciones, lo que da sentido a la experiencia humana. Y, sin duda, no ha habido ninguna empresa más magnánima y que requiera más valentía, esfuerzo y constancia que la que afrontó el programa *Apolo*, el proyecto científico más ambicioso de la historia y, por ahora, el único que ha conseguido llevar a un grupo de hombres a la Luna. Starmus reunió a dos astronautas que formaron parte de esta misión, Charles M. Duke y Walter Cunningham. Su testimonio aportó datos reveladores sobre cómo se desarrolló esta aventura humana y sobre qué significó esta experiencia a nivel personal para cada uno de sus protagonistas.

Charlie Duke

Recuerdos lunares

El astronauta Charles M. Duke, uno de los pocos hombres en pisar la superficie de la Luna, recordó la misión *Apolo 16*, considerada una de las más productivas del programa lunar estadounidense debido al gran número de experimentos que se hicieron durante la misma y por la cantidad de material rocoso recogido.

En la conferencia, titulada “El lado oscuro de la Luna”, Duke relató su experiencia personal durante aquella expedición, contando anécdotas y mostrando algunas fotografías que los tres tripulantes hicieron en el satélite (se tomaron más de 14.000 imágenes). El astronauta matizó que “el lado oscuro de la Luna no es oscuro” ya que tuvo la oportunidad de dar la vuelta al satélite y ver atardecer y amanecer en cuestión de horas. Duke calificó como “espeluznante” la sensación de ver pasar el Sol por el horizonte lunar de forma inmediata debido a la ausencia de atmósfera.

El astronauta estuvo 71 horas sobre la superficie lunar. Durante el alunizaje emplearon para desplazarse un rover con una autonomía de 120 km, aunque contó que apenas se alejaron unos pocos debido a que, en caso de avería, nadie podía rescatarlos. Según Duke, el requerimiento empleado a la hora de seleccionar las



muestras geológicas no era otro que “recoger lo que fuera diferente”, con lo que llegaron a reunir 98 kg de arena y rocas.

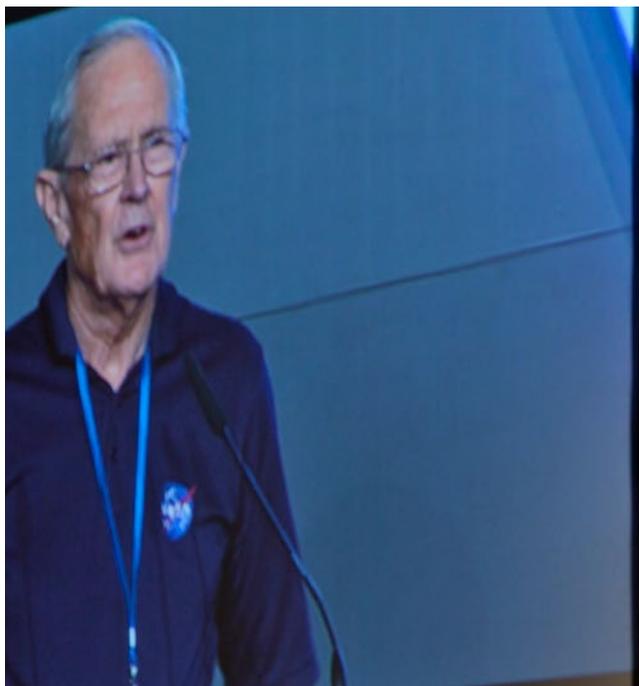
Duke calificó la sensación de caminar por la superficie lunar como “agradable” y describió su textura como “blanda y arenosa, como harina”, aunque impresionaba por su “muchísimo brillo”. También se refirió a la fascinante visión de la Tierra desde el satélite que retrató como “una bola suspendida en la oscuridad del espacio”. En medio de un paisaje como éste es razonable que dormir fuera complicado: “La excitación era tan grande que nos resultaba imposible, así que algunos ingerimos somníferos”, explicó el astronauta.

Duke habló también de la fotografía que dejó en la superficie como dedicatoria a su familia. Se trata de un retrato familiar en el que aparece él mismo con su mujer y sus dos hijos. “Quise involucrar a mi familia en la misión”, contó el astronauta. La foto está firmada en su reverso por cada uno de ellos y tiene escrito el mensaje: “Esta es la familia del astronauta Duke del planeta Tierra”. Comentó que en la última misión del *Apolo* en 1972 se pudo comprobar que aún estaba allí, pero después de más de 40 años es difícil conocer el estado actual.

El astronauta no pudo evitar reflexionar sobre las consecuencias que para él tuvo esta experiencia. Para Duke, el viaje espacial no es solo una aventura, sino también una travesía filosófica y mística. El astronauta confesó que, tras su regreso, cambiaron sus creencias y se hizo cristiano, condición que considera compatible con el mundo científico.

Sea cual sea la ideología de este viajero espacial, lo que es incuestionable es su contribución al desarrollo científico y tecnológico; su experiencia no sólo ayudó a conocer mejor nuestro satélite, sino que también aportó información fundamental para el progreso de la exploración espacial. Duke también es uno de los astronautas más activos a la hora de desmentir las teorías que niegan la presencia humana en la Luna: “Hemos estado nueve veces en la Luna; ¿por qué íbamos a mentir nueve veces?”, reflexiona.

IVÁN JIMÉNEZ



Walt Cunningham

A riesgo y ventura

Sin duda, una de las charlas más inspiradoras de las que se programaron en el festival Starmus fue la del físico y astronauta de la misión *Apolo 7* Walter Cunningham. Su expedición fue la primera tripulada del programa lunar *Apolo* y fue fundamental para probar el funcionamiento de todos los sistemas técnicos y de comunicaciones que, meses más tarde, llevarían al hombre a la Luna. Pero Cunningham no dedicó su charla a explicar anécdotas relacionadas con esta misión, sino que, bajo el título “La exploración y la oportunidad de participar en una aventura arriesgada”, apostó por hacer una reflexión sobre los motivos que hicieron que el hombre lograra una de las mayores proezas de la Humanidad, abandonar la gravedad terrestre y pisar la Luna.

Cunningham considera que el programa *Apolo* es el resultado de un momento de la historia en el que un grupo de personas decidieron asumir el riesgo técnico y humano de traspasar una frontera, hasta entonces, infranqueable. “La actitud de no pensar en el fracaso llevó a superar todos los obstáculos y conseguir algo que es un orgullo para todos los humanos”, señaló el astronauta. Comparó la exploración espacial con otros momentos históricos, como el descubrimiento del Nuevo Mundo o la primera circunnavegación de la Tierra, en los que el valor y la capacidad de sobreponerse a las dificultades ampliaron los límites de nuestro conocimiento y de nuestra propia naturaleza.

“El truco de las fronteras es ubicarlas y esto conlleva imaginación y personas que estén dispuestas a pagar un precio por pasar a través de ellas”, afirmó Cunningham, quien dio una definición de aventura basada en tres aspectos principales: “debe suponer un avance en el conocimiento humano; debe existir un riesgo de morir considerable; y debe tener un final incierto”. Para el astronauta este ideal está muy lejos de la sociedad en la que vivimos y de la actual política de la agencia responsable del programa espacial americano:



“La NASA busca disminuir los riesgos, busca seguridad; es un ejemplo de miedo al riesgo”. Y justificó esta actitud conservadora diciendo que la agencia americana depende cada vez de intereses privados que buscan beneficios comerciales.

La misión *Apolo 7* fue la primera en la que se realizó una retransmisión en directo desde el espacio. Como anécdota, Cunningham contó que una de las preguntas que le hicieron fue precisamente si tenía miedo: “Les respondí que sólo me preocupaba la posibilidad de fracasar”. El astronauta también quiso distinguir entre los viajeros de antes y los actuales. Recordó que hoy la edad media del astronauta es de 45 años y que antes, en cambio, eran pilotos jóvenes con carreras militares que estaban acostumbrados al riesgo. También explicó por qué quiso formar parte de una misión tan arriesgada: “¿Cómo me convertí en astronauta? No fue por dinero”. Y añadió bromeando: “Si hubiera cobrado 50 céntimos por milla, ahora sería rico”.

Para Cunningham, “la exploración no debe eliminar los riesgos, sino saber gestionarlos” y sostiene que no hay futuro en la conquista espacial si no hay, al menos, la voluntad de querer arriesgar: “La seguridad no puede estar garantizada; hace falta que los futuros exploradores estén dispuestos a morir”. El astronauta se dirigió a los jóvenes y les pidió que recuperaran este espíritu: “El programa *Apolo* demostró que si alguien asume riesgos, consigue lo que quiere; yo asumí riesgos, ahora les toca a ustedes”.

IVÁN JIMÉNEZ



Mark Boslough

Impactos cósmicos

Asteroides, cometas y meteoritos son esa amenaza constante pero casi ausente de nuestro pensamiento diario. Uno de los expertos en estas amenazas es el físico Mark Boslough, del Laboratorio Nacional de Sandia y de la Universidad de Nuevo México (Estados Unidos), que fue uno de los conferenciantes invitados en el festival Starmus.

Especializado en explosiones atmosféricas naturales y nucleares, así como en técnicas de simulación, pudo predecir correctamente muchos de los fenómenos asociados al impacto del cometa *Shoemaker-Levy 9* sobre Júpiter en 1994. Frente a quienes defendían lo contrario, Boslough aseguró que las cicatrices dejadas en el planeta por los fragmentos cometarios serían visibles desde la Tierra. Y así fue.

Boslough advirtió en su charla “¡Caída mortal! Impactos destructivos y explosiones aéreas con poco o ningún aviso” de que el riesgo de un impacto de este tipo es alto. Pero también defendió que la ciencia ha avanzado lo suficiente como para detectar estos fenómenos a tiempo de modo que se pueda reaccionar. “El asteroide que acabó con los dinosaurios hace 65 millones de años –señaló– tuvo que pasar cerca de la Tierra repetidamente, y durante mucho tiempo fue un objeto muy brillante en el cielo antes del impacto final.”



Este físico también fue el primero en formular la hipótesis de que las extrañas rocas de vidrio amarillo-verdoso usadas como joyería por los antiguos faraones resultaron del calor liberado en las arenas del desierto libio por una gran explosión en la atmósfera de un asteroide. Esta hipótesis –como recordó en su charla– fue popularizada en documentales de la BBC y de *National Geographic*, como el titulado “La bola de fuego de Tutankhamon”.

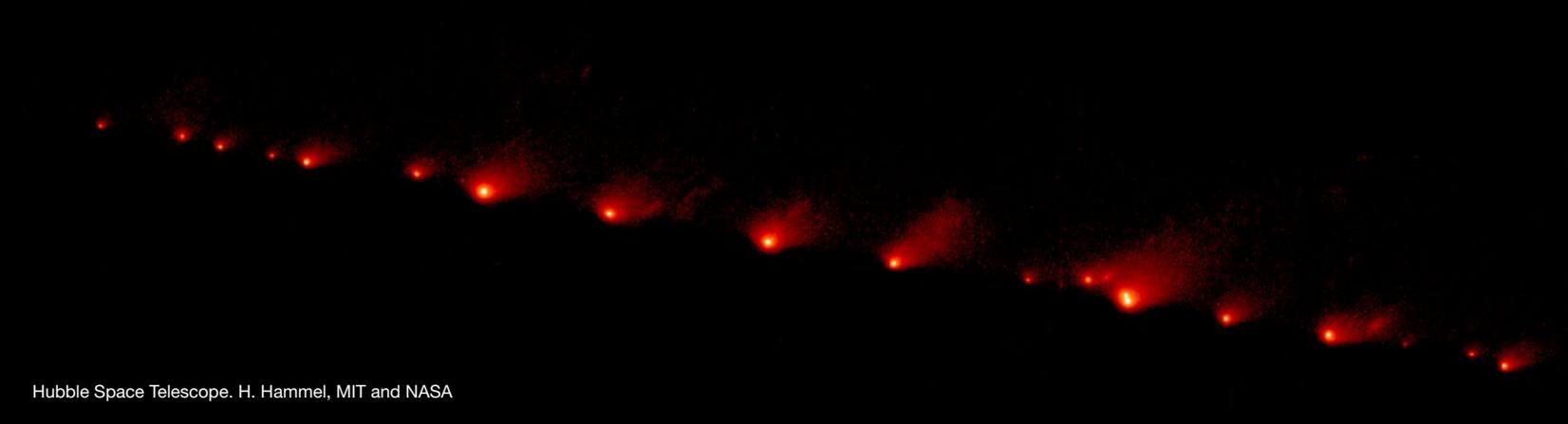
El asteroide de los egipcios debió de ser mayor que el que devastó un bosque de Tunguska, en Siberia, el 30 de junio de 1908. A pesar de los enormes daños que este último provocó, fue un asteroide mucho más pequeño de lo que se pensaba, como ha demostrado Boslough con simulaciones. Una idea que inquieta a los científicos: los asteroides pequeños también deben ser tenidos muy en cuenta pues pueden provocar, como los de mayor tamaño, destrucciones globales. Y no son fenómenos tan improbables.

Boslough, conocido igualmente por su sentido del humor y por su actitud crítica frente a los que niegan el cambio climático, tiene merecidamente un asteroide con su nombre: el *73520 Boslough* (2003 MB1), descubierto el 22 de junio de 2003 y, de momento, no muy cercano a la Tierra.

VERÓNICA MARTÍN y CARMEN DEL PUERTO



H. Weaver (JHU), T. Smith (STScI), NASA



Hubble Space Telescope. H. Hammel, MIT and NASA

John Ellis

En torno al bosón de Higgs

John Ellis es, a sus 68 años, uno de los físicos que más ha contribuido al diseño del Gran Colisionador de Hadrones (LHC de sus siglas en inglés). Trabaja en el Centro Europeo de Investigaciones Nucleares (CERN) desde 1978 y fue uno de los invitados al festival Starmus en Tenerife. Allí dejó claro que aún hay muchos misterios que resolver en torno a la partícula llamada “bosón de Higgs” y avanzó que trabaja en el diseño del próximo colisionador, que superará al instalado actualmente en Suiza.

El LHC tiene 27 m de diámetro y ahora se trabaja en un diseño de 100 m de diámetro, con la idea de que se ponga en marcha en unos treinta años aproximadamente. En una entrevista concedida al periódico ABC explicó que, en estos momentos, “estamos seguros de que toda la materia oscura está hecha de un solo tipo de partícula, pero esta partícula sería solo como la punta del iceberg de toda una familia de nuevas partículas”. Y añadió: “La materia ordinaria solo supone cerca de un 4% del total de la masa del Universo. Otro 23% es materia oscura y el resto es energía oscura. El Modelo Estándar solo explica la materia ordinaria, por eso hay que ir más allá de ese modelo, porque nos falta aún un 96% por explicar”.

Ellis también visitó el Observatorio del Teide, interesado en conocer sus instalaciones, especialmente el *Experimento QUIJOTE*.

VERÓNICA MARTÍN



Richard Dawkins

No estamos solos en el Universo

La vida está por todos lados en la Tierra, pero aún no se ha encontrado fuera de ella. Lo que sí sabemos es que muchas, quizá la mayoría de las estrellas del Universo, tienen planetas, así que podría haber 10 elevado a 22 planetas en el Universo. Muchos. Aunque sólo uno de cada mil millones de planetas tuviera vida, aún queda un número enorme de planetas... Los que piensan que la vida solo está en la Tierra deberían explicarla como un suceso tan extraño, tan poco frecuente como para que hubiera funcionado solo una vez entre 10 millones de millones de veces.

El biólogo evolucionista británico Richard Dawkins, defensor a ultranza de la teoría de la evolución de Darwin, autor de los libros *El gen egoísta*, *El genotipo extendido* y *El espejismo de Dios*, entre otros, y profesor para la Comprensión Pública de la Ciencia de la Universidad de Oxford en Reino Unido, aseguró en el festival Starmus que “no estamos solos en el Universo” e insistió en que si se descubriera vida extraterrestre, se cambiaría la visión “humanocéntrica del Universo”. No obstante cree que, aunque existe la posibilidad de vida en el Cosmos, puede que esté tan distante que sea imposible que unas poblaciones se encuentren con otras, algo que considera muy frustrante.



¿QUÉ ESPERAMOS DE LA VIDA EXTRATERRESTRE?

Richard Dawkins pasó revista a la preguntas fundamentales sobre la vida: ¿Tiene que estar basada en el Carbono? Quizá sí, es un asunto que tienen que desvelar los químicos. ¿Basada en los 20 aminoácidos de la vida terrestre? Probablemente no. ¿Y en proteínas? No sabemos. ¿Tiene que estar regida por la evolución darwiniana? Sí. No hay otra teoría, el lamarckismo no sirve, ni aquí ni allá. De algún modo debe tener genes, no necesariamente de ADN, podría ser de ARN ¿Y el código genético? Casi con total seguridad, no sería como el nuestro, el actual de la vida terrestre es un “accidente congelado”. En todo caso, el código genético extraterrestre sería digital (no analógico) y uni o bidimensional.

Este biólogo también dijo que es esperable que la vida esté sobre un planeta o similar ya que necesita energía. Asimismo, señaló que si ahora nos centramos en posibles contactos con seres extraterrestres, debemos pensar en comunicación por radio y, en ese caso, podría esperarse que tuvieran lenguaje suficientemente elaborado, seguramente estructurado jerárquicamente como el nuestro, e inteligencia para desarrollar la tecnología necesaria.

ANTONIO MAMPASO

Katerina Harvati

Tenemos ADN neandertal en nuestros cuerpos

La extinción de los *Neandertales* se debió probablemente a una suma de causas, como cambios climáticos en el entorno y competencia desventajosa con los *Homo sapiens*. Así lo manifestó la antropóloga Katerina Harvati, investigadora del Centro Senckenberg de Evolución Humana y Paleoambiente de la Universidad de Tübingen (Alemania), invitada de honor en el festival Starmus. Pocas personas saben más que ella de estos parientes extintos del Pleistoceno, una especie del género *Homo* que evolucionó en Europa y se extinguió hace unos 30.000 años al llegar los *Homo sapiens* de África. Según Harvati, hubo cierta hibridación entre ambas especies, quizá un 2,5% del genoma actual euroasiático sea neandertal. Fisiológicamente, los *Neandertales* eran muy diferentes a nosotros, fácilmente distinguibles. Su cerebro era mayor que el nuestro y eran más corpulentos y fuertes. Tenían herramientas, menos desarrolladas que los *Sapiens*, y lenguaje, aunque quizá también menos elaborado. Cuidaban a sus enfermos y enterraban a sus muertos. En cuanto a su arte, la evidencia es escasa y, en todo caso, no comparable al expresado por los *Sapiens* (pinturas, estatuas...). De todo ello habló Katerina Harvati, a quien entrevistamos durante su visita al Observatorio del Teide, a pie de uno de los telescopios del Experimento QUIJOTE para el estudio de la radiación del fondo cósmico de microondas.



¿Es posible que tengamos sangre neandertal en nuestras venas? ¿Hubo hibridación entre los *Neandertales* y los *Homo sapiens*?

Parece que sí tenemos sangre neandertal, es decir, sí tenemos ADN neandertal en nuestros cuerpos. Todos los euroasiáticos tenemos una muy pequeña parte de nuestro ADN que realmente viene de un ancestro neandertal. Eso significa que hubo una cierta hibridación, aunque muy limitada y nada frecuente, entre los *Neandertales* y nuestros propios ancestros. Y lo más divertido sobre esto es que parece que no ocurrió en Europa, donde siempre se pensó que había sucedido, sino que se produjo muy al principio de la expansión de los humanos modernos fuera de África. Así que quizás ocurriera en un lugar del próximo Oriente, ya que es una característica que tienen todas las personas que viven fuera de África hoy en día.

¿Por qué tenemos tan mal concepto de los *Neandertales*?

Creo que eso es un malentendido típico que además tiene que ver con el hecho de que queremos tener un buen concepto de nosotros mismos. Nosotros nos consideramos seres inteligentes, pero, en cuanto a los *Neandertales*, no queda ninguno en la actualidad, así que debían ser estúpidos o incivilizados. Esta es la imagen popular sobre los *Neandertales*. Creo que es realmente injusto. Esta fue una especie que vivió en Eurasia durante cientos de miles de años, se extendió muy ampliamente y, probablemente, sobrevivió durante un tiempo más largo que el que nuestra propia especie ha

estado aquí. Sí, ellos no están ya aquí, pero eso no tiene que ver necesariamente con ningún tipo de estupidez o brutalidad en ellos. Pienso que hubo otros factores que desempeñaron un papel, tal vez el cambio climático tuvo algo que ver en eso, pero seguro que la competición con los *Homo Sapiens* también fue un factor importante. No estoy hablando de competición en el sentido de enfrentamientos o violencia, sino competición por los recursos o demográfica, debido a que los humanos modernos podían tener y sustentar poblaciones mayores y más densas.

La capacidad de los humanos modernos de vivir más tiempo y tener más hijos ¿podría ser la causa de que sobreviviéramos a los Neandertales? ¿Podría esto mismo llevarnos a nuestra propia extinción en el futuro?

Está muy claro que hemos pasado, sólo en unos pocos cientos de años, con los números de ayer mismo, de 1.000 millones a 7.000 millones, y eso es una inmensa explosión de población. Estamos en todas partes sobre La Tierra, hemos habitado todas y cada una de las regiones, nos hemos adaptado a todos los ambientes que existen en este planeta y somos 7.000 millones de personas... No sé cuánto tiempo podremos seguir haciendo esto. Hay predicciones de que tendremos nuevas explosiones de población en el futuro cercano. Así que espero estar equivocada y que de alguna manera seamos capaces de controlar esto, porque en el futuro puede convertirse en un problema cómo dar de comer a toda esta gente, cómo mantener un estilo de vida que sea a la vez sostenible y proporcione un buen nivel de vida. Podríamos encontrarnos con problemas mayores y, si no somos capaces de solventarlos, esto podría llevar finalmente a la incapacidad de nuestra especie para continuar.

¿Cree que la Ciencia está mal vista por la sociedad?

Quizá algunas personas pueden tener un poco de miedo a la Ciencia porque creen que es muy difícil, en especial los niños, que tal vez no la han experimentado lo suficiente, o piensan que no la entienden y eso hace que no vayan hacia la Ciencia. Puede que esto tenga algo que ver también con el rol de los profesores, quizá la Ciencia se enseña de una manera tal que los niños no ven que implica mucha diversión. Pienso que si la gente entendiera cuán divertida puede ser la Ciencia, estaría mucho más interesada en ella.

La investigación y la innovación llevan al progreso, mientras que otras, como la guerra, que paran el progreso, reciben una parte importante del presupuesto de los Estados. ¿Qué opina sobre esto?

Es muy difícil cambiar este tipo de cosas. Espero que pronto o en algún momento en el futuro, especialmente en el sentido de que las naciones trabajen juntas y se ayuden unas a otras en lugar de ser enemigas, seremos capaces de tener más cooperación en ciencia y también más presupuesto para investigación. Por supuesto que se necesita más apoyo para la ciencia si queremos que haya progreso, pero pienso que una de las cosas más asombrosas de la ciencia es que es muy internacional y que promociona la colaboración internacional. Así que la ciencia permite construir puentes.

NAYRA RODRÍGUEZ y CARMEN DEL PUERTO



Brian May

El músico de las estrellas que viaja en 3D

La música de Starmus la pone Brian May. El ex guitarrista del mítico grupo *Queen* es una de las personas clave para que este encuentro científico y lúdico haya cumplido dos ediciones en Canarias. May participó en este festival con su concierto y, también, con su conferencia sobre el uso de las técnicas 3D aplicadas a la Astronomía en el centro Magma Arte y Congresos de Tenerife. Además de eso, fue el apoyo incondicional del fundador del proyecto, Garik Israelian, tanto para construir el programa científico como para organizar la parte artística.

Brian May es Comendador de la Orden del Imperio Británico. Un hombre con una gran curiosidad e implicación en distintos proyectos tanto científicos como artísticos o sociales. Como ejemplo de esto último, es un conocido defensor de los derechos de los animales.

Aunque mundialmente famoso por su actividad artística, no mucha gente sabe que tiene un doctorado en Astrofísica por el Imperial College y que entre 2008 y 2013 fue rector de la Universidad John Moores



de Liverpool. Brian May estudió la luz zodiacal en el Observatorio del Teide, en Tenerife, durante los años 1971 y 1972. En esta isla ideó su tesis doctoral al tiempo que se ilusionaba con la música, lo que lo convirtió en una estrella del rock junto a su gran amigo y líder de la banda *Queen*, Freddie Mercury.

Además, como hombre inquieto que es, en los últimos años Brian May ha dedicado su tiempo al avance del uso de la tecnología 3D en Astrofísica, incluso ha patentado un instrumento casero para ello. En Starmus presentó precisamente una conferencia titulada “Viendo el espacio en 3D”, a la que asistieron 1.200 personas. En ella, el público debía utilizar unas gafas especiales para poder ver las imágenes tratadas por May en tres dimensiones.

Su relación y admiración por el fallecido Freddie Mercury se vieron reflejadas en esta charla, con una peculiar “presencia” del cantante. May insistió en que esta técnica resulta muy efectiva a la hora de estudiar un universo que se nos puede presentar como inmóvil, pero que no lo es, y explicó cómo usar, por ejemplo, el paso de cometas como método para medir las distancias interestelares. Haciendo gala de su sentido del humor, dijo que su charla tenía una justificación -explicar la estereoscopia como herramienta para el estudio del Universo-, aunque, en realidad, se trataba de una excusa para “mostrar imágenes bonitas en tres dimensiones” y hacer creer al público que las nebulosas en color casi se podían tocar con las manos.

De cualquier forma, usó la belleza de las imágenes para explicar que la visión estereoscópica es un recurso que ha usado el cerebro humano para poder calcular distancias. El astrofísico repasó la evolución de estas técnicas y recordó que Tenerife había acogido en el pasado varias pruebas en este sentido utilizando fotografías del Teide, como hicieron el astrónomo Piazzi Smyth y su mujer durante su estancia en Tenerife en el siglo XIX (ver imagen de la izquierda).

La propia relación de Brian May con Tenerife es larga, pues en esta isla no solo escribió una parte importante de su tesis doctoral, sino también algunas canciones que luego se harían famosas con el grupo *Queen*. Desde el primer momento creyó en las posibilidades de Canarias como destino científico y, también, como el lugar ideal para materializar un encuentro como Starmus, reivindicando que la ciencia y el arte pueden ser perfectamente compatibles. Él es un claro ejemplo de cómo se puede destacar en ambas disciplinas.

VERÓNICA MARTÍN



David Eicher

¿El Universo se preocupa realmente por sí mismo?



David Eicher, editor de *Astronomy Magazine*, empezó su charla en el festival Starmus haciendo un breve recorrido astronómico por el Universo. Después arremetió contra los medios de comunicación actuales, especialmente los canales televisivos especializados, a los que acusó de misticismo y fantasía y de poco contenido científico. Denunció la cobertura de ovnis, alienígenas y zombis. Incluso se mostró crítico con la nueva serie *Cosmos*, que pese a la excelente presentación, peca a su juicio de conceder demasiado peso a la Historia y otras ramas de la Ciencia, así como de contener mucha especulación y poca cobertura de los avances científicos. Eicher es el editor ejecutivo del libro de Starmus presentado en este Festival, con las ponencias de la primera edición en 2011 y una posible sorpresa: uno de cada seis ejemplares tiene la huella de Stephen Hawking.

STARMUS, 50 YEARS OF MAN IN SPACE

STARMUS, 50 Years of Man in Space (STARMUS, 50 años del hombre en el espacio) es un libro dedicado a dos grandes pioneros de la era espacial –Neil Armstrong (1930-2012) y Yuri Gagarin (1934-1968)–, presentado con motivo de la segunda edición del festival Starmus en Canarias y con prólogo del físico teórico Stephen Hawking.

Nunca antes se había conseguido agrupar una serie tan ambiciosa de charlas, artículos y recuerdos con el fin de celebrar la exploración humana del espacio. Es el resultado de la exclusiva reunión Starmus de 2011 en

Tenerife, donde legendarios pioneros de la era espacial, rusos y estadounidenses, se congregaron por primera vez para compartir los momentos que electrizaron a la raza humana.

Neil Armstrong, Buzz Aldrin, Bill Anders, Yuri Baturin, Charlie Duke, Victor Gorbalko, Alexei Leonov, Jim Lovell, Claude Nicollier y Sergei Zhukov cuentan sus historias personales acerca del primer paseo espacial, el aterrizaje en la Luna, la recuperación heroica del *Apolo 13*, la reparación del telescopio espacial *Hubble* y mucho más.

Nuestro descubrimiento del Universo, nuestro lugar en él y el sentido de la vida en la Tierra también forjaron momentos dramáticos en Starmus, a través de las presentaciones de algunos de los más importantes científicos y pensadores del mundo: Rich Goldman, Brian May, Jack Szostak, Richard Dawkins, Jill Tarter, Joseph Silk, George Smoot, Michael Mayor, Robert Williams, Adam Burrows, Garik Israelian, Kip Thorne, Sami Solanki y Leslie Sage.

Este volumen fue concebido originalmente para conmemorar los 50 años desde el primer vuelo espacial de Yuri Gagarin. Ahora, además, está dedicado a uno de nuestros más grandes héroes de la historia humana, Neil Armstrong, tristemente fallecido en 2012.

STARMUS, 50 Years of Man in Space celebra el momento humano tan trascendental que hemos vivido -los primeros pasos hacia el espacio exterior, la

explosión del conocimiento sobre nuestro cosmos y hasta dónde nos puede llevar todo esto. Sin duda, uno de los libros fundamentales de nuestra era.

Let us hope that our grandchildren at our age can look back and say, "The 20th century was a century of advancement and improvement in technology, and the 21st century was a century of advancement and improvement in human character."

(Esperemos que nuestros nietos a nuestra edad puedan mirar hacia atrás y decir: "El siglo XX fue un siglo de progreso y mejora de la tecnología, y el siglo XXI, un siglo de progreso y mejora en el carácter humano.")

Cita de Neil Armstrong extraída de la contraportada de *STARMUS, 50 Years of Man in Space*.

FICHA BIBLIOGRÁFICA:

STARMUS 50 Years of Man in Space
(en inglés, de momento)

Autores: Neil Armstrong, Buzz Aldrin, Alexei Leonov, Bill Anders, Jim Lovell, Victor Gorbato, Charlie Duke, Jack Szostak, Richard Dawkins, Jill Tarter, George Smoot, Michael Mayor, Leslie Sage, Robert Williams, Claude Nicollier, Kip Thorne, Sami Solanki, Yuri Baturin, Sergei Zhukov, Adam Burrows, Joe Silk, Rich Goldman, Garik Israelian y Brian May.

Editores: Garik Israelian y Brian May.

Editor ejecutivo: David J. Eicher.

Publicado por STARMUS.

Exeter, UK. Short Run Press, 1914.

224 págs.





Mesa redonda GTC

108 minutos de reflexiones bajo el Gran Telescopio CANARIAS

Fueron 108 minutos que marcaron historia en el Gran Telescopio CANARIAS (GTC) del Observatorio del Roque de los Muchachos, en la isla de La Palma, como el tiempo que duró el paseo espacial de Yuri Gagarin en 1961. El mayor telescopio óptico e infrarrojo del mundo está acostumbrado a apuntar lejos, muy lejos y, habitualmente, cuando se va el Sol. Gracias al festival Starmus, el instrumento científico volvió a apuntar lejos (esta vez no literalmente) reuniendo en una mesa a Garik Israelian, fundador del Festival, y Rafael Rebolo, director del Instituto de Astrofísica de Canarias (IAC), como anfitriones. El resto: una mesa de altura, tanto física, al encontrarse en uno de los observatorios más altos del mundo, como intelectual, al reunir al siguiente elenco: Robert Wilson (astrofísico, premio nobel); John Matter (astrofísico, premio nobel); Harold Kroto (químico, premio nobel) y Walt Cunningham (astronauta del *Apolo 7*). A ellos se unieron, desde la sede del festival en Tenerife y por videoconferencia, Katerina Harvati (antropóloga) y Stephen Hawking (físico teórico). Robert Williams, astrónomo del Instituto Científico del

Telescopio Espacial Hubble y expresidente de la Unión Astronómica Internacional (IAU) moderó el encuentro.

Rafael Rebolo recordó que los dos observatorios del IAC en Canarias (tanto el del Roque de los Muchachos en La Palma como el del Teide en Tenerife) son una buena muestra de cooperación entre países para alcanzar un mayor conocimiento del Cosmos. De esta forma invitaba a los participantes a conocer más y mejor las ventajas del Archipiélago para realizar sus trabajos científicos.

Pero... ¿de qué hablaron estos investigadores de primer nivel? Pues debatieron de las grandes cuestiones que inquietan a todos, como las probabilidades de existencia de vida inteligente y cómo detectarla, interrogante que abrió un turno de intervenciones en el que Dios y la Creación no estuvieron ausentes.

La mesa comenzó con dos preguntas: ¿Es posible que haya vida extraterrestre? Y... ¿cómo detectarla?

John Mather aseguró que «de dónde venimos y si estamos solos en el Universo son las dos grandes preguntas que me motivan para investigar». Sobre la posibilidad de que exista vida extraterrestre, Rafael Rebolo aportó que puede haber “mil millones de planetas en la zona habitable en nuestra galaxia”, a lo que Garik Israelian añadió que estamos “muy cerca de detectar biomarcadores en exoplanetas”, aunque “vida inteligente ya es un paso más allá...” .

No todos los participantes en la mesa estaban conformes con la posibilidad de que haya vida en nuestra galaxia. Por ejemplo, Robert Wilson afirmó

que es una opción que no descartaría, mientras que Harold Kroto negó esta posibilidad.

Hawking incorporó una nueva visión: «Puede que no haya vida inteligente en nuestra galaxia porque se autodestruyera al llegar a un estado de evolución avanzada» y descartó absolutamente las visitas de seres extraterrestres al decir: «La prueba de que no hemos sido visitados en cuatro mil millones de años es que el Instituto SETI lleva intentando encontrar alguna prueba y no ha encontrado más que señales de televisión». En este sentido, comentó que «la gente dice que se les aparecen, pero no se nos aparecen a los científicos...».

Por su parte, Katerina Harvati propuso explorar Marte y señaló que «el problema de identificar vida extraterrestre es que ésta puede ser muy diferente a la que conocemos». Para Harold Kroto: «descubrir bacterias dentro de meteoritos sería un gran hallazgo» y Mather apuntó que la búsqueda podría centrarse en estos cuerpos.

En el debate también se introdujo la Creación como elemento de discusión y, en este sentido, Stephen Hawking fue muy claro al afirmar que «la ciencia es más convincente para explicar el origen del Universo que la religión», a lo que añadió: «Hago la siguiente predicción: podremos llegar a conocer todas las cosas que se consideraban en el dominio de Dios» y «no podemos probar que hubo un creador, solo podemos buscar una explicación a través de la ciencia».

Los científicos también hablaron de la importancia de la divulgación en su campo y todos coincidieron en que es una parte fundamental de la Ciencia. John Mather puso como ejemplo positivo el Proyecto Galileoscope, que lleva pequeños telescopios a escuelas para que los niños se acerquen a la Astronomía. En este sentido, Harvati aclaró que aunque la mayor parte del dinero que reciben los

científicos va a investigación, también «se consiguen fondos para proyectos educativos, exposiciones, visitas...».

Ante la pregunta de cómo pueden los científicos ayudar a los gobiernos a tomar decisiones importantes, Rafael Rebolo explicó que en la actualidad hay muchas pruebas y excelentes científicos para este fin. Todos coincidieron en que hay que ser precavidos y cautos con, por ejemplo, asuntos como el cambio climático, donde «en algunos casos no hay pruebas irrefutables», tal y como aseguró el astrofísico Garik Israelian, quien se mostró preocupado por que el público «no entienda gráficos y datos que se muestran en televisión», lo que puede resultar «peligroso».

Kroto aseguró que el asunto del cambio climático es «complicado» y que «necesitamos saber transmitirlo al público». En ese mismo aspecto, Wilson indicó que «los expertos deben hacer declaraciones públicas, pero que necesitamos buenos estudios para hacer declaraciones definitivas».

Otro asunto que se planteó en la mesa redonda del GTC en La Palma fue la pregunta sobre cuáles eran las nuevas fronteras del conocimiento en el horizonte de los respectivos campos de investigación de los participantes, formulada por Robert Williams. El director del IAC, Rafael Rebolo, aseguró que «hay desafíos nuevos, proyectos en construcción que cambiarán nuestra perspectiva del Universo». También, recordó que «en Astronomía, algunos horizontes pueden alcanzarse con telescopios como el radiotelescopio SKA» y que «la pregunta que la biología, la química y la física deben responder es cómo pasar de moléculas complejas de carbono a la vida».

Una mesa de debate que quedó pequeña para responder o plantear mayores dudas y que bajo la cúpula del Gran Telescopio CANARIAS hizo su particular contribución a la historia.

El festival Starmus revivió el éxito alcanzado con el mismo formato -“108 Minutos”- en 2011. Ya en la primera edición, un panel estelar de invitados debatió diferentes aspectos del Universo bajo la moderación del editor de la revista científica *Nature*, Leslie Sage. En ese momento se trataron cuestiones como la curiosidad ancestral del ser humano por el estudio del Universo, la necesidad de viajar al espacio, las ventajas de las misiones tripuladas frente a las robóticas y las posibilidades de hallar vida inteligente en planetas extrasolares. Entre los participantes figuraron los tripulantes del *Apolo 11* -Neil Armstrong y Buzz Aldrin- y varios premios nobel de Ciencia, además de Francisco Sánchez, director fundador del IAC. Otros, como el cosmonauta Alexei Leonov, el biólogo Richard Dawkins y el músico y astrofísico Brian May, han vuelto al festival Starmus tres años después.

VERÓNICA MARTÍN y GARA MORA



