

# Historias del cosmos

Santiago Vargas Domínguez

Facultad de Ciencias  
Sede Bogotá

Apoya:



Organiza:



UNIVERSIDAD  
**NACIONAL**  
DE COLOMBIA



# **Historias del cosmos**

Santiago Vargas Domínguez

### Catalogación en la publicación Universidad Nacional de Colombia

Vargas Domínguez, Santiago, 1977-  
Historias del cosmos / Santiago Vargas Domínguez. -- Primera edición. --  
Bogotá : Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias. Observatorio  
Astronómico, 2022.  
170, páginas : ilustraciones

Incluye referencias bibliográficas e índice onomástico  
ISBN 978-958-794-908-7 (impreso). -- ISBN 978-958-794-909-4 (e-book)

1. Astronomía -- Historia 2. Cosmología -- Historia 3. Espacio exterior --  
Historia 4. Guerra espacial -- Historia 5. Planetas -- Historia I. Título

CDD-23 520.9 / 2022

- © Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá  
Facultad de Ciencias  
Observatorio Astronómico Nacional  
© Santiago Vargas Domínguez

Este libro compila 127 historias publicadas previamente  
en la columna “Historias del cosmos” que el autor redacta  
semanalmente desde julio de 2014 para el diario *El Tiempo*  
en Colombia. @astrosvd

Primera edición, 2022

ISBN impreso: 978-958-794-908-7

ISBN digital: 978-958-794-909-4

#### *Edición*

Daniela Guerrero Acosta  
Coordinación de Publicaciones - Facultad de Ciencias  
coopub\_fcbog@unal.edu.co

#### *Corrección de estilo*

Juliana Monroy

#### *Diseño y diagramación*

Leonardo Fernández Suárez

Salvo cuando se especifica lo contrario, las figuras y tablas  
son propiedad de los autores.



Atribución – No comercial – Sin Derivar  
(CC BY-NC-ND 4.0)

Impreso y hecho en Bogotá, D. C., Colombia

# Historias del cosmos

Santiago Vargas Domínguez

Apoya:



Organiza:



Bogotá, D. C., Colombia, 2022

# CONTENIDO

**10**  
**PRÓLOGO**

**12**  
**PRESENTACIÓN**

## **15** **VIDAS ASTRONÓMICAS**

- 17 • Una mente para el cosmos
- 18 • Los tres humanos que murieron en el espacio
- 19 • Tributo a las mujeres astrónomas
- 20 • El cazador de cometas que catalogó objetos espectaculares
- 21 • El jefe de gobierno que midió la Tierra
- 22 • El hombre que inventó el telescopio callejero
- 23 • Chandra y el destino de las estrellas
- 24 • Hubble, Andrómeda y la astronomía extragaláctica
- 25 • El mejor observador del cielo a ojo desnudo
- 26 • La primera mujer científica
- 27 • La invitación para ver como gira la Tierra
- 28 • El peruano que se convirtió en el padre de la astronáutica
- 29 • La descubridora de un cometa que luchó por los derechos de la mujer
- 30 • Los papas de la ciencia
- 31 • La aventura astronómica de Colón
- 32 • Cazadores de las señales del universo
- 33 • Una brevísima historia sobre Hawking
- 34 • Huellas para descifrar el universo
- 35 • *Cosmic rhapsody*
- 36 • Las 13 mujeres a las que el sexismo les impidió llegar al espacio

# 39

## FENÓMENOS EN EL CIELO Y EN LA TIERRA

- 41 • Los temibles rayos
- 42 • Los fuegos artificiales del firmamento
- 43 • El resplandor del polvo interplanetario
- 44 • Las estrellas también son guía para los animales
- 45 • Cazadores de supernovas a la espera de una explosión espacial
- 46 • Meteoritos y otras amenazas extraterrestres
- 47 • Tras las huellas del cosmos escritas en los árboles
- 48 • El secreto de las mareas
- 49 • El leve tambaleo de la Tierra
- 50 • El universo visto a través de sus propias lentes
- 51 • La ilusión lunar
- 52 • La enigmática energía que infla al universo
- 53 • El lado oscuro de la materia
- 54 • El misterio del arco iris
- 55 • Los cinturones de la Tierra
- 56 • Vida estratosférica
- 57 • Viviendo bajo presión
- 58 • La Tierra, un lugar muy especial
- 59 • La Tierra gira y gira
- 60 • Destellos en el cielo

# 63

## PREGUNTAS SOBRE EL COSMOS

- 65 • ¿Por qué la noche es oscura?
- 66 • ¿A qué huele el espacio?
- 67 • ¿Se pueden crear estrellas artificiales?
- 68 • ¿Pueden los rayos cósmicos llegar a mi celular?
- 69 • ¿Qué fue la estrella de Belén?
- 71 • ¿Puede un velero navegar en el espacio?
- 72 • ¿Frio o caliente? ¿Qué temperatura tiene el universo ?
- 73 • ¿Por qué en el espacio nadie te escucha?
- 74 • ¿Por qué titilan las estrellas?
- 75 • ¿Qué influencia tiene la Luna sobre nosotros?
- 76 • ¿Qué sabemos sobre el Cinturón de Orión?
- 77 • ¿Cómo empezamos a saber el tamaño del universo?
- 78 • ¿Cuál fue el primer animal enviado al espacio?
- 79 • ¿Por qué cambia la fecha de la Semana Santa todos los años?
- 81 • ¿Se puede ver la Luna de diferentes colores?
- 82 • ¿De dónde provienen los nombres de los doce meses del año ?
- 83 • ¿Cuál es el día más largo del año?
- 84 • ¿Qué podría escapar de un agujero negro?
- 85 • ¿Estamos solos en el universo?
- 86 • ¿Pueden existir planetas que no giren alrededor de una estrella?

# 87

## MÁS ALLÁ DE NUESTRO PLANETA

- 89 • El Sol a corazón abierto
- 90 • La guerra de las galaxias
- 91 • Titán, la luna que parece un planeta
- 92 • Los faros cósmicos
- 93 • Los misterios de Saturno, el señor de los anillos
- 94 • La mayor tormenta conocida
- 95 • El inicio de la obsesión marciana
- 96 • Tras el misterio de la vida en la Tierra
- 97 • Mercurio a la vista
- 98 • Temblores en el Sol
- 99 • Los misterios que guarda el centro de la Vía Láctea
- 100 • Planetas ficticios
- 101 • Agujeros de gusano
- 102 • Encélado, un mundo helado y sorprendente
- 103 • Estrellas de neutrones, cadáveres exquisitos
- 104 • Lucy, el diamante más grande del universo
- 105 • Omuamua, un extraño visitante espacial
- 106 • La manía de los científicos por las arrugas del universo
- 107 • Más allá del borde del abismo
- 109 • El universo violento

# 111

## EXPLORANDO EL ESPACIO

- 113 • La vida a 400 kilómetros de altura
- 114 • El traje del millón de dólares
- 115 • Los taxis espaciales
- 116 • Una carrera espacial llena de hitos
- 117 • Caminatas espaciales, un paseo a otro mundo
- 118 • Viaje a las estrellas
- 119 • ¿Hay alguien en casa?
- 120 • El triunfo de la energía solar en la conquista del espacio
- 121 • El astronauta caído
- 122 • El cementerio de naves espaciales
- 123 • El accidente que cambió el rumbo de la exploración espacial
- 124 • Supercomputadoras en el espacio
- 125 • Astrobotánica, el futuro de la alimentación en el espacio
- 126 • Viento solar para impulsar nuestras naves
- 127 • La gata cósmica
- 128 • El paracaídas que abrió Croacia
- 129 • La inteligencia artificial a la conquista del universo
- 130 • Las bacterias mutantes del espacio
- 131 • La fiebre del oro espacial
- 132 • Origami espacial

# 135

## CIENCIA A NUESTRO ALREDEDOR

- 137 • Tecnología que nos conecta y nos hace vulnerables
- 138 • Fotografía, el arte de pintar con la luz
- 139 • Los seres humanos nacieron para explorar
- 140 • La fantasía apocalíptica de los tres días de oscuridad
  - 141 • Los astros del cine
  - 142 • *Big data* para entender el universo
  - 143 • Perdiendo la noche y las estrellas
  - 145 • El espacio en el ciberespacio
  - 146 • Medir el tiempo antes del reloj mecánico
- 147 • Los observatorios, templos para estudiar el cosmos
  - 148 • Halloween y su relación con el cielo
  - 149 • La vida sin cables
  - 150 • La historia del año bisiesto
- 151 • Descubrimientos astronómicos a nuestro alcance
  - 152 • La ciencia nos toca a todos
- 153 • Espejos, de simples vasijas de agua a reflectores del universo
  - 154 • En búsqueda de los vestigios astronómicos de nuestros antepasados
  - 155 • El día del asteroide
- 156 • Avances de la ciencia en los Juegos Olímpicos
  - 157 • La ciencia en los conflictos
  - 158 • Hollywood va al planetario
- 159 • La ciencia detrás de la pantalla chica
- 160 • El maniquí de madera que marcó el comienzo de la revolución informática
- 161 • El universo plasmado en banderas
- 162 • Los telescopios del papa
- 163 • Ciencia básica versus ciencia aplicada
- 164 • La caneca de basura que divide la Tierra en dos mitades
  - 165 • Índice onomástico
  - 168 • Bibliografía

# 165

## ÍNDICE ONOMÁSTICO

# 168

## BIBLIOGRAFÍA

# PRÓLOGO

Nicolás Bustamante Hernández  
*Periodista de ciencia*  
*Marzo de 2020*

Los científicos son personas ocupadas. Su tiempo transcurre entre laboratorios, observatorios, congresos, seminarios y salones de clase en los que guían y sirven de ejemplo para los jóvenes aspirantes a investigadores. Y, aunque en muchos casos todo este trabajo puede pasar desapercibido, incluso para las personas más cercanas a ellos, hay ocasiones en las que los científicos deciden hacer un esfuerzo adicional para estirar sus apretadas agendas y compartir su conocimiento con el mundo.

El científico explica, comunica, pero, sobre todo, narra, cuenta y hace comprensible y divertida la ciencia entre los públicos que no están familiarizados con sus disciplinas. A partir de ese momento, el investigador empieza a trascender los resultados –la comprobación, la refutación de las hipótesis– de sus indagaciones para buscar una nueva satisfacción: enamorar a los demás con las maravillas de la ciencia. Ha nacido un divulgador.

Este es, precisamente, el caso de Santiago Vargas, el autor de este libro. Desde 2014, cuando el diario *El Tiempo* empezó a incluir dentro de su circulación una página de ciencia, Vargas ha escrito columnas semanales que acompañan las noticias científicas, dando un aire refrescante a la sección, a partir de la necesaria mirada de un investigador comprometido con la apropiación social del conocimiento. Física, astrofísica, exploración espacial, biografías y perfiles de personajes

fascinantes, y respuestas a toda clase de inquietudes cotidianas han hecho parte de las temáticas de estos textos que ahora son recopilados en esta obra. Relatos que hablan de ciencia, pero también de la humanidad y de su capacidad de invención.

Como periodista de ciencia de *El Tiempo* he tenido el placer de recibir de primera mano las columnas antes de que pasen por las rotativas que dibujan la tinta en el papel de nuestra versión impresa, y antes de publicarlas en la versión web del diario, donde son uno de los contenidos más consultados por nuestros internautas. Para mí, editar “Historias del cosmos” es uno de los momentos más esperados y entretenidos de la semana, pues sé que con ellas siempre me sorprenderé y aprenderé algo nuevo.

Vargas es uno de los columnistas más constantes y comprometidos que han pasado por nuestras páginas, labor que combina con otras innumerables actividades de divulgación. El número de columnas aquí recogidas es una prueba de esa vocación. Ahora, mi invitación para los lectores de este libro es a que acompañen al autor y a los demás divulgadores en este esfuerzo de seguir expandiendo las fronteras de la ciencia. Una buena manera de hacerlo es generando espacios de lectura grupal, en voz alta, en los que la semilla de la ciencia siga encontrando nuevas mentes para crecer.

# Presentación

Enrique Forero  
Presidente de la Academia Colombiana de  
Ciencias Exactas, Físicas y Naturales  
Julio de 2022

La obra *Historias del Cosmos*, del astrofísico Santiago Vargas, profesor del OAN, de la Universidad Nacional de Colombia, era esperada con ansiedad por quienes, de una u otra forma, están interesados en este asunto. Tenerla en las manos y observar su contenido, así como la forma sencilla y entendible en que está escrita, la transforma en una lectura obligada para personas del común. Este compendio de artículos cortos escritos por Santiago evidencian una clara comprensión de la necesidad urgente que tenemos en el país de apropiarnos la ciencia como un elemento de cultura general, con el convencimiento de que su importancia debe convertirse en parte fundamental y necesaria en nuestra vida cotidiana. La información que se adquiere con su lectura busca que los conocimientos de sus lectores se aclaren, y renueven su interés por entender el cosmos en el cual están inmersos.

En “Vidas astronómicas”, con la frase “la ciencia envuelve historias y personajes sorprendentes alrededor de la curiosidad del ser humano por la naturaleza que lo rodea”—además de iniciar la historia de un astrónomo oriundo de Pakistán (*Chandra y el destino de las estrellas*)— el autor ilustra su propósito de recordar a varias personas que, por su interés en el cosmos,

tuvieron experiencias inolvidables. Asimismo, incluye relatos sobre mujeres que, desde hace mucho tiempo, con y sin el permiso de la sociedad, lograron hacer aportes a la astronomía, y sobre hombres que murieron tratando de entender los fenómenos del cosmos. Otro personaje destacado es el peruano Pedro Paulet, quien por su interés en el libro *De la Tierra a la luna*, de Julio Verne, desarrolló una forma de propulsión que hacía posible impulsar un cohete a grandes velocidades. Sus descubrimientos fueron importantes para posteriores avances en cohetes en el hemisferio norte.

La segunda parte del libro, “Fenómenos en el cielo y en la tierra”, el autor la dedica a describir y explicar muchos de los comportamientos que tiene la naturaleza. En esta sección habla de supernovas, rayos, meteoros y polvo interplanetario, y cómo estos afectan nuestro planeta: el clima, las mareas, la presión y sus movimientos (traslación, rotación y nutación). Entre muchas otras cosas supremamente interesantes, llama particularmente la atención el texto titulado *La Tierra, un lugar muy especial*, por la reflexión de que “el mensaje no debería ser un llamado a proteger la Tierra, a salvar el planeta, ya que al fin y al cabo este no va a desaparecer por culpa de los humanos”, sino más bien

“lo importante es asumir cada día la responsabilidad que como forma de vida inteligente tenemos todos los humanos de procurar que las condiciones del planeta no cambien tan drásticamente por nuestras acciones diarias”. Es una alerta por la supervivencia. “La sociedad se ha resistido a cambiar hasta que este cambio se convierta en una necesidad, y esa necesidad ha llegado”.

La tercera sección, “Preguntas sobre el cosmos”, es quizás la más cercana a nosotros. En esta aparecen las preguntas que siempre nos hemos hecho, pero que nunca nos hemos atrevido a formular. En este segmento hay cuestionamientos tan aparentemente elementales como ¿cuál es la temperatura del universo?, hasta otros complejos como ¿por qué en el universo nadie escucha? Pero, también responde algunas interrogantes que no parecen propias de este libro, por ejemplo, ¿por qué todos los años cambia la fecha de la Semana Santa? o ¿de dónde provienen los nombres de los meses del año? Este capítulo de preguntas y respuestas le abre la puerta al cuarto capítulo, “Más allá de nuestro planeta”, en el que se profundizan los temas relacionados con los planetas, el Sol y la Luna, aunque también se habla de los agujeros de gusano, los planetas ficticios, las arrugas del universo y las estrellas de neutrones.

¿Cómo sería la vida en estos ambientes y qué pasaría si un humano fuera a pasar algún tiempo en algún lugar del cosmos? Este es el tema que ocupa el quinto y penúltimo capítulo, “Explorando el espacio”, en el que el autor hace una reseña de los grandes hitos en la historia de la denominada “carrera espacial”. En este capítulo, el autor explica cómo sería esta experiencia no solo en la Luna, sino también en otros lugares del cosmos. ¿Cómo serían nuestros vestidos?, ¿qué vehículos usaríamos?, ¿qué pasaría si nos bajamos de tales vehículo?, ¿nos podríamos perder?, ¿flotaríamos?

Muchos de los temas descritos son aún asuntos de estudio, aunque para algunos lectores jóvenes podrán, posiblemente, convertirse en realidad.

En el último capítulo, “Ciencia a nuestro alrededor”, se evidencian las experiencias por las que la ciencia ha pasado cuando realiza proyectos que tratan de mostrar cómo es el cosmos, así como las experiencias que se han tenido con él. Allí se habla de los avances tecnológicos requeridos para estudiarlo, los grandes descubrimientos al respecto y cómo la ciencia, que parece tan lejana, nos toca a todos, hasta adentrarse en nuestras vidas y actividades. Por eso es muy importante conocerla y comprender que, para entender nuestra vida y nuestro entorno, debemos entender nuestro medio y sus características a través de la ciencia básica y sus relaciones con la ciencia aplicada.

Todas las personas y entidades que han apoyado al autor deben sentirse satisfechas por esta contribución a la divulgación de la ciencia y el conocimiento, ejes fundamentales para tener una sociedad más formada, más culta, más equitativa y más consciente de la necesidad de cuidar el medio en el que se encuentran. Nuestros agradecimientos a la Facultad de Ciencias de Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá, por la valiosa colaboración que hemos construido recientemente.

La Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales se complace en participar en la publicación de esta obra, que al igual que otras de Santiago Vargas, ofrece una visión refrescante de la ciencia, y permite entender asuntos un tanto difíciles sobre el mundo que nos rodea. Una felicitación muy especial para el Dr. Vargas por esta excelente contribución a la cultura científica de los colombianos y, seguramente, de ciudadanos de otros países que comparten con nosotros el idioma español.



# Vidas astronómicas

Saturno  
Venus  
Marte  
Mercurio



*“Durante toda  
mi vida, las  
nuevas visiones  
de la naturaleza  
me hicieron  
regocijarme como  
una niña”.*

Marie Curie

## Una mente para el cosmos

Muchos de los que hoy investigan y profundizan en los misterios del universo son jóvenes científicos que encontraron su inspiración en los años 80 a través de la televisión, en la figura y voz del carismático astrónomo Carl Sagan y su serie *Cosmos*. Su destacada carrera en investigación y divulgación científica hizo de él un referente para miles de niños que, gracias a sus libros y programas, soñaron con dedicar sus vidas a descifrar los misterios del océano cósmico. La voz de Sagan, nacido en 1934, se apagó el 20 de diciembre de 1996, pero su legado está más vivo que nunca. Su contribución para nuestro planeta seguirá multiplicándose con cada humano que se maraville con sus reflexiones sobre nuestro papel en el cosmos y con el deseo de explorarlo.

Sagan estuvo involucrado en algunos de los debates científicos más importantes de finales del siglo XX. En los 50, cuando apenas era un estudiante, ya se hablaba con tres premios Nobel y un futuro ganador de este. Desde joven tuvo interés por los temas relacionados con la idea de vida extraterrestre, interés que se incrementó cuando conoció el trabajo de Harold Clayton Urey y Stanley Miller, quienes experimentaban con la síntesis de aminoácidos (unidades

básicas de las proteínas), recreando ambientes en nuestro planeta, en los que incluían descargas que simulaban las tormentas eléctricas de la Tierra primitiva cuando surgió la vida.

Sagan anhelaba encontrar otros planetas en el sistema solar en donde tal vez pudieran ocurrir estos mismos procesos y en donde el descubrimiento de vida sería posible. Ese interés por la vida en otros lugares del cosmos lo llevó a asistir en 1961 a la primera conferencia sobre búsqueda de vida extraterrestre y a conformar un grupo que estudiaba las formas de comunicación con otras posibles civilizaciones. Las misiones Pioneer y Voyager, que se encuentran ahora saliendo de los confines del sistema solar, llevan, gracias a su esfuerzo, mensajes sobre los humanos y el planeta que habitamos, incluyendo sonidos e imágenes de la Tierra.

Sus aportes a la ciencia incluyen haber profundizado sobre el conocimiento de las atmósferas de Venus y Júpiter. En el caso de Venus, pudo determinar la alta temperatura de su atmósfera, de unos 400 °C, y mostrar el efecto invernadero que tiene lugar en nuestro planeta vecino, alertando sobre las consecuencias que podría tener en la Tierra el calentamiento global.

## Los tres humanos que murieron en el espacio

Para hacer realidad el sueño de volar, tuvimos que encarar inmensas dificultades y afrontar la pérdida, a lo largo de la historia, de un gran número de vidas humanas. Cuando lo conseguimos, gracias al vuelo de los hermanos Wright en 1903, en un avión controlado, quisimos entonces seguir desafiando las leyes que nos mantienen “pegados” a la superficie terrestre y conquistar el espacio. Subir más y más en la atmósfera terrestre no era sencillo. Esa dura batalla contra las leyes de la naturaleza fue librada durante la carrera espacial y sigue siendo un desafío para la especie humana. Escapar del campo de atracción gravitacional del planeta exige viajar a 40.320 km/h, lo cual hasta el momento solo se logra con ingentes cantidades de combustible. En el despegue, un cohete puede consumir unas mil toneladas en apenas dos minutos.

Pese a que se ha ganado mucha experiencia, la cantidad de detalles que componen una misión al espacio trae siempre riesgos asociados. Muestra de ello han sido tragedias inolvidables como las vividas en 1986, con la explosión en vuelo del transbordador Challenger, 73 segundos después de su lanzamiento, y, más recientemente, la del Columbia, el primero de febrero del 2003. Este último transbordador espacial se desintegró en el aire al reingresar a la Tierra después de una misión de dos semanas. Catorce tripulantes –siete en cada misión– fallecieron y se sumaron a una lista de tres decenas de valientes astronautas.



Aunque podría parecer que el camino es desalentador, en realidad, una vez superada la barrera de nuestra atmósfera, hemos podido sobrellevar favorablemente las condiciones en el espacio exterior. Únicamente tres seres humanos han muerto en el espacio, es decir, a distancias por encima de los 100 kilómetros sobre la superficie terrestre. Esto ocurrió en 1971 en circunstancias que se hubieran podido evitar. Los rusos Vladislav Vólkov, Gueorgui Dobrovolski y Viktor Patsayev eran los encargados de la misión que, por primera vez, pondría al hombre a bordo de una estación espacial, la Salyut 1. Fueron designados a última hora como remplazo de la tripulación original, en la que había sospechas de tuberculosis en uno de sus cosmonautas. Después de casi un mes en el que enfrentaron varios inconvenientes, y tras batir el récord de permanencia en el espacio, eran ansiosamente esperados en la Tierra. La ansiedad fue remplazada por el terror cuando, al abrir la cápsula, se encontraron los tres cuerpos sin vida. Una falla técnica generó la descompresión de la cápsula y cobró la vida de los viajeros espaciales. Eran víctimas también de la intensa carrera espacial que había obligado a los soviéticos a asumir riesgos, como prescindir del traje espacial para poder acomodar más tripulantes en las naves. Tres asteroides y tres cráteres de la Luna llevan sus nombres como homenaje.

## Tributo a las mujeres astrónomas

En 2016, Xibelly Eliseth Mosquera, una joven colombiana de 26 años, recibía su grado, siendo la primera mujer graduada en el programa de pregrado en Astronomía de la Universidad de Antioquia, único en el país. Cada día más, las mujeres toman un papel protagónico en el avance de la ciencia y en el conocimiento de la naturaleza del Universo, venciendo obstáculos y desafíos no solo científicos, sino también sociales y culturales. Pese a tener menos oportunidades que los hombres, las mujeres siempre han estado involucradas en destacadas investigaciones científicas y su aporte ha sido invaluable, aunque en muchas ocasiones plagado de decepciones.

Así le sucedió a Jocelyn Bell Burnell, la primera persona en descubrir un púlsar (estrellas muy masivas en rotación que emiten chorros de radiación como si fueran un inmenso faro cósmico), cuando en 1967 realizaba sus estudios de doctorado. Para sorpresa de muchos, Jocelyn no fue galardonada con el Premio Nobel de Física en 1974, sino su director de tesis, Antony Hewish, quien recibió el reconocimiento. Jocelyn le restó importancia al asunto e incluso afirma que le ha ido mejor sin el Nobel. Lo anterior es tan solo una muestra del espinoso camino que las mujeres han tenido que recorrer en la ciencia, a la sombra de los más populares y destacados hombres

del conocimiento. Sin embargo, la tenacidad de las mujeres las ha hecho sobrepasar muchas barreras ideológicas y sociales.

Como no mencionar a Caroline Lucretia Herschel, tal vez la primera astrónoma profesional de la historia, que durante muchos años estuvo eclipsada por su hermano, el famoso astrónomo William Herschel, descubridor del planeta Urano. Caroline nos dejó un importante legado, descubriendo decenas de objetos en el cosmos, incluyendo ocho cometas, y haciendo destacados aportes para catalogar (grupos de) estrellas. Junto con su hermano descubrieron más de 2000 agrupaciones de estrellas, pero casi todo el crédito fue para él. Aún así, esta extraordinaria astrónoma trabajó incansablemente hasta su muerte en 1848, a los 97 años. Dos años antes, le había sido concedida la medalla de Oro de Ciencias de manos del rey Federico Guillermo IV de Prusia.

Las mujeres han tenido un papel destacado en el largo camino que nos ha llevado al conocimiento del universo y hoy, más que nunca, su labor debe reconocerse y afianzarse para procurar que muchas otras como Caroline, Jocelyn y Xibelly sigan apasionándose por la ciencia y haciendo trascendentales aportes científicos, sociales y culturales.

## El cazador de cometas que catalogó objetos espectaculares



La observación minuciosa es, sumada a una gran curiosidad, una valiosa característica de los descubridores y personajes ligados a los avances científicos de la humanidad. Su “buen ojo” le permitió a Charles Messier, un desconocido joven francés, convertirse en uno de los más destacados astrónomos observacionales. Corría el año de 1751, Messier, con apenas 21 años y proveniente de una humilde y numerosa familia de 11 hermanos, comenzaba a cumplir su sueño de dedicar su vida a estudiar el cosmos. Lo hacía como ayudante en un modesto observatorio en París, perteneciente a la Marina Real y montado en una torre del Hotel de Cluny. Allí fue acogido por el astrónomo Joseph-Nicolás Delisle, quien le encomendó, inicialmente, tareas cartográficas.

La capacidad de Messier y sus habilidades para la observación y el dibujo son rápidamente percibidas por Delisle, quien le pidió dibujar el tránsito de Mercurio, que tuvo lugar el 6 de mayo de 1753. Un año más tarde, Messier ya trabajaba para la Marina de Francia en el Observatorio Naval de París, rodeado de buena instrumentación y dedicado a registrar posiciones de astros y a la caza de cometas, principal reto y motivación en su vida. De hecho, la afición de Messier por la astronomía había surgido desde muy temprana edad gracias a estos fascinantes objetos. El evento más inspirador en su niñez sucedió cuando

tenía 13 años y fue testigo del paso del llamado “Gran Cometa”, de 1744. En su afán por descubrir cometas, cayó en múltiples equivocaciones. Para evitar confusiones, comenzó a crear un listado de objetos “molestos”, que les facilitaría la vida a los cazadores de cometas. Estos objetos constituyen el Catálogo de Messier, que tuvo su primera publicación en 1771, con 45 objetos, el último de los cuales correspondía a la agrupación de las Pléyades. El prestigio de Messier comenzó a superar fronteras y fue destacado miembro de las principales academias europeas. Pese a la difícil situación personal que tuvo que afrontar con la muerte de su esposa y de su hijo recién nacido, siguió con su ardua labor sumando objetos a su catálogo. La última edición del catálogo incluye 110 objetos.

A los 71 años hizo su último descubrimiento de un cometa, sumando el sorprendente número de una veintena de descubrimientos cometarios –el primero lo detectó con 28 años–, pero se le reconoce más por haber creado el listado de algunos de los más espectaculares objetos del cielo, como nebulosas, cúmulos de estrellas y galaxias, muchos descubiertos por él mismo. Hoy, los astrónomos aficionados organizan eventos que llaman “Maratón Messier”, en los que el desafío consiste en observar la mayor cantidad de objetos del catálogo elaborado por el francés en una sola noche.



## El jefe de gobierno que midió la Tierra

En una época bastante convulsionada en la historia, después de terminarse la Revolución Francesa, un joven de 23 años, quien se convertiría tiempo después en jefe del gobierno de Francia, era premiado y reconocido como miembro de la prestigiosa Academia Francesa de las Ciencias, ante la mirada atónita del mismísimo emperador Napoleón Bonaparte. Para el muchacho, de nombre François Arago, aquel momento quedaría grabado en su memoria, aún más teniendo en cuenta que escasamente un lustro atrás, cuando se encontraba en la sección de artillería de la Escuela Politécnica de París, se negara a felicitar a Napoleón por su coronación. Justamente el año de proclamación de Napoleón en 1804 fue determinante en la vida de Arago, pues era designado como secretario de la Oficina de Longitudes en el Observatorio de París, lo que significaba el comienzo de una extraordinaria aventura científica. La Oficina se encargaba de la regulación del sistema de tiempos horarios y mediciones terrestres (geodesia). Establecer los límites geográficos de la Tierra era crucial para los intereses científicos y geopolíticos de la época. Arago es llamado a formar parte de un grupo expedicionario para hacer mediciones precisas del meridiano de París, referencia de posicionamiento para la longitud geográfica que rivalizó con el meridiano de Greenwich (finalmente adoptado como referencia mundial en 1884). En 1806 comienza su viaje por los Pirineos, que lo llevaría hasta Mallorca. Significó una odisea llena de tropiezos, pues en España existía el miedo

a una invasión francesa y las mediciones de Arago tenían toda la apariencia de ser parte de un detallado trabajo de espionaje.

Finalmente, España es invadida por las tropas napoleónicas y Arago tiene que sobrellevar aventuras más propias de un héroe de acción; refugiarse en un castillo en Palma de Mallorca de donde logra escapar al cabo de un mes a bordo de un barco pesquero, pero sufre nuevas calamidades, siendo capturado y encarcelado por corsarios, hasta que, después de otros contratiempos, logra arribar sano y salvo a Marsella en 1809. El gran trabajo de Arago traspasa fronteras; algunos de los más destacados científicos de la época, como Alexander von Humboldt, van a conocerlo. Su travesía científica es difícilmente descrita en pocas líneas, pues hace aportes en temas tan diversos como óptica y propiedades ondulatorias de la luz, magnetismo y polarización, y sonido, así como en matemáticas y astronomía. La ciencia y el arte le deben la popularización de la fotografía (daguerrotipo) en el mundo. Su faceta política fue igualmente destacada y lo llevó por un corto tiempo a la jefatura del gobierno francés en 1848. Su apoyo a la educación y las ciencias fue vital para el desarrollo del país, en donde lidera la abolición de la esclavitud en las colonias. Hoy se le recuerda en París con su nombre grabado en la Torre Eiffel y en 135 medallones de bronce que, sobre una línea imaginaria de 9 kilómetros (línea Arago), popularizada en la novela *el Código Da Vinci*, atraviesan la ciudad a lo largo de su apreciado meridiano de París.



## El hombre que inventó el telescopio callejero

luego de milenios de observación del firmamento a ojo desnudo, el uso del telescopio a comienzos del siglo XVII fue toda una revolución que cambió la forma de ver el universo y nuestro lugar en él. En poco tiempo, la astronomía avanzó de la mano de los diseños que usaban lentes (telescopio refractor o galileano) y espejos (telescopio reflector o newtoniano) metidos en un tubo y colocados sobre trípodes o soportes para poder moverlos y apuntar al cielo en las noches despejadas. Cuando ya parecía que todo estaba dicho en el campo de la observación del cielo por telescopio, John Dobson, en la década de 1950, revolucionó el uso de este instrumento y lo popularizó a niveles insospechados.

La idea de Dobson era clara: quería fabricar un telescopio grande y estable, de construcción sencilla, con elementos fáciles de adquirir y de bajo costo, que pudiera transportarse fácilmente y apuntarse rápidamente al cielo para observar objetos astronómicos en cualquier lugar. De esa manera quería llevar la astronomía a las masas, en lo que denominó “astronomía callejera o de acera”, una forma de acercar la ciencia a la sociedad y de fomentar la curiosidad científica en niños, jóvenes y adultos. Su diseño se basa en un telescopio newtoniano, con la incorporación de una montura altazimutal en la

que el soporte puede moverse en dos ejes perpendiculares (horizontal y vertical) de tal forma que la base se mueve sobre el plano horizontal (azimut) y el tubo del telescopio subir o bajar en elevación (altura). El llamado telescopio dobsonian permitió a los aficionados construir telescopios grandes y de fácil manejo. Dobson se inspiró en los cañones que durante siglos habían usado este tipo de soporte en el campo de batalla, un diseño sencillo pero eficiente y de uso simple.

Más allá de la montura, Dobson expone un método de fabricación que reemplaza el aluminio por cartón o madera en el tubo del telescopio, y echa mano de materiales como tapetes, cristales reciclados, fórmica, PVC, entre otros. Este sencillo invento revolucionó el uso del telescopio y lo puso al alcance de todos, al igual que su esfuerzo por usarlo en toda oportunidad que tuviera, en cualquier parque, calle o acera, para que la gente disfrutara del firmamento. Fue cofundador del grupo de astronomía amateur “Astrónomos Acera” en San Francisco, California, que se ha extendido por todo el mundo. Hoy millones de aficionados recuerdan a Dobson, este longevo divulgador de la astronomía, quien murió con 99 años a comienzos del 2014 y quien nos acercó como pocos a las maravillas del Universo.

Visible

## Chandra y el destino de las estrellas

La ciencia envuelve historias y personajes sorprendentes alrededor de la curiosidad del ser humano por la naturaleza que lo rodea. Una de estas historias tiene como protagonista a un joven que revolucionaría nuestro conocimiento del universo y el entendimiento de la vida de las estrellas: Subrahmanyan Chandrasekhar. Nació el 19 de octubre de 1910, en el actual Pakistán, y su apellido, que significa “el que está encima de la Luna”, ya pronosticaba el interés que tuvo siempre por todo lo que hay en el espacio exterior.

Desde temprana edad comenzó su trabajo en áreas de la astronomía y la física, desde la evolución de las estrellas, agujeros negros y teoría cuántica hasta las recientemente detectadas (de forma directa) ondas gravitacionales. De hecho, es uno de los primeros astrofísicos propiamente dichos, juntando magistralmente la teoría física con la astronomía. Chandra, como era conocido, no dudó en rebatir a importantes personalidades de la ciencia, como el ilustre astrónomo sir Arthur Eddington, quien promulgaba que al final de su vida las estrellas quedaban reducidas a objetos del tamaño terrestre, llamados “enanas blancas”.

Poco después de ingresar a la Universidad de Cambridge (Inglaterra), y con escasos 20 años, publicó un artículo en el que concluyó que las estrellas con masas superiores a 1,4 veces la de nuestro Sol experimentan un colapso gravitatorio (implosión) una vez se les agota el combustible interno y no pueden continuar con el proceso de fusión, por el cual se alimentan de energía. Eddington, el astrónomo británico más importante de la época, famoso por comprobar mediante la observación de un eclipse total de Sol la teoría de la relatividad, de Albert Einstein, ridiculizó al joven Chandra, quien finalmente se marchó a Estados Unidos, donde continuó toda su carrera en la Universidad de Chicago.

El tiempo le dio la razón, y hoy se conoce como límite de Chandrasekhar la masa máxima que puede tener una estrella enana blanca. Al superar este límite será inevitable su colapso, y se convertirá en un agujero negro o una estrella de neutrones. Entre 1952 y 1971, Chandra fue editor de *The Astrophysical Journal*, una de las revistas más importantes de investigación en el campo de la astronomía y astrofísica. Chandra ganó el Nobel de Física en 1983.

# Hubble, Andr6meda y la astronomía extragaláctica

Nuestra concepción sobre el universo ha cambiado mucho a lo largo de la historia gracias a fascinantes descubrimientos. Hace menos de un siglo pensábamos que no habían estrellas, planetas o galaxias, fuera de nuestra propia galaxia, la Vía Láctea. Para comienzos del siglo XX, ya se contaba con colosales telescopios, como uno en el Observatorio del Monte Wilson en California, que se enorgullecía de tener un espejo de 2.5 metros de diámetro. Aun así, todos los objetos que se podían ver en el firmamento se colocaban a distancias relativamente cercanas a la Tierra. Un boxeador aficionado, entrenador de baloncesto y que había comenzado a estudiar derecho sería el encargado de darle forma al tamaño del universo. El joven Edwin Hubble abandonó la jurisprudencia para dedicarse a observar el cosmos. En 1917 termina sus estudios de Doctorado en Física en la Universidad de Chicago, y luego de haber participado en la Primera Guerra Mundial, se incorpora al Observatorio del Monte Wilson en 1919, en donde se interesa por estudiar las llamadas nebulosas. La denominación de nebulosas provenía del hecho de que se veían como unas nubes de gas, pero Hubble es capaz de identificar estrellas en gran cantidad de ellas. Así le sucedió con la llamada en ese momento “Gran Nebulosa de Andr6meda”, una región cerca de la constelación de Andr6meda, en la cual Hubble descubre estrellas por montones, incluyendo un tipo de ellas llamadas Cefeidas, que cambian su brillo periódicamente, y que se usan como patrones para

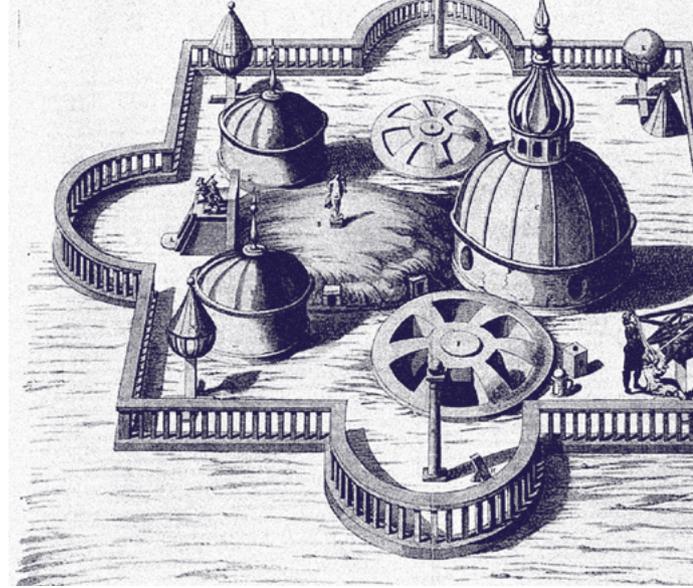
medir distancias en el universo. Nos debemos remontar al año 961 para encontrar el primer registro de su observación, hecha por el astr6nomo persa Abd Al-Rahman Al Sufi. Después vinieron muchas más observaciones de reconocidos astr6nomos, pero en todas ellas, se suponía que se trataba de una región que habitaba nuestra propia galaxia. Gracias a los estudios de Hubble sobre Andr6meda, que publicó el 23 de noviembre de 1924, hoy hablamos de astronomía extragaláctica y sabemos que la mal llamada nebulosa está fuera de la Vía Láctea, constituyéndose en una galaxia en sí misma, incluso un poco más grande que la nuestra pero con varias características comunes, destacándose su bella forma en espiral.

Después de Hubble, hemos podido indagar mucho más sobre nuestra gigante compañera galáctica y el vecindario de galaxias cercano, constituido por cerca de tres decenas de ellas. Sabemos, por ejemplo, que Andr6meda y la Vía Láctea se fusionarán dentro de unos pocos miles de millones de años, en una especie de canibalismo galáctico, formando lo que desde ya se ha denominado como Lact6meda. Desde 1990, el Telescopio Espacial Hubble, que rinde homenaje al astr6nomo, es uno de los que nos ha llevado a profundizar más en el conocimiento de las galaxias que él estudió. Siempre será gratificante, y al mismo tiempo asombroso, pensar que a simple vista podemos observar a Andr6meda, cuya luz ha viajado cerca de dos millones y medio de años para llegar hasta nuestras pupilas e iluminarlas con un débil brillo.

## El mejor observador del cielo a ojo desnudo

Muchos seres humanos han dedicado horas de sus vidas a la observación del firmamento. Aunque pudiera parecer que sin el uso de avanzados instrumentos de observación –como los telescopios– la tarea se limita a la mera contemplación de puntos brillantes, lo cierto es que un buen número de descubrimientos sobre el universo y sus leyes fundamentales se deben a minuciosas observaciones a simple vista. Las leyes de Kepler, que hoy son esenciales para entender el movimiento de los planetas en el sistema solar y tener satélites artificiales girando alrededor de la Tierra, y hasta para enviar misiones espaciales que profundizan en la exploración de otros planetas, son un ejemplo de ello. La forma elíptica de las órbitas de los planetas fue planteada por Johannes Kepler en 1605, con base en los trabajos del más grande observador del firmamento antes de la llegada del telescopio, el danés Tycho Brahe. El joven Kepler había conocido a Brahe cuando este último era ya famoso en Europa por sus destacados descubrimientos y catálogos de observaciones, que eran la envidia de los astrónomos de la época.

Nacido un 14 de diciembre de 1546. A sus 13 años Brahe fue testigo de un eclipse de Sol, gracias a la motivación de un tío que lo adoptó como hijo propio, comenzaría su pasión por ver el firmamento a simple vista. En su juventud alternó estudios de leyes con su afición por las matemáticas y los cuerpos celestes,



para luego tomar la astronomía como profesión. Brahe quería registrar todo lo que veía en la bóveda celeste con una precisión jamás alcanzada anteriormente, y de esta forma mejorar las predicciones astronómicas de su época. Quería tener las mejores tablas de datos de movimientos planetarios, y lo consiguió. Uno de sus templos de observación astronómica fue la isla de Hven, donde construyó dos observatorios, financiados por el rey Federico II de Dinamarca y Noruega. Desde Uraniborg y Stjerneborg, como se denominaron, Brahe continuó su exitosa labor para catalogar posiciones y movimientos de un millar de estrellas. Luego, trasladó el observatorio a Praga, donde conoció a Kepler, quien se convirtió en su asistente. Kepler quedó deslumbrado con sus observaciones y luego de la muerte de Brahe, en 1601, escasamente un par de años después de su encuentro, se dedicó insistentemente a analizar la ingente cantidad de datos para publicar la *Astronomía nueva*, una de sus principales obras, en 1609. Ese mismo año, el telescopio entraría en escena para revolucionar nuestra visión del universo, pero ya jamás olvidaríamos que las leyes del movimiento planetario –y posteriormente la ley de gravitación universal, de Newton, que se basó en estas– tuvieron sus raíces en la paciente observación del cielo a ojo limpio.

## La primera mujer científica



El 8 de marzo se celebra el Día Internacional de la Mujer, una nueva oportunidad para reivindicar el papel fundamental que ellas han jugado en el campo científico, a pesar de que en pleno siglo XXI muchas veces se siguen viendo relegadas. Recordemos, por ejemplo, a la que muchos consideran la primera mujer científica y un estandarte de la capacidad femenina en áreas del conocimiento: Hipatia de Alejandría, filósofa, matemática, astrónoma; un referente invaluable para enaltecer el trabajo de las mujeres científicas. Si hoy sigue siendo difícil para muchas mujeres acceder al saber, cómo sería esto hace 16 siglos, en la época de Hipatia. Sin embargo, su constancia y esfuerzo hicieron que poco a poco se abriera paso en la ciencia y fuera reconocida como una gran personalidad. Revisando la vida de Hipatia, se pueden aprender valores importantes para nuestras familias y comunidades, no solo en lo que se refiere a romper estereotipos, sino también al hecho de aplicar la racionalidad en diversos entornos de la sociedad.

Comenzó desde muy pequeña su acercamiento a la ciencia, en Alejandría, su ciudad natal, de la mano de su padre, quien le inculcó el amor por la lectura y promovió en ella la curiosidad y el pensamiento

científico. Más allá de destacarse por sus aportes en álgebra, geometría, astronomía y filosofía, entre otros, Hipatia no se guardó ese conocimiento y procuró siempre promulgarlo a través de diferentes medios. Además de preparar textos y convertirse en la líder de la Escuela neoplatónica de Alejandría, Hipatia se dedicó a dar conferencias a las que asistía un gran número de personalidades de la sociedad. Sus alumnos venían desde diversas regiones para recibir las cautivadoras lecciones de su maestra, que les abrió sus puertas sin importar si eran cristianos o paganos (ella pertenecía a este último grupo), en un momento en que el cristianismo se imponía en Alejandría. Algunos de ellos ocuparon altos cargos, como Orestes, quien llegaría a ser prefecto imperial de Egipto.

Aunque aún hay un velo de duda en cuanto a su trágica muerte, parece que la desencadenaron justamente sus ideas paganas, y fue acusada de conspiración contra el líder cristiano de Alejandría. Un linchamiento por parte de un grupo de fanáticos religiosos puso fin a sus 65 años de vida, en el 405 d. C., coincidiendo de manera emblemática con la fecha en que se celebra actualmente el Día Internacional de la Mujer.



## La invitación para ver como gira la Tierra

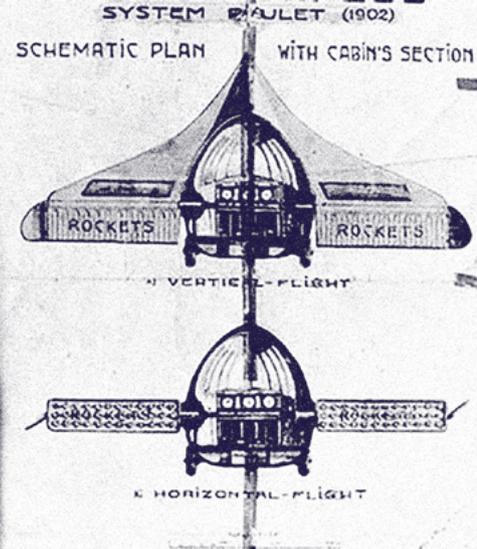
Al comienzo de la narración en una de sus novelas, el escritor y filósofo Umberto Eco (quien murió en el 2016) sitúa a uno de los personajes en el Conservatorio Nacional de Artes y Oficios de París, en donde este admira un gigantesco péndulo, que se balancea lentamente, colgado del techo. Este sencillo artefacto, conocido como el Péndulo de Foucault, da nombre al relato de Eco y adorna hoy en día cerca de cien museos de ciencia, bibliotecas y recintos académicos del mundo. El de la novela llegó a esta institución parisiense en 1855, cuando fue trasladado desde el Panteón de París, un histórico edificio de la capital francesa. Su nombre se debe a Jean Bernard Léon Foucault, reconocido físico de comienzos del siglo XIX, también conocido por medir la velocidad de la luz e inventar el giróscopo.

Foucault se destacaba por sus habilidades manuales, que mostró desde pequeño, construyendo telégrafos, entre otros instrumentos. Es en el taller del sótano de su casa donde, al observar una varilla agarrada a un torno rotante, se le ocurre la grandiosa idea de un péndulo oscilante para constatar la rotación de la Tierra. Los intentos por demostrar mediante un experimento la rotación del planeta habían fracasado anteriormente. A pesar de su

entusiasmo, la primera prueba a comienzos de 1851, usando una bola de latón y un alambre de 2 metros de longitud, fue un fracaso; el alambre se rompió. Esto no lo detuvo y en un segundo intento, en menos de una semana, conseguiría comprobar que el péndulo a medida que oscilaba dejaba diferentes marcas sobre una base de arena, mostrando el efecto de la rotación terrestre, que tiene lugar por la ley de la inercia de Newton. La aparente desviación del plano de oscilación del péndulo depende de la latitud del lugar, (en un día es de 360 grados en los polos, y 0 grados en el ecuador terrestre).

Foucault comunica a la Academia de Ciencias su resultado, y al poco tiempo ya tiene el apoyo de Napoleón para hacer una presentación pública de su péndulo en la famosa cúpula del Panteón de París. Esta vez usa un péndulo de 67 metros con una bala de cañón de 28 kilogramos. La espectacular presentación a finales de marzo de 1851, en cuya tarjeta de invitación se podía leer “Usted está invitado a ver cómo gira la Tierra”, causó sensación, y desde ese momento miles de personas pudieron ver cómo el péndulo se desvía 11 grados cada hora (hasta que se rompiera el cable en el 2010) dejando su marca sobre la arena húmeda, testigo de la dinámica de nuestro planeta.

# El peruano que se convirtió en el padre de la astronáutica



Corría la última década del siglo XIX y un niño peruano soñaba con viajar al espacio. Nacido en la ciudad de Arequipa, el pequeño Pedro Paulet se dedicaba horas a contemplar la Luna y a imaginar cómo sería viajar a ese remoto lugar. Había encontrado una gran fuente de inspiración en la famosa obra de Julio Verne “De la Tierra a la Luna”. Entonces Paulet, apasionado por la ciencia, comienza a trabajar en el diseño de su propia nave espacial. Sería en París, mientras cursa estudios de Ingeniería y Arquitectura, en donde iniciaría el desarrollo de una forma de propulsión que haría posible impulsar un cohete a grandes velocidades. Pese a su origen humilde y las escasas posibilidades de pagar sus estudios, había llegado a la capital francesa becado por el gobierno peruano para estudiar en la prestigiosa Universidad de París, La Sorbona.

En 1927, un grupo de destacados científicos crearon la Sociedad Astronáutica Alemana y expresaron su interés en diseñar un motor de combustible líquido para poder viajar en un cohete al espacio exterior. Para sorpresa de muchos, unos meses después se enteraban que hacía tres décadas Paulet había diseñado una nave espacial con los motores que justamente los alemanes estaban planeando diseñar. El versátil inventor del sur andino del Perú

fue, de hecho, el precursor de los diseños del Apolo 11, que llevó a los primeros seres humanos a la Luna. Así lo reconoció el mismísimo Wernher von Braun, padre del programa espacial norteamericano, quien trabajó inicialmente para el régimen nazi durante la Segunda Guerra Mundial. Precisamente, la llegada al poder de Hitler había despertado el interés por la cohetaría para el desarrollo de misiles y, por ende, por apropiarse del invento de Paulet. Los diseñadores alemanes, en cabeza de von Braun, imitaron el diseño de su motor para poder lanzar los temidos cohetes V2 que, con cerca de 3000 unidades, sembraron el pánico en Europa.

Paulet no vivió para ver el Saturno V, cohete sucesor de los V2, que materializó el sueño de llegada a la Luna, muriendo 24 años antes de que este gran logro para la humanidad pudiera convertirse en una realidad en 1969. Tras más de 60 años de la conquista del espacio con el lanzamiento del primer satélite artificial, el Sputnik 1, y los 50 años de la llegada del ser humano a la Luna, es importante recordar que no solo las grandes potencias fueron las protagonistas y que los aportes de un casi desconocido soñador y científico latinoamericano fueron trascendentales para la historia de la era espacial.



## La descubridora de un cometa que luchó por los derechos de la mujer

Cuando desde pequeño alguien decide que quiere dedicar su vida a la ciencia, en muchos casos esto se convierte en algo difícil de asimilar por sus progenitores. Si es una mujer la que opta por ser científica, el trauma puede ser aún mayor, y ella se verá enfrentada a más obstáculos. Esto se ve reflejado en que actualmente solo un 30 % del total de personas que dedican su vida a la investigación científica sean mujeres. Para María Mitchel no fue así. Nació en 1818 en una familia que defendía incesantemente la misma educación de buena calidad para niños y niñas, y la igualdad de oportunidades. Gracias a su padre, aficionado a la astronomía, pudo además desarrollar sin complicaciones su pasión por la ciencia, a través de la observación del cielo, que fue perfeccionando poco a poco con un modesto telescopio.

Por aquel entonces, el rey Felipe VI de Dinamarca ofreció una medalla de oro a la persona que descubriera un cometa usando un telescopio, y María se puso a la tarea de obtener ese galardón. Su objetivo parecía verse truncado cuando el 3 octubre de 1847 el astrónomo italiano Francesco De Vico observa un nuevo cometa en el cielo y se comienza a preparar la concesión del premio, pero entonces algo inesperado sucede. Al otro lado del atlántico, María

había observado el cometa dos días antes que De Vico, aunque debido a una tormenta su notificación no había salido a tiempo para que llegara a ser reportada antes que la de De Vico. Finalmente se reconoció a María como la descubridora del cometa “Señorita Mitchell” o C/1847 T1 como actualmente se designa.

Otros reconocimientos no se hicieron esperar. En 1848 es elegida como la primera mujer miembro de la Academia Americana de las Artes y las Ciencias. A lo largo de su carrera académica y de investigación, que desarrolló en el Vassar College en Nueva York (donde fue profesora y directora), lideró la lucha por el acceso de la mujer a estudios superiores y defendió sus derechos en el mundo académico, logrando que el salario de las mujeres fuera igual al de los hombres en esta institución. Participó en la fundación de la Asociación Estadounidense para el Avance de las Mujeres y en las iniciativas para su derecho al voto y participación en política.

Su firme convicción de que la ciencia y la educación son ejes fundamentales para el bienestar de las comunidades sigue siendo tan pertinente ahora como en su época, al igual que una de sus frases más recordadas: ¡Cuánto necesita la ciencia a las mujeres!

## Los papas de la ciencia

Desde 2013, cuando comenzó su pontificado, el papa Francisco ha mostrado un acercamiento al conocimiento científico, defendiendo teorías como el *Big Bang* y la evolución, sobre las cuales destaca que “son reales”. Incluso ha tenido encuentros con reconocidas personalidades de la ciencia, como el físico Stephen Hawking. Algunos de sus 265 predecesores mostraron igualmente un interés por reconciliar ciencia y religión, y se les reconoce por sus esfuerzos en promover el conocimiento de temas científicos en la sociedad.

Remontándonos a 1847, encontramos al papa Pío XI, quien fundó la Pontificia Academia de los Nuevos Linceos, destinada a promover investigaciones científicas. En realidad no fue idea suya, solamente le volvía a dar vida a la antigua Academia Nacional de los Linceos, creada en 1603 con patrocinio del papa Clemente VIII gracias a la iniciativa de un príncipe romano. Su nombre fue escogido en referencia al linceo, un animal con una aguda visión, la misma que necesitaba la ciencia para indagar sobre los diversos aspectos del mundo natural. Tuvo entre sus miembros a Galileo Galilei, admitido a finales de 1611, cuando ya se destacaba como uno de los principales exponentes del conocimiento en Europa gracias a sus descubrimientos en campos como la física y la



astronomía, convirtiéndose en el estandarte intelectual de la Academia. Poco después de la muerte de su fundador –el príncipe Federico Cesi– en 1630, la Academia cerró hasta que Pío XI la refundó en el primer año de su pontificado –que se extendió durante 31 años a partir de 1846–, buscando establecer un centro para el estudio de la física y la matemática. Hasta 1870 la producción de la Academia llenaba 23 volúmenes, pero varios miembros abandonaron y pasó finalmente a manos privadas.

Hace 80 años el papa Pío XI refundó la Academia de la Santa Sede, desde entonces lleva el nombre de Pontificia Academia de las Ciencias, allí se investigan una amplia gama de temas científicos en campos como bioética, física, ciencias de la vida y de la tierra, filosofía de la ciencia, entre otros. Una gran cantidad de premios Nobel han sido miembros activos –nombrados por el papa– incluyendo algunos de los padres de la Mecánica cuántica. Su actual presidente es el suizo Werner Arber, Premio Nobel de Medicina por su descubrimiento de las enzimas de restricción, que posibilitaron realizar modificaciones en la molécula de ADN y potenciar el campo de la biotecnología. El mismo Stephen Hawking fue miembro activo de la Academia.

## La aventura astronómica de Colón

Cuando Cristóbal Colón se embarcó, aquel 3 de agosto de 1492 desde el Puerto de Palos en la Provincia de Huelva (España), en la famosa expedición que lo llevaría a atravesar el Atlántico y llegar al actual territorio de las Bahamas el viernes 12 de octubre del mismo año, se enfrentaba a un desafío que muy pocos navegantes hubieran aceptado sin titubear. Durante varios siglos, los navegantes habían bordeado las costas utilizando como referencia puntos visibles del litoral, pero embarcarse mar adentro significaba perder esas señales. Los preparativos del viaje al “nuevo mundo” incluyeron asegurarse de tener los mejores instrumentos para poder ubicarse en altamar, haciendo uso de la llamada navegación astronómica. Dependiendo de la forma cómo nos desplazamos, la disposición de las estrellas en el firmamento va cambiando, así que si sabemos “leer” el cielo podremos ubicarnos y conocer en qué latitud nos encontramos. Para ello se necesitan instrumentos que permitan medir con precisión la posición de las estrellas, y Colón se cercioró de tenerlos. Uno de ellos es el cuadrante; hecho antiguamente de madera y con forma de un cuarto de círculo (de donde proviene su nombre). Este instrumento sirve para medir el ángulo al que se encuentra una estrella respecto al horizonte, utilizando una mirilla que se dirige hacia el astro deseado y una plomada que marca la referencia de la dirección vertical.

La altura de la Estrella Polar –visible en el hemisferio norte– corresponde a la latitud del lugar, y si nos aseguramos de navegar manteniéndola siempre a la misma altura, lo estaremos haciendo a lo largo de un paralelo terrestre. Colón tenía buenos conocimientos en astronomía, que de hecho fueron el detonante para que se decidiera a emprender su gran aventura. Sabía de los cálculos de Eratóstenes (236 a. C.) y Posidonio (100 a. C.) sobre la medida de la circunferencia terrestre, que lo hicieron pensar que se podía llegar a la India circunnavegando el globo terráqueo en dirección occidente. La medida de Posidonio, se basaba en la distancia entre las ciudades de Rodas y Alejandría, que se medían en estadios, los cuales históricamente tuvieron varias equivalencias. Así Colón emplea un valor de 30.000 kilómetros como circunferencia de la Tierra, por lo que al arribar supuso que había llegado a las costas de Asia. En realidad, la circunferencia del planeta es de 40.075 kilómetros; Colón estaba apenas llegando a lo que sería América. En la siguiente década, Colón completaría tres viajes más. En el último de ellos consigue llegar a las costas de la actual Jamaica, un 25 de junio de 1503, y nuevamente hace uso de sus conocimientos astronómicos, en particular de los cálculos existentes sobre eclipses lunares para salvar su vida, haciendo creer a los indígenas de aquella región que tenía poderes sobrenaturales, cuando solo se trataba del eclipse de luna del 29 de febrero de 1504.

## Cazadores de las señales del universo

El 5 de mayo de 1933, el periódico *New York Times* abría su edición con la noticia de un hallazgo sin precedentes: la detección de una misteriosa emisión que parecía provenir del centro de nuestra galaxia. El descubrimiento era reportado por un joven de 27 años que trabajaba para Laboratorios Bell, una de las grandes empresas de telecomunicaciones del momento, cuando la telegrafía por radio era la sensación. El protagonista de tan particular anuncio era Karl Jansky, un físico recientemente contratado por la compañía para trabajar en su proyecto de sistemas de comunicación avanzada empleando diversas frecuencias. En particular, Jansky debía investigar todo lo relacionado con las posibles interferencias, que eran un dolor de cabeza, para poder asegurar la calidad de las transmisiones que se realizaban en ondas de radio.

Para cumplir con su objetivo, Jansky construye una enorme antena de 30 metros de longitud y 5 de altura, que coloca sobre un montaje con llantas de carro para que pudiera girar y, de esta forma, apuntar a todas direcciones. Una vez construido el armatoste, conocido como “el carrusel de Jansky”, lo único que hacía falta era una buena dosis de paciencia para rastrear el cielo durante horas, días y meses, y registrar las señales que recibía su antena, que eran

dibujadas con lápiz y papel por el sistema análogo que la complementaba. Como resultado pudo identificar tres componentes que introducían ruido: tormentas locales, emisiones de truenos a grandes distancias y, finalmente, uno cuya fuente era desconocida. En un principio la atribuye al Sol, pues el ruido se movía con el cielo, pero su búsqueda intensiva lo llevó a concluir que provenía de mucho más lejos, del centro de la Vía Láctea. Jansky se convertía en el padre de la radioastronomía, aunque nunca lo supo, ya que poco después sus jefes lo destinaron a otras tareas. Tuvo una muerte temprana el 14 de febrero de 1950 a la edad de 44 años.

En la actualidad la radioastronomía crece aceleradamente. China acaba de construir el radiotelescopio más grande del mundo, un disco equivalente a 30 canchas de fútbol. Uno de los proyectos científicos más ambiciosos de los próximos años, que servirá para detectar planetas similares a la Tierra. Está compuesto por 30.000 antenas parabólicas que estarán distribuidas en un área de un kilómetro cuadrado (*Square Kilometer Array*) en Sur África. Dentro de sus principales desafíos está el análisis de una cantidad diaria de datos tres veces superior a la que produce Google.

## Una brevísima historia sobre Hawking



En 2001 me aseguré de conseguir un ejemplar de lujo del libro “El universo en una cáscara de nuez”. Esta lectura me acompañó hasta Cambridge (Inglaterra), donde participaba en un congreso de astrofísica, y allí fue la primera vez que lo vi. Para ese entonces, Stephen Hawking ya era un personaje casi místico, y pude por primera vez verlo pasar delante de mí dando un paseo en su silla de ruedas por los pasillos del Trinity College, en la Universidad de Cambridge, el lugar donde popularizó el trabajo de los astrofísicos y se convirtió en el personaje de ciencia más famoso después de Einstein. Verlo tan cerca fue una evocación de mi niñez, cuando mi hermano mayor me motivó a leer “Breve historia del tiempo”. Corría el año 1988, sin las ventajas de internet encontrar referencias de la cosmología y de ideas en torno al universo era toda una odisea, por lo que sentarse a devorar la literatura científica era todo un deleite. De alguna manera, aquella soleada tarde de verano en Cambridge reforzó mi fascinación por este excepcional ser humano y por su tarea de desvelar algunos de los misterios del universo. Durante los años siguientes, Hawking nunca dejó de ser un referente para los que vemos en la divulgación científica un componente esencial y una necesidad en nuestra sociedad. En la época de los medios masivos de difusión, Hawking supo, como ningún otro, llegar a todos los públicos usando todas las herramientas disponibles. Todo un ícono que se acercaba más a una estrella de rock.

Irónicamente, Hawking, inmóvil en una silla, lograba dejar atrás la forma acartonada como los científicos suelen transmitir sus ideas al ciudadano de a pie, una muestra más de su genialidad.

La última vez que lo vi fue en el 2016, cuando no dudé en asistir al evento organizado en las Islas Canarias para hacerle un homenaje. Durante el festival Starmus suceden cosas que no son normales, como hacer una fila interminable para escuchar hablar de ciencia. Su nula expresividad no impidió que Hawking conmoviera contando la breve historia de su vida, que no es ni mucho menos breve y muestra el triunfo de la mente. Recuerdo el mensaje aparentemente cliché que en Hawking tomaba un significado real, el de vivir cada día como si fuera el último, algo que él conoció muy bien luego de su lucha de más de 50 años por sobrevivir. Lejos de echarse a la pena, Hawking, con su fortaleza y su sensacional sentido del humor, maravilló a los cientos de asistentes que estuvieron en su presentación que llevaba por título “breve historia de mi vida” y lo ovacionaron de pie durante varios minutos. Esa noche en Canarias, cantó rap, al ritmo de MC Hawking, un grupo de música que utiliza la voz robótica del científico en sus canciones; se burló de sí mismo y dejó a los asistentes una pequeña muestra de su grandeza como ser humano. El 14 de marzo de 2018 murió, entrando al hall de la fama de los grandes científicos en la historia de la humanidad.



## Huellas para descifrar el universo

En una calurosa tarde de verano, la débil voz de un niño se escucha pidiendo ayuda bajo un montón de escombros. Han pasado cuatro horas desde que una fábrica de cristales en Munich (Alemania) se derrumbara y el pequeño –de nombre Joseph von Fraunhofer– logra salir ileso. Había llegado allí después de quedar huérfano tres años atrás. Se había dedicado a aprender el oficio de pulir y tallar vidrio junto al mezuquino dueño del taller, que se sumía en ruinas. Pero ese día cambiaría la vida de este niño. El futuro rey Maximiliano I, quien se pone al frente de las labores de rescate, se convierte en su mentor, costeándole estudios, dándole acceso a libros y llevándolo a trabajar a una destacada empresa de elementos ópticos. Desde entonces el muchacho comienza una carrera vertiginosa que lo lleva rápidamente a convertirse en el mejor constructor de lentes e instrumentos ópticos del planeta a comienzos del siglo XIX y a sentar las bases que nos permitieron comenzar a descifrar el universo.

Su dedicación, ingenio y pasión fueron tan valiosos que Alemania desplazó a Inglaterra en el campo de la industria óptica, siendo hasta el día de hoy una de las más prestigiosas a nivel mundial. Millones de lentes de cámaras fotográficas e instrumentos de laboratorio tienen el sello de calidad de la óptica alemana. Con escasos 22 años, Fraunhofer

experimentó con nuevos materiales y desarrolló un método para fabricar los mejores vidrios, que harían parte de los telescopios que comenzaron a descubrir objetos nunca antes vistos en el universo. Sin embargo, lo que realmente revolucionaría el conocimiento del universo fue cuando, jugando con prismas y rendijas por las cuales hacía pasar luz solar, descubrió que el “arco iris” tenía unas líneas oscuras. Alcanzó a contar 574 de ellas con su instrumento, que se conoce como el espectroscopio. Al apuntar su telescopio –al cual le había diseñado una montura especial para poder moverlo convenientemente– a otras estrellas y hacer pasar su luz a través del espectroscopio, encontró que las líneas que se veían eran diferentes a las del Sol. Este hecho, que podría pasar inadvertido para muchos, representaba el descubrimiento de que las estrellas son diferentes entre sí. Medio siglo más tarde se comenzó a entender cómo estas “huellas” en el espectro revelaban la composición de la atmósfera solar.

La tragedia, que pareció no alejarse de su vida, lo llevó a una temprana muerte el 7 de junio de 1826 a los 39 años de edad. Su corta vida marco un hito para lo que luego sería la exploración astrofísica del universo, para descubrir la composición de estrellas, atmósferas planetarias, e incluso para el descubrimiento a través de los espectros de la expansión del universo.

## Cosmic rhapsody

Hace casi dos décadas, me encontraba disfrutando apaciblemente de un café en la cafetería del Instituto de Astrofísica de Canarias, uno de los mayores centros de investigación mundial en astrofísica, cuando un personaje alto, de fulgurante cabellera irrumpió en el lugar. Inmediatamente reconozco al sujeto, era el compositor, guitarrista y vocalista de la exitosa banda británica Queen. ¿Qué hace aquí Brian May?, fue lo primero que pasó por mi cabeza. Se encontraba en compañía del astrofísico Garik Israelian, destacado investigador que dirigió el equipo que en 1999 encontró las primeras pruebas observacionales de que las explosiones de supernovas –producto de la muerte de estrellas de gran masa– son causas de formación de agujeros negros. La visita del músico no era inesperada, como tampoco lo era el nombre del tour que estaba realizando con la banda Queen por Europa, Asia y América titulado “The Cosmos Tour”. La cercanía de Brian May con la astronomía era tan antigua como su interés por la música, desde que era un niño. A los siete años sus pasatiempos favoritos eran tocar la guitarra, que le había regalado su padre, y pasar horas explorando el cielo con un sencillo telescopio que tenía en casa. Fue un alumno brillante en física y matemáticas, y a la edad de 22 años ya había terminado con honores sus estudios en el Imperial College de Londres, y comenzaba un doctorado en Astronomía. Al mismo tiempo, su joven banda era telonera de grupos tan reconocidos como Pink Floyd. Entre sus primeros estudios científicos

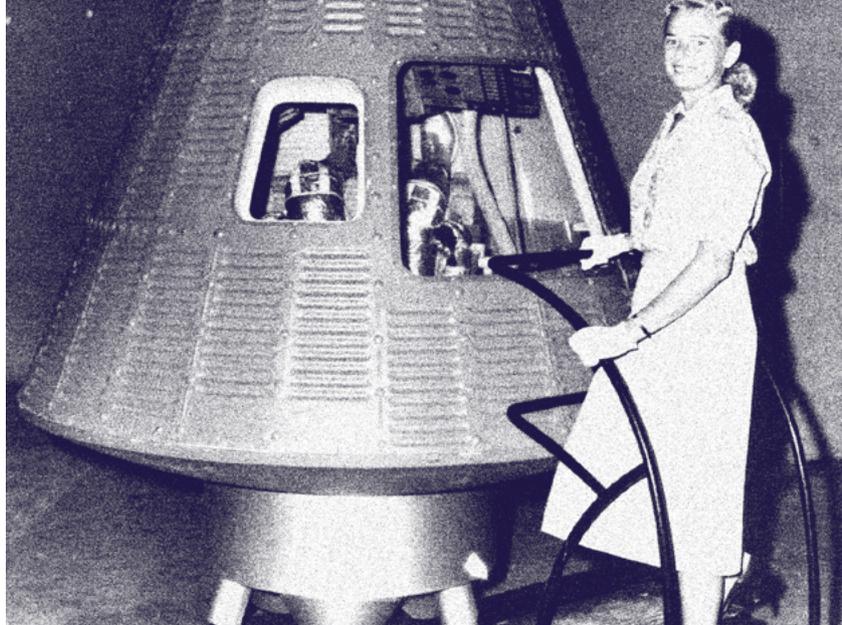
sobresalen las investigaciones sobre la llamada luz zodiacal, un resplandor que se observa por encima del horizonte después del crepúsculo, o antes del amanecer, y que muchas veces se confunde con luz proveniente de una ciudad a lo lejos. En realidad se debe a la cantidad de partículas microscópicas que llenan el espacio interplanetario y que forman una especie de disco en torno al Sol. Contribuyen a su formación los cometas que a su paso por el interior del sistema solar expulsan polvo, y también las colisiones entre asteroides. Brian May tuvo que escoger a comienzos de los años 70 entre dedicarse de lleno a su tesis doctoral o asumir el triunfo que tenía Queen y el tiempo que le exigía la banda. Decide entonces dar un tiempo a sus estudios, que retoma tres décadas después.

Probablemente después de esa mañana cuando conocí la historia de Brian May tuve una motivación más para concluir mis estudios de doctorado en el 2008, el mismo año en que May recibe su título de Doctor en Astrofísica. Desde ese momento, su figura se convertía también en una motivación para miles de jóvenes para descubrir los misterios del universo. Realiza colaboraciones con NASA en la misión New Horizons –que recientemente nos dio información privilegiada sobre Plutón y ahora viaja al encuentro del objeto 2014 MU69 en el cinturón de Kuiper – y fue el creador junto con Israelian del festival Starmus, que reúne a Premios Nobel y a destacadas personalidades del mundo de la ciencia, el arte y la cultura, promoviendo el conocimiento en la sociedad–.

# Las 13 mujeres a las que el sexismo les impidió llegar al espacio

Cuando volar al espacio era un sueño para la humanidad, la historia de un grupo de mujeres que compartían ese sueño es un claro ejemplo de la discriminación que han tenido que sufrir muchas de ellas en el campo científico. Corría el año de 1958 cuando nació la Administración Nacional de la Aeronáutica y del Espacio (NASA) como una manera de organizar el contraataque norteamericano, luego de que el año anterior los soviéticos hubieran dado su gran golpe con la puesta en órbita del Sputnik, el primer satélite artificial. En cabeza del presidente Dwight D. Eisenhower, la NASA tenía claro que su objetivo era poner un hombre en el espacio, entonces nace el programa Mercury. Los candidatos a astronauta eran pilotos con un mínimo número de horas de vuelo en aviones militares, algo que cerraba el paso a las mujeres, históricamente vetadas en las escuelas de aviación militar. El entrenamiento para ir al espacio exigía superar una serie de pruebas médicas, y los doctores Donald Flickinger y Randolph Lovelace desempeñaban una función clave para la selección de astronautas de acuerdo con los resultados obtenidos. Sin embargo, ambos deciden responder a la curiosidad científica e investigar si las mujeres pueden superar las mismas pruebas físicas que los 7 astronautas del programa oficial Mercury.

En 1958, la piloto Geraldyn “Jerry” Cobb llegó a las instalaciones del instituto privado que años atrás había fundado Lovelace, dedicado a estudios médicos relacionados con la aviación. El programa secreto recibió el nombre de “Mujeres en el Espacio”, buscaba candidatas para superar tres fases de pruebas. La joven



Jerry, quien para principios de 1960 ya había acumulado más de 10.000 horas de vuelo, superó las cerca de 90 exigentes pruebas, que incluían descargas eléctricas para probar reflejos. Las 13 intrépidas mujeres que lograron superar la primera fase y a las que se les conoció como Mercury 13, obtuvieron puntajes más altos que sus homólogos hombres, como por ejemplo John Glenn, quien luego se convertiría en el primer norteamericano en orbitar la Tierra en 1962. Luego de tratar infructuosamente de superar muchas barreras, la historia de discriminación llegó a un punto crítico cuando, en una audiencia pública, los propios astronautas se mostraron en contra de incorporar mujeres al programa espacial, ese fue el final del sueño de Mercury 13. El 16 de junio de 1963, los soviéticos sorprendían con la primera mujer en el espacio, Valentina Tereshkova, lo que despertó aún más la indignación de este grupo de mujeres que superaron las pruebas físicas y psicológicas tres años antes del vuelo de Tereshkova. Mujeres adelantadas a su tiempo, a las cuales un mundo con un marcado sexismo les destruyó su sueño de ser pioneras en la conquista del espacio. Tuvieron que pasar más de dos décadas para que una mujer norteamericana pudiera viajar al espacio. Sucedió en 1983 con la astronauta Sally Ride. Jerry Cobb murió en el 2019 sin dejar de soñar con ese viaje.







# FENÓMENOS EN EL CIELO Y EN LA TIERRA

Mercurio

Saturn

*“Arriba, sin  
ninguna  
conmoción,  
las estrellas  
se estaban  
apagando”.*

Arthur C. Clarke,  
Los nueve mil millones de nombres de Dios.

## Los temibles rayos

Las tragedias y muertes causadas por los rayos nos recuerdan lo vulnerables que somos frente a los fenómenos de la naturaleza. Sin embargo, muchas veces se desconoce lo que hay detrás de estas descargas eléctricas, cuya rama de estudio dentro de la meteorología se denomina *ceraunología*. Los rayos son producidos por pulsos electromagnéticos, es decir, por emisiones de alta energía en un corto período de tiempo, que van acompañados de una gran emisión de luz cuando la corriente generada interactúa con las moléculas del aire y produce iones (átomos o moléculas cargadas eléctricamente), generando el relámpago. En ocasiones los relámpagos corresponden a descargas eléctricas producidas entre nubes y por tanto no alcanzan a llegar al suelo, aunque los más comunes son los que logran conectarse con la superficie terrestre.

Durante una tormenta se forman iones positivos en la parte alta y negativos en la parte baja de las nubes. La tierra se carga de iones negativos. La diferencia de potencial, como la de un circuito eléctrico pero de millones de voltios, genera las descargas eléctricas. En un instante un rayo puede generar una potencia comparable a la de una explosión nuclear, de mil millones de vatios, y alcanzar velocidades de 200.000 km/h. Su temperatura puede ser de 30 mil

grados centígrados (unas cinco veces más caliente que la superficie del Sol). En promedio, un rayo mide un par de kilómetros, aunque se han medido longitudes de 200 kilómetros. Los rayos son el origen de los relámpagos y de los truenos. Este último es el sonido que escuchamos momentos después de observar el destello de luz y que se genera cuando la corriente eléctrica que pasa a través de la atmósfera caliente y expande rápidamente el aire. El sonido viaja más lento que la luz, a tan solo 340 m/s, por eso primero vemos la luz y posteriormente escuchamos el trueno. Los rayos se encuentran en estado plasmático. El conocido como cuarto estado de la materia no debería ser algo tan exótico para nosotros, ya que es el estado más abundante en la naturaleza y un 99 por ciento de la materia visible del universo se encuentra en forma de plasma.

Aunque a diario en la Tierra se producen unas 40 mil tormentas que generan alrededor de 8 millones de rayos, se estima que la probabilidad de ser alcanzado por uno de ellos es de una en 2 millones, menor que la de ganarse la lotería nacional. Aun así, hay casos increíbles, como el de Roy Sullivan, el llamado *pararrayos humano*, que a lo largo de su vida sobrevivió al impacto de siete rayos.

# Los fuegos artificiales del firmamento

Como es costumbre desde hace ya varias décadas, gran cantidad de celebraciones a lo largo y ancho del planeta se caracterizan por espectáculos en los que los fuegos artificiales son el plato fuerte de la velada. Las impresionantes luces de colores que anuncian el comienzo del nuevo año, observadas por millones de personas, son un ejemplo de ello. Para el comienzo del 2020, tan solo en Sydney (Australia) cerca de diez toneladas de artefactos pirotécnicos fueron lanzados desde barcos en la bahía.

La pirotecnia tiene su origen en China, con la invención de la pólvora. La primera referencia a ella fue encontrada en documentos escritos hace diecinueve siglos por un alquimista chino llamado Wei Boyang, quien al parecer estaba buscando una poción mágica para ser inmortal y usó una mezcla de tres polvos que al encenderse “volaban y bailaban violentamente”. El carácter explosivo de la mezcla de salitre, carbón y azufre, reducidos a un característico polvo negro combustible, hizo que la pólvora fuera gradualmente usada con fines bélicos, para el desarrollo de armas que comenzaron a tener un auge entre los siglos VII a X. A partir de entonces, el secreto de los chinos se filtró, extendiéndose al Medio Oriente y llegando a Europa —se usó por primera vez con fines bélicos al norte de Francia, en la Batalla de Crécy, en 1346—, y luego introducida a América durante La Conquista. La pirotecnia fue perfeccionándose poco a poco tanto para intereses

militares como para ser usada en celebraciones, Europa lideró el desarrollo científico en el área. Durante el Renacimiento surgen dos escuelas de investigación en pirotecnia, una en Italia y otra en Alemania. Pero faltaba algo, la humanidad tuvo que esperar hasta el siglo XIX para hacer fuego de colores con el uso de la química en todo su esplendor: estroncio, calcio, sodio, bario y cobre podían generar destellos de color rojo, naranja, amarillo, verde y azul respectivamente. Este conocimiento fue también esencial para el desarrollo de la espectroscopía, la técnica usada en astronomía para indagar sobre los componentes de cuerpos en el Universo, desde estrellas hasta galaxias distantes. Luego de este gran salto y con la industrialización de su fabricación, la pirotecnia se populariza en todo el planeta hasta convertirse en un problema debido su manipulación no controlada, que genera gran cantidad de muertes y desastres año tras año. Nuevas innovaciones para espectáculos de fuegos artificiales se siguen proponiendo. Para la ceremonia inaugural de los Juegos Olímpicos en Tokio, que debía realizarse en el 2020, se planeó una nueva versión de ellos que parece más bien una “lluvia de estrellas” artificial. Para ello, se proyectaba enviar al espacio pequeños satélites cargados con cientos de “bolitas” que, al ser lanzadas hacia la Tierra, se incineran debido a la fricción con la atmósfera terrestre en su reingreso al planeta, a unos 80 kilómetros sobre la superficie.

## El resplandor del polvo interplanetario

Quienes viven en zonas alejadas de las ciudades, donde la contemplación del firmamento es una maravillosa costumbre en las noches despejadas, tal vez hayan podido ver un resplandor blanco en el cielo. La llamada “luz zodiacal”. A veces se observa por encima del horizonte, después del crepúsculo o antes del amanecer, en las oscuras noches sin Luna. Se la conoce también como “falso amanecer”, precisamente porque el horizonte, próximo a la salida del Sol, comienza a brillar antes de lo normal. Este resplandor, difuso y débil, se debe a la cantidad de partículas microscópicas que llenan el espacio interplanetario y que forman una especie de disco en torno al Sol. El polvo que lo forma ha sido expulsado por innumerables cometas que han pasado por las regiones internas del sistema solar durante miles de millones de años, pero también las colisiones entre asteroides contribuyen a su formación. Actualmente, el disco se extiende hasta la órbita de Júpiter, sobre el mismo plano en el que se encuentran los planetas del sistema solar. Las millones de partículas de polvo dispersan la luz que reciben del Sol y esto hace que el resplandor se

pueda apreciar, ocupando la región del cielo donde se localizan las constelaciones del zodiaco. De allí su nombre: “luz zodiacal”.

El guitarrista de Queen, Brian May, estudió la “luz zodiacal” en los 70, pero solo finalizó su tesis en el 2007, recibiendo el título de Doctor en Astrofísica en el Imperial College, en el Reino Unido, por sus trabajos en esta área. Esta luz vuelve a ser noticia porque recientemente fue sido detectada fuera del sistema solar. Aunque esta luz zodiacal en otros sistemas estelares ya había sido vista, en las últimas observaciones se captó de forma sistemática alrededor de estrellas cercanas.

Lo particular es que es mil veces más brillante que la luz zodiacal vista alrededor del Sol, lo que sería un obstáculo para futuras observaciones que traten de ver directamente exoplanetas inmersos en esos discos de polvo. Sin embargo, la detección de polvo alrededor de otras estrellas puede ser una forma de estudiar la arquitectura y la evolución de sistemas planetarios. Se cree que en los casos hallados recientemente el polvo ha sido generado por colisiones entre planetas pequeños, de pocos kilómetros de diámetro.



## Las estrellas también son guía para los animales

Durante siglos, la contemplación del cielo nocturno fue la principal herramienta de nuestros antepasados para embarcarse en osados viajes de exploración. Una de las más importantes formas de ubicación, antes de la invención de la brújula, era la posición de las estrellas en el firmamento. La estrella *Polaris* (estrella Polar), que se encuentra sobre el polo norte terrestre, y que se mantiene fija durante la rotación de la Tierra, es la principal referencia en el hemisferio norte, siendo una de las siete estrellas que conforman la constelación de la Osa Menor (cercana a la famosa Osa Mayor, cuya forma es más parecida a la de un sartén). En el hemisferio sur, se suele usar la referencia de la constelación llamada Cruz del Sur.

Para aprovechar estas indicaciones celestes, se desarrollaron entonces instrumentos como el sextante (sexta parte de un círculo completo), con el cual se puede medir la altura de un astro respecto al horizonte; era de uso obligado en estos tiempos para saber la latitud del lugar (midiendo la elevación del Sol y la hora del día). Hoy contamos con avanzados sistemas

de navegación satelital, cuya idea comenzó a forjarse en 1957, durante la Guerra Fría, con el objetivo de determinar la posición de submarinos portadores de misiles, desplegados en el océano (programa que fue llamado *Polaris*). Sin embargo, no somos los únicos animales viajeros. Otras especies también cuentan con sistemas de navegación que les permiten hacer migraciones de miles de kilómetros, con base en observaciones del cielo: la posición del Sol y las estrellas.

Experimentos con aves currucas dentro de un planetario comprobaron que estas mantenían su orientación hacia el sur, incluso cuando se movía el cielo nocturno proyectado. Asimismo, algunos escarabajos se ubican con la luz polarizada proveniente de la Luna, y otros con la luz de nuestra galaxia. Sí, el escarabajo pelotero, el mismo que va arrastrando en grandes distancias una bola de estiércol para alimentar a sus larvas, observa el cosmos. No es capaz de identificar estrellas individuales, pero sí percibe la luz de la Vía Láctea. Es curioso, no somos ni los primeros ni los únicos observadores del universo.

# Cazadores de supernovas a la espera de una explosión espacial

Imaginemos salir a contemplar el cielo nocturno y encontrar un deslumbrante destello de luz que ilumina la noche como si fuera una luna llena. Algo similar registraron los astrónomos chinos en el 1006, al igual que en Japón, Iraq, Egipto y Europa. Pero solo hasta 1965 se pudieron detectar los restos de esa tremenda explosión que sucedió en nuestra galaxia, a unos 7.200 años luz de la Tierra. La última vez que la raza humana pudo contemplar un evento de estas características que se pudiera observar a simple vista fue en 1604. Cinco años antes de que Galileo usara un telescopio para apuntar a los cielos, el astrónomo Johannes Kepler pudo observar el destello luminoso que había sido registrado pocos días antes en los cielos del norte de Italia. Kepler estudió la misteriosa luz durante todo el año que fue visible antes de desvanecerse. Con el uso del telescopio, se pudieron descubrir destellos mucho menos brillantes y, en el siglo XX, se estableció que estos se originaban en estrellas.

Ahora mismo, en algún lugar del universo, una estrella está dejando de existir de una manera espectacular. Después de una vida “estable y apacible”, ha consumido todo su combustible y colapsa por su propio peso para luego generar una tremenda explosión que lanza

materiales a unos 30.000 kilómetros por segundo. La fase terminal de una estrella de gran tamaño, que la lleva a su inminente destrucción, es uno de los fenómenos más violentos del universo. Las explosiones de supernova más que ser eventos de exterminio cósmico son en realidad fábricas para la formación de elementos químicos pesados, sin los cuales nuestra propia vida sería impensable, como el hierro que corre por nuestras venas. Las cenizas de la estrella muerta tienen además la materia prima para que se formen nuevas estrellas y planetas.

Se estima que en una galaxia como la nuestra pueden ocurrir unas tres supernovas cada siglo. Algunas, en otras galaxias, nos han dado información sobre la distancia a la cual estas se encuentran y servido también como faros para descubrir la expansión acelerada del Universo. Contemplar una explosión de supernova en la Vía Láctea sería sin duda uno de los eventos astronómicos más sorprendentes para cualquier habitante del planeta. Pero mientras esperamos el próximo final violento de una estrella en nuestro vecindario, podemos recordar a las cientos de estrellas que han explotado como supernovas en el universo durante el tiempo en que has leído esta página.

## Meteoritos y otras amenazas extraterrestres



La mañana del 30 de junio de 1908 no fue una más para los antiguos tunguses, etnia de origen mongol, que habitó el norte de Siberia. Muy temprano, y en cercanías del río Tunguska Pedregoso, se disponían a hacer sus labores de pastoreo de renos cuando vieron una bola de fuego que se movía velozmente en el cielo. Segundos después, se generó una fuerte explosión que arrasó con un área equivalente a una y media veces el tamaño de Bogotá. Las consecuencias del llamado evento de Tunguska fueron devastadoras: cerca de 80 millones de árboles fueron fulminantemente derribados y se registraron alertas por posible descarrilamiento de trenes a casi 700 kilómetros de distancia, incluido el famoso ferrocarril Transiberiano. No solo en Rusia se sintieron los efectos, el estallido fue registrado por estaciones en varias partes del mundo que registraron variaciones en la presión atmosférica y ondas sísmicas debido a la onda de choque generada. La enorme liberación de energía, de unas mil veces la bomba de Hiroshima, hizo posibles noches brillantes en varias partes de Europa; noches en las que se dice que se podía leer un periódico sin luz artificial.

El evento de Tunguska sigue generando controversia, pero la hipótesis más aceptada lo relaciona con un cuerpo procedente del espacio, probablemente

un cometa, de casi 100 metros de diámetro, que explotó a pocos kilómetros sobre la superficie terrestre y por eso casi no dejó rastros. Hace poco un grupo de investigadores afirmó haber encontrado el cráter, a unos 5 kilómetros del lugar de la explosión, en lo que hoy es el lago Cheko, aunque se requiere de mayores investigaciones.

Desde su origen, nuestro planeta ha estado expuesto a amenazas extraterrestres, que incluso se asocian a grandes extinciones, como el asteroide de unos diez kilómetros de diámetro que, se cree, causó la desaparición de los dinosaurios hace 65 millones de años. Como consecuencia del impacto sobre la actual Península de Yucatán, el asteroide sumió a la Tierra en la oscuridad debido al polvo que cubrió la atmósfera, impidiendo que la luz solar pudiera llegar a la superficie del planeta. Esto nos recuerda la existencia y el movimiento de cientos de miles de cuerpos que acompañan a los planetas en el vecindario solar. Gran parte de esos cuerpos son descubiertos pocas semanas o días antes de que se aproximen a distancias que pueden ser equivalentes a la los cerca de 400.000 kilómetros que separan a la Tierra de la Luna, momento en el cual pueden ser vistos con telescopios desde diversos rincones de nuestro planeta.

## Tras las huellas del cosmos escritas en los árboles

Mucho antes de que nuestra especie pisara este mundo y comenzara a registrar incontables eventos relacionados con la naturaleza y el universo, los árboles ya eran testigos de los cambios propios del planeta y de sus procesos biológicos e, incluso, de acontecimientos que provenían del espacio exterior. A finales del siglo XVII, la comunidad científica reconoció el hecho de que los árboles registran su historia evolutiva mediante anillos de crecimiento en su tronco, algo que ya había planteado Teofrasto, discípulo de Platón, en el 322 a. C., pero que por varios siglos no tuvo mucho apoyo entre los botánicos. El gran Leonardo Da Vinci fue más allá y relacionó el espesor de los anillos con la humedad y precipitaciones a las cuales estaban expuestos los árboles. Cuando las evidencias dejaron patente el fenómeno, los más importantes botánicos del siglo XVIII, incluido el naturalista sueco y padre de la ecología Carl Linneus, comenzaron a estudiar cómo los árboles contaban la historia de los cambios climatológicos del planeta, y se inició el perfeccionamiento del área, que hoy se conoce como dendrocronología.

En realidad, la dendrocronología se estableció como una ciencia moderna gracias al trabajo de un astrónomo norteamericano. Con tan solo 27 años, Andrew Douglass había sido contratado por Percival Lowell para

hacer observaciones de Marte. Lowell estaba obsesionado con demostrar la existencia de una civilización en el planeta rojo y veía sobre su superficie canales, supuestamente desarrollados por vida inteligente, cosa que Douglass no compartía y que terminaría por forzar su despido. Cinco años más tarde, se vinculó a la Universidad de Arizona, donde comenzó a interesarse por la datación de anillos de crecimiento en árboles, siendo su verdadero interés el analizar la influencia del ciclo de actividad solar sobre el clima en la Tierra. Establece así, en 1937, el Laboratorio de Investigación en Anillos de Árboles.

Douglass murió a los 94 años sin poder encontrar vestigios de la influencia de variación de manchas en el Sol sobre los anillos de árboles, algo que todavía sigue siendo materia de estudio. Recientemente se han encontrado rastros de eventos explosivos que han tenido lugar en el universo, posiblemente explosiones de supernovas y tormentas solares, escondidos en los anillos de cedros japoneses. Cuando las radiaciones de alta energía impactan la atmósfera terrestre interactúan con las moléculas y pueden producir isótopos de carbono 14 que terminan en los árboles. Seguramente nuestros compañeros milenarios aún tienen guardadas más historias asombrosas del cosmos.



## El secreto de las mareas

Los habitantes de las regiones costeras conviven con fenómenos marinos que determinan su forma de vida y cultura. Uno de estos es la variación en el nivel de las aguas día y noche. Quienes disfrutan del Sol en la playa tendrán que ir alejándose poco a poco a medida que el mar se “traga” la arena. En realidad están siendo testigos de una marea, fenómeno natural que hace aumentar y disminuir periódicamente el nivel del mar. En la mayoría de costas se producen diariamente dos mareas altas y dos bajas. Se creía que fuerzas sobrenaturales eran responsables de dicho acontecimiento que, con el tiempo, se encontró que tenía cierta conexión con la Luna y el Sol. Así lo notaron desde Piteas, en el siglo IV a. C., hasta Kepler, 2000 años más tarde. Pero tuvo que llegar Isaac Newton para que pudiéramos entender exactamente cuál era el secreto detrás de las mareas. Al formular su Ley de Gravitación Universal (1687), Newton mostró cómo los objetos se atraen unos a otros, aunque estén separados por grandes distancias, como los 400.000 kilómetros

entre la Tierra y la Luna, que ejerce una fuerza que hace mover el agua en los océanos y sube su nivel. El Sol hace lo propio, pero con menos fuerza, porque aunque es 30 millones de veces más grande está 400 veces más alejado.

El agua del planeta siente el “tirón” ejercido por la Luna, que aumenta un poco cuando el Sol contribuye también, lo que pasa durante la luna llena y nueva (momento en que Sol y Luna están prácticamente alineados con la Tierra). El efecto combinado de ambos produce las mareas vivas, las más intensas. En las fases lunares de cuarto menguante y creciente, el Sol y la Luna forman un ángulo recto con la Tierra, y sus efectos de atracción se contrarrestan, produciéndose las mareas muertas, menos fuertes. La ubicación y el tamaño de la marea cambian con la posición relativa del Sol y la Luna respecto a la Tierra, pero también con el giro de nuestro planeta sobre sí mismo (rotación), que hace que la marea se propague como una onda e influye en su frecuencia.

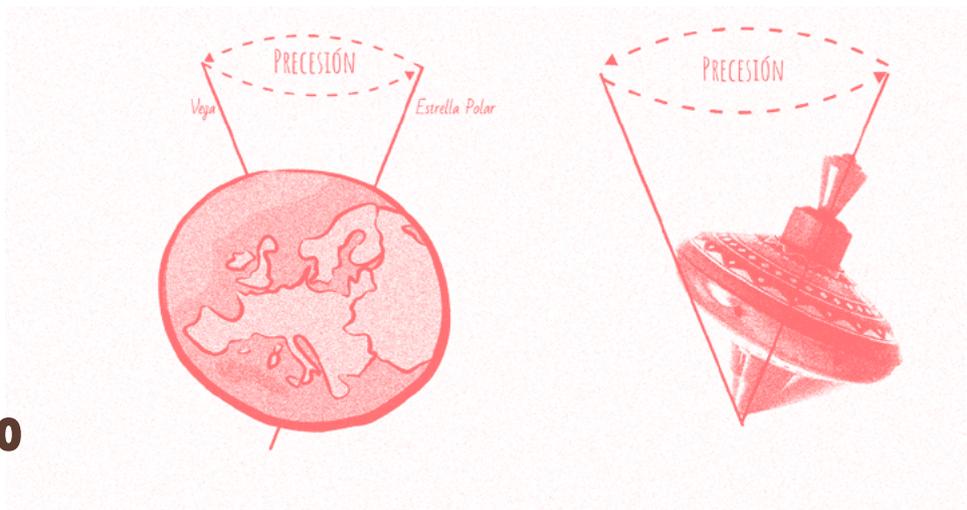
## El leve tambaleo de la Tierra

Parece mentira que después de que durante tanto tiempo se pensó que la Tierra era un cuerpo inmóvil hoy sepamos que el planeta está lejos de ser estático y que, por el contrario, experimenta un buen número de movimientos. Los más conocidos son su periplo alrededor del Sol (traslación), que lo lleva a completar una vuelta en un año, y el movimiento de giro sobre su propio eje (rotación), que es responsable por el día y la noche. Pero además de estos dos, que son los desplazamientos más destacados, está también la precesión, producida por fuerzas de atracción que experimenta el planeta (con el Sol, la Luna y, en menor medida, los demás planetas) y que causan el cambio en la dirección del eje de rotación. Un buen ejemplo es el movimiento de un trompo cuando lo ponemos a girar y su eje de rotación no es vertical. En nuestro caso, la Tierra se mueve como si describiera un cono con una abertura de 47 grados y con vértice en el centro del planeta, completando una vuelta cada 26.000 años, lo que se denomina año platónico.

Algo menos conocido, y un poco más complejo, es la nutación. Su nombre proviene de la palabra en latín para ‘cabeceo’ (vaivén) y su descubrimiento se adjudica al astrónomo James Bradley en la primera

mitad del siglo XVIII. La nutación es un ligero movimiento periódico que experimenta la Tierra y que, de hecho, se superpone a la precesión, haciendo que nuestro planeta se tambalee a la vez que va precesando durante el año platónico (como si tratáramos de caminar alrededor de un círculo en alto estado de embriaguez). El mismo trompo con el que jugamos también muestra bastante bien lo que significa la nutación, cuando al perder velocidad se tambalea más y más hasta que finalmente cae al suelo. La Tierra se tambalea más de mil veces durante su ciclo de precesión o año platónico. Pese a que al comienzo no se sabían las causas de la nutación, al poco tiempo se encontró que la Luna era la responsable, al ejercer atracción gravitatoria sobre la parte más abultada del ecuador terrestre.

Hay, sin embargo, otros movimientos cuya causa sigue siendo objeto de estudio y que se resumen en desviaciones del eje de rotación terrestre. A todos ellos se les suele denominar “movimiento polar” –al variar la posición de los polos geográficos comparado con los polos celestes– y posiblemente dependen de cosas como variaciones en la forma de la Tierra y su distribución de masa en la superficie y en el interior.



# El universo visto a través de sus propias lentes

Todos de una u otra manera hemos experimentado en nuestra vida cotidiana con unos objetos transparentes y curvos que hoy son usados por algunos para corregir defectos visuales y por otros para fotografías mediante sus teléfonos celulares. Se trata de las lentes, que con su forma de lenteja –de donde precisamente viene su nombre–, actúan esencialmente desviando los rayos de luz que las atraviesan.

Tras siglos de variados usos, las lentes se han vuelto objetos sobresalientes para el estudio del universo, pues son constituyentes indispensables en telescopios e instrumentos de investigación astronómica. Llevamos cuatro siglos viendo al universo a través de lentes, desde que Galileo, en 1609, comenzara a agruparlas dentro de un tubo para magnificar los cuerpos celestes, el prelude de las observaciones por telescopio. Sin embargo, existe otra forma de ver el universo a través de lentes, en la cual es el propio universo el que hace posible el efecto de desviación de los rayos de luz. Se conocen como lentes gravitacionales. Para entender cómo funcionan, debemos remontarnos a comienzos del siglo pasado, a la figura de Einstein. En su teoría de la relatividad general, “el genio de la física” predice que la luz puede curvarse si está próxima a objetos con gran masa. Lo que sucede es que la masa deforma el espacio (y también el tiempo), y entonces

la luz viaja a lo largo de ese espacio deformado, por lo cual se curva.

La comprobación de esta predicción, que representó el mayor triunfo de la teoría de la relatividad, tuvo lugar durante un eclipse de Sol en 1919 en que nuestra propia estrella, debido a su masa, desviaba la luz que pasaba cerca. Esto marcaría el comienzo de una nueva herramienta para descubrir objetos distantes y débiles, cuya luz puede ser amplificada por la lente. Hace tan solo una década, el telescopio espacial Hubble descubría una galaxia muy muy lejana, usando el efecto de lente producido por una gran agrupación o supercúmulo de galaxias denominado Abel 2218, con cientos de galaxias ejerciendo atracción sobre la luz que pasa cerca. Lo complicado es que la lente distorsiona la imagen del objeto y puede hacer que un punto brillante se vea como un anillo.

Con lentes gravitacionales se puede rastrear también la posible presencia de materia oscura, es decir, aquella que no emite luz pero que tiene las mismas propiedades de atracción gravitatoria que la materia ordinaria. En este caso, la materia oscura hace el papel de la lente y afecta a la luz que proviene de objetos situados detrás. En otros casos, los efectos de las llamadas microlentes gravitacionales han permitido el descubrimiento de planetas extrasolares.



## La ilusión lunar

Desde hace milenios, la Luna ha despertado nuestra curiosidad, especialmente la luna llena, fase que ocurre cada 28 días. Esta es una de las más maravillosas contemplaciones que nos da la naturaleza, y si está cerca del horizonte, la escena despierta aún más nuestra fascinación. Pareciera que al estar sobre el horizonte, el disco lunar fuera más grande y vistoso, mucho más que en los momentos en que la Luna se ubica sobre nuestra cabeza (en el cenit). El hecho de que la Luna parezca más grande dependiendo de su posición en el firmamento fue un interrogante que se plantearon varias de las grandes mentes de la humanidad. Desde tiempos de Aristóteles, hace 2400 años, se trató de dar una explicación, en aquella época el fenómeno se atribuyó a la atmósfera de la Tierra que tendría la propiedad de magnificar los objetos, como si fuera una gran lente.

En realidad no es así, y todos estamos siendo engañados por algo que está mucho más cerca que el astro: nuestro propio cerebro. La percepción de la variación del tamaño de la Luna es una ilusión. Cuando esta se encuentra cerca del horizonte, hay información

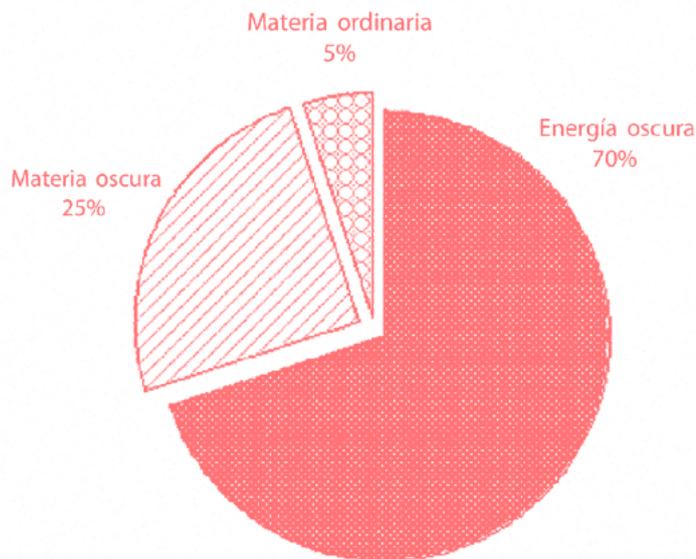
de referencia como árboles, edificios, montañas y el mismo suelo. Aunque nos pareciera que solo nos fijamos en la Luna, el cerebro está procesando simultáneamente información que le llega de los objetos alrededor. Cuando se compara un mismo objeto en dos escenarios diferentes, la percepción de su tamaño puede variar, algo que se denomina ilusión de Ebbinghaus, en honor al filósofo y psicólogo alemán Hermann Ebbinghaus, fenómeno perceptual que fue teorizado por la psicología experimental de comienzos del siglo pasado.

Que el tamaño aparente de la Luna cerca del horizonte no es mayor queda demostrado al tomar una fotografía del astro y compararla con otra tomada en una posición en el cenit o cerca de este. De manera más sencilla, podemos extender nuestro brazo y usar un objeto en nuestra mano para “medir” el tamaño del disco lunar en ambas situaciones. De hecho, la Luna cerca del horizonte es más pequeña, debido a que los rayos de luz de la parte inferior del disco lunar atraviesan más atmósfera y se curvan más que los que provienen de la parte superior, haciendo que el disco lunar se vea achatado en la dirección vertical.

## La enigmática energía que infla al universo

Con gran sorpresa se descubrió hace un siglo que las galaxias a nuestro alrededor se están alejando, como si nuestra hospedera cósmica, la Vía Láctea, fuera el centro del universo. Aunque es tentador pensarlo, el mismo efecto tendría lugar si viviéramos en cualquier otra galaxia y viéramos que las otras galaxias se alejan de nosotros. Se suele colocar el apetitoso ejemplo de un pastel con uvas pasas que al meterlo al horno experimenta un aumento en su tamaño y, por tanto, cada uva pasa se aleja de todas las demás. Nuestra galaxia sería una de esas pasas y la esponjosa masa del pastel el espacio entre las galaxias que se va expandiendo. Que el universo se expande, como el pastel de nuestra metáfora, fue la conclusión a la que llegó el astrónomo Edwin Hubble en 1929 a partir de sus observaciones de galaxias. En sus observaciones Hubble midió la velocidad a la que se alejan las galaxias (conocida como velocidad de recesión) y encontró que entre más lejana está una galaxia con mayor velocidad se aleja. La expansión del universo es, de hecho, una de las evidencias que apoya la teoría del *Big Bang* como explicación de su origen, porque si devolvemos la película, entonces las galaxias tuvieron que estar más cerca unas de otras, hasta que toda la materia en algún momento tuvo un origen común.

Posteriormente, la cosmología se tambaleó con un nuevo e inesperado descubrimiento. En 1998 se



encontró que además de expandirse, el universo lo hace de forma acelerada, es decir, que cada vez se expande más y más rápido. Esto va en contra de lo que se esperaba: que la expansión fuera frenando hasta que se detuviera y posteriormente el universo comenzara a colapsar, como cuando lanzamos una pelota hacia arriba su velocidad va disminuyendo hasta que alcanza una altura máxima y luego cae nuevamente al suelo, por el efecto de la gravedad. En el universo parece como si existiera una especie de gravedad negativa que lo hiciera inflarse cada vez con más ímpetu. Este descubrimiento significó el Premio Nobel de Física del 2011 y abrió uno de los interrogantes más importantes en la actualidad: ¿qué hace que el universo se expanda cada vez más deprisa? Le llaman energía oscura y, aunque aún no se sabe qué es, representa alrededor del 70 % del contenido del universo (el otro 25 % es la materia oscura, y el restante 5 %, la materia ordinaria, que es la única que podemos ver).

Para averiguar el destino del universo, necesitaremos encontrar la explicación a esta misteriosa energía. Si continúa con su efecto, podría “desgarrarlo”, al desintegrar hasta los átomos (lo que se suele denominar *Big Rip*). Por otra parte, si se desvanece o se invierte su efecto, el destino del universo podría ser un gran colapso (*Big Crunch*) en el que todo volverá a estar concentrado en un punto.

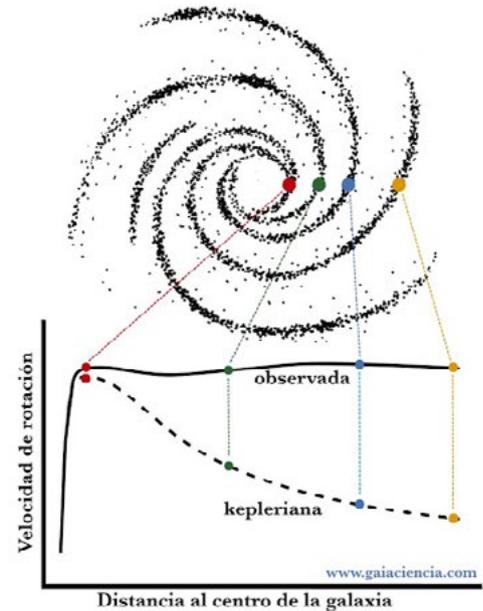
## El lado oscuro de la materia

A la vez que la ciencia nos permite responder una gran cantidad de preguntas sobre el mundo físico, inevitablemente también abre nuevos y desafiantes interrogantes. Uno de los que genera mayor expectación tiene que ver con algo misterioso que no sabemos qué es, pero que constituiría la cuarta parte del universo, la llamada materia oscura. La dificultad para entenderla reside en que, a diferencia de la materia ordinaria de la cual están hechas las estrellas, planetas y hasta nosotros mismos –y que representa aproximadamente un 5 % de todo el contenido del universo –, la materia oscura no emite ni absorbe luz, por lo cual es imposible verla.

La idea de que existe materia en el universo diferente a la que estamos acostumbrados a entender como tal comenzó a deambular en la comunidad científica a raíz de un estudio de Fritz Zwicky en 1933. Al observar un grupo de galaxias, el astrónomo búlgaro encontró que faltaba materia para explicar el movimiento del sistema; sorprendentemente, la masa de las galaxias era un centenar de veces menor de la que se requería para explicar la velocidad que mostraban en las observaciones, teniendo en cuenta la atracción gravitacional entre ellas. Zwicky usó el término “materia oscura” para denominar aquello que no se veía, pero que debía estar afectando el movimiento del cúmulo

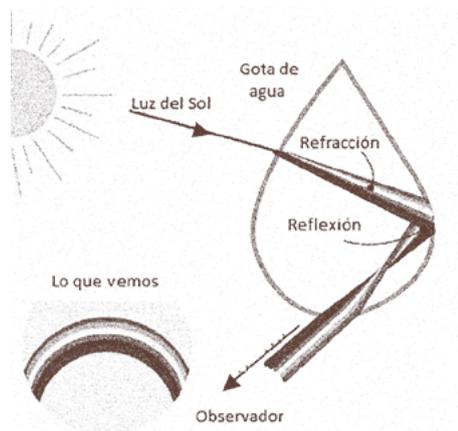
de galaxias, ejerciendo una atracción adicional sobre ellas. Sin embargo, pasaron tres décadas antes de que la idea tomara fuerza y comenzara a ser aceptada a partir de las llamadas “curvas de rotación galáctica”. Las mediciones mostraban que la velocidad de las estrellas alrededor de una galaxia no disminuía con la distancia al centro galáctico, por el contrario, se mantenía casi constante. La astrónoma Vera Rubin, primera mujer que usó los instrumentos del Observatorio del Monte Palomar –el más destacado del siglo XX– realizó las principales mediciones galácticas que establecieron que las estrellas más externas giraban demasiado rápido para que únicamente la atracción gravitacional fuera la responsable de mantener unida a la galaxia, lo que dio soporte a la idea de la existencia de materia oscura.

Aunque cada vez se acumula más evidencia sobre su influencia en la formación de galaxias, grupos de galaxias y en la estructura a gran escala del universo, todavía no sabemos de qué está hecha la materia oscura. Podría tratarse de un tipo de partícula que no conocemos, pero incluso hay teorías que proponen modificaciones a la forma como entendemos la gravedad para explicar los efectos observacionales de la materia oscura.



## El misterio del arco iris

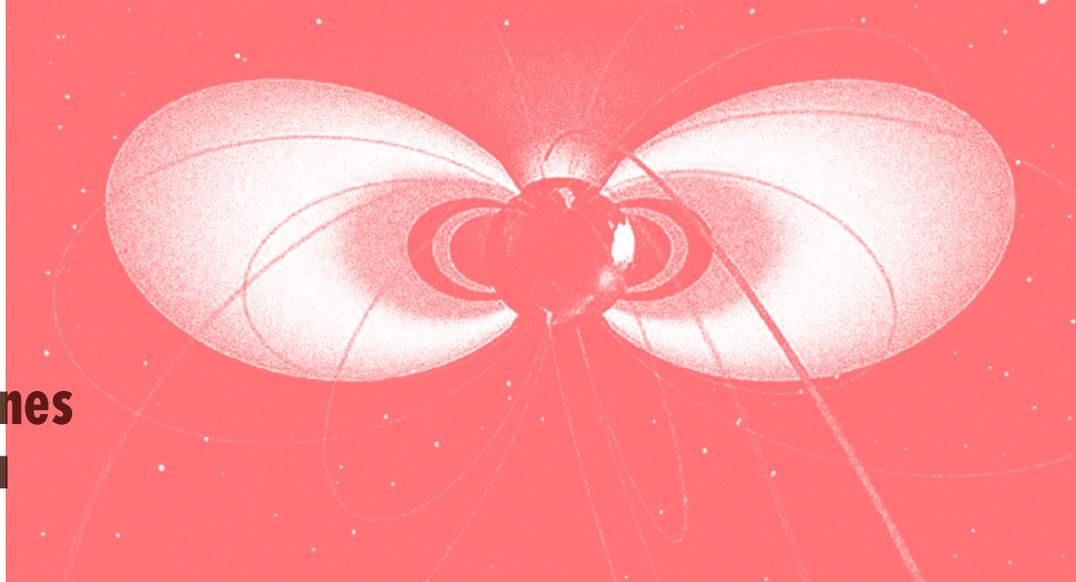
La naturaleza nos sorprende con fenómenos sensacionales. Así sucede con uno que todos hemos apreciado, y que el gran escritor Mario Benedetti utilizó para nombrar su poema, el “Arcoíris”. Durante miles de años, la contemplación de majestuosos arcos de colores en el cielo fue incorporada a leyendas de culturas ancestrales, pasando de ser el collar de pedrería de una gran diosa a un puente que une dos mundos, o incluso una diosa mensajera entre el cielo y la tierra –llamada Iris en la mitología griega–. Hoy, sumado a la hermosura que seguimos admirando en el arcoíris, podemos ahondar en la belleza y perfección de los procesos físicos que lo hacen posible. La primera teoría sobre su formación data de la Edad Media (1301), de los estudios de óptica de Teodorico de Freiberg, quien usando un recipiente esférico lleno de agua simuló una gran gota. Una explicación similar fue dada por Rene Descartes, quien mostró que el efecto de refracción de la luz en el interior de las gotas de agua producía colores, aunque solo logro obtener el azul y el rojo. Sería el gran científico Isaac Newton quien presentará, en 1667, su experimento sobre la descomposición de la luz solar, en un recinto a oscuras y dejando pasar un pequeño rayo de luz solar a través de un agujero en la ventana. La luz atravesaba un prisma para finalmente formar en la pared opuesta el ramillete de colores. Newton identificó siete colores: rojo, naranja, amarillo, verde, azul, índigo y violeta. –en gran parte motivado por la importancia histórica de ese número, principalmente en la cultura griega, y



que se conoce popularmente como la ley de los siete–. En realidad en el arcoíris hay una secuencia continua de múltiples colores.

El arcoíris se forma cuando los rayos de Sol atraviesan gotas de agua suspendidas en la atmósfera –que actúan como prismas–, por eso se produce en los días en que llueve, o cuando la humedad de la atmósfera es muy alta. Los rayos de luz entran a cada gota y rebotan en su interior dando una vuelta en “u”, siendo refractados al entrar y al salir. Cada color se desvía de manera diferente, lo que descompone a la luz blanca en los colores que la constituyen, el llamado espectro de la luz visible. Por ejemplo, el ángulo de refracción de la luz amarilla (la del medio) es de 138 grados, lo que hace que un arcoíris únicamente pueda ser visto cuando nos encontramos de espaldas al Sol. Lo que vemos son los rayos de diferente color que caen en nuestra retina, provenientes de un gran número de gotas diferentes. Es como si cada color viajara por la superficie de un embudo desde su base y nuestros ojos fueran el pico de ese gran embudo. Al estar las gotas de agua sobre la superficie de la Tierra, solo vemos un arco y no todo un círculo de colores. Si la luz rebota más veces dentro de las gotas antes de salir, se puede formar más de un arcoíris, aunque estos se observarán cada vez más tenues y con colores invertidos. Los tamaños y formas de las gotas cambian la intensidad de los colores. Las grandes gotas forman arcoíris vistosos y muy intensos, mientras que las pequeñas los producen pálidos y sin brillo.

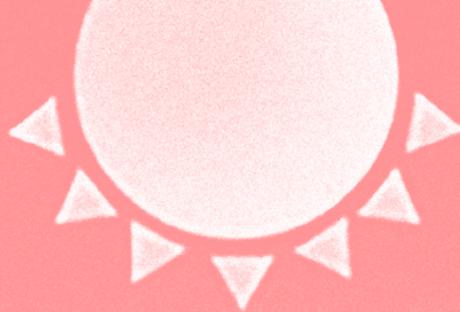
## Los cinturones de la Tierra



Cuando por primera vez los seres humanos emprendieron un viaje fuera del planeta, el destino puesto en la Luna, uno de los puntos a los que se prestó mayor atención durante la planeación del viaje fue el momento de atravesar una región en donde existen altos niveles de radiación. En realidad son dos regiones alrededor de la Tierra que tiene forma de donut y que acumulan una gran cantidad de cargas eléctricas (protones y electrones), muchas de ellas partículas provenientes del Sol y de los rayos cósmicos. Ese “océano” de partículas está atrapado entre el campo magnético (magnetosfera) de nuestro planeta, que las mantiene confinadas en una capa interior (entre 700 y 10.000 kilómetros) y otra exterior (entre 14.000 y 30.000 kilómetros). Su descubrimiento fue una gran sorpresa para los científicos, en cabeza de uno de los personajes más visionarios en la historia de la exploración espacial, el físico James Van Allen. Para finales de 1957, los soviéticos habían puesto ya en el espacio el primer satélite artificial (Sputnik 1). En los Estados Unidos creció la urgencia de responder, Van Allen fue escogido para liderar el desarrollo del primer satélite norteamericano, el Explorer 1, puesto en órbita el 31 de enero de 1958.

Van Allen decide aprovechar el lanzamiento para colocar un medidor de radiación a bordo del satélite que, mientras se alejaba de la superficie a cerca de

300 kilómetros por hora, pudiera registrar variaciones en los niveles de radiación en la atmósfera respecto a sus niveles en la superficie, debidas al efecto de la atmósfera sobre los rayos cósmicos. Misiones posteriores (Explorer III y Pioneer III) confirmaron que hay dos bandas de radiación a las que se denominaron “cinturones de Van Allen” en honor a su descubridor. Los amantes de la teoría conspiratoria, que sostienen que nunca llegamos a la Luna, afirman que los astronautas de las misiones Apollo deberían haber muerto por la radiación letal de los cinturones de Van Allen. Lo cierto es que el paso por tales regiones es muy rápido –media hora para el cinturón interior, que es el más intenso– y la radiación absorbida es baja. Sin embargo, si nos quedáramos metidos dentro de estos cinturones los efectos sí podrían ser letales, incluso para los componentes electrónicos de las naves espaciales. El descubrimiento significó un momento crucial para la exploración cósmica, en el que los objetivos científicos destacaron frente a la mera competencia por el poder internacional entre las dos grandes potencias del momento. Después de las derrotas iniciales en la carrera espacial, los norteamericanos lideraron los temas científicos y se empezaron a concretar la creación de un centro nacional para el desarrollo de las actividades no militares en el espacio. A mediados de 1958, se fundaba la NASA.



60 km

## Capa Protectora de Ozono

### Vida estratosférica

Si no fuera por la fuerza de atracción del planeta que nos obliga a permanecer sobre el suelo, llegar al espacio sería una travesía relativamente sencilla, algo que nos tomaría alrededor de una hora en nuestro vehículo particular viajando en línea recta alejándonos de la superficie. A pesar de los obstáculos, nos elevamos grandes distancias en aviones que parecen desafiar la gravedad, pero que en realidad funcionan con principios físicos que entendemos y usamos. Un vuelo comercial nos lleva a 10 kilómetros de altura, un lugar donde las condiciones son naturalmente extremas para la supervivencia de los seres humanos. Afortunadamente, las condiciones controladas dentro de la aeronave nos permiten disfrutar de un viaje apacible. A partir de los 10 kilómetros comienza la estratosfera, una de las capas de la atmósfera terrestre donde la temperatura desciende a 50° C bajo cero, unas cuatro veces más baja que la del congelador de nuestra nevera. Esto, sumado a las corrientes de aire que alcanzan los 150 kilómetros por hora, la baja densidad de la atmósfera y el ambiente seco, hacen de la estratosfera un lugar poco hospitalario, prácticamente imposible para la subsistencia de cualquier ser vivo.

No obstante, varios esfuerzos se hacen para estudiar posibles formas de vida a varios kilómetros sobre nuestras cabezas. Mediante globos meteorológicos a gran altitud, investigadores escudriñan y toman muestras para determinar qué formas de vida se encuentran en la atmósfera y de dónde pudieron haber surgido. Algunos de los análisis reportan la presencia de esporas bacterianas, organismos muy resistentes que son capaces de sobrevivir a temperaturas extremadamente bajas y de soportar la alta dosis de radiación a la que están expuestos. Aún no se ha encontrado el mecanismo responsable de transferir estos microorganismos a distancias tan grandes, desde la Tierra hasta la estratosfera, y varios proyectos tienen como objetivo responder este interrogante.

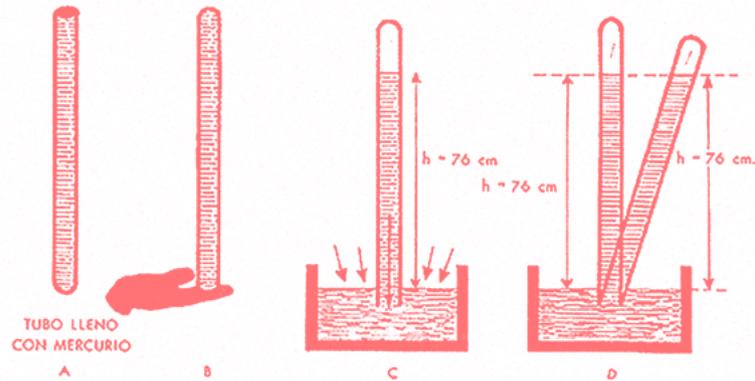
La conclusión, por el momento, es que aún sigue siendo muy difícil determinar hasta dónde llega la biosfera, es decir, dónde poner el límite de la región en la Tierra donde existen ecosistemas con seres vivos. Lo que sí es claro es que el estudio de las condiciones de vida en ambientes extremos en nuestro planeta permite aprender sobre las posibilidades de habitabilidad en otros rincones del sistema solar.

Tierra

## Viviendo bajo presión

La deportista colombiana Sofía Gómez se destacó por su participación en el Mundial de Apnea en Turquía en el 2018, obteniendo, entre otros logros, la medalla de plata en la modalidad de peso constante con bialeas. Sofía se sumergió a una profundidad de 86 metros en el mar Mediterráneo. Este logro, que parece desafiar los límites humanos, la enfrenta a una situación de mucha presión no solo por la evidente tensión durante cualquier competición, sino literalmente por estar a una profundidad en la que el peso del agua sobre su cuerpo genera efectos que solo alguien con mucho entrenamiento puede soportar. Las variaciones de presión influyen en los cuerpos de los seres humanos y de otros animales, principalmente en las estructuras que están ocupadas por aire. Sin embargo, fuera del agua, Sofía, y cualquiera de nosotros, también soporta una enorme cantidad de presión, en este caso, la que ejerce el peso del aire que está sobre nuestras cabezas, con la diferencia de que nuestro cuerpo sí está diseñado para resistir esta presión. Es más, si no existiera, no podríamos tener el cuerpo que tenemos, no podríamos vivir.

El 15 de octubre de 1608 nació la persona que descubrió que el aire tenía peso y que, aunque estiremos los brazos y nos sintamos cómodos, sobre nuestros hombros recae el peso de una columna de aire que se extiende muchos kilómetros sobre ellos,



tantos como la extensión de la atmósfera terrestre, es decir, cerca de 10.000 kilómetros, que es hasta donde se extiende su parte externa denominada exosfera. De nombre Evangelista Torricelli, la vida de este italiano estuvo lejos de ser color de rosa de comienzo a fin. Su familia, de escasos recursos económicos, no tuvo mucho cariño hacia él, y murió a la temprana edad de 39 años. Uno de sus momentos gloriosos fue haber sido discípulo de Galileo Galilei en los últimos tres meses de vida del gran sabio de finales del Renacimiento. Pero sin duda el año más importante de la vida de Torricelli fue 1643, cuando realizó un experimento en el que utilizó mercurio, que hace ascender por un tubo al exponerlo al peso del aire de la atmósfera, la denomina “presión atmosférica”. El mercurio subió 760 milímetros, lo que ahora da la medida de “presión normal”, o la presión media a nivel del mar. Si hubiese utilizado agua, Torricelli habría necesitado un tubo de algo más de 10 metros de altura para poder contener el líquido ascendente, debido a que el agua es 13.6 veces menos densa que el mercurio. El peso de la atmósfera a nivel del mar es equivalente al peso de una columna de agua con la altura de un edificio de tres pisos. Si vivimos en ciudades a mayor altitud, entonces será menor, dado que las capas más densas de atmósfera están más abajo. Torricelli mata dos pájaros de un solo tiro, descubre la presión atmosférica y calcula su valor, y con eso inventa el barómetro de mercurio.



## La Tierra, un lugar muy especial

Desde el 22 de abril de 1970, se celebra el Día de la Tierra con la intención de hacer un llamado de atención y crear conciencia sobre los problemas ambientales que están afectando las condiciones que hacen justamente de nuestro hogar planetario el mejor lugar para nosotros y para millones de otras especies vivas. Contaminación, superpoblación, deterioro de las condiciones ambientales y de habitabilidad para gran cantidad de esas especies son solo algunos de los males resultado del desmesurado uso de recursos naturales y de la falta de planeación con la cual se han venido desarrollando nuestras sociedades modernas.

Siempre he pensado que el mensaje no debería ser un llamado a proteger la Tierra, a salvar el planeta, ya que al fin y al cabo este no va a desaparecer por culpa de los humanos. El sistema solar y todos los cuerpos que lo conforman han sufrido cambios sustanciales desde su formación hace unos 4600 millones de años. La Tierra y los planetas han experimentado variaciones extremas en su forma, su temperatura, sus condiciones atmosféricas como producto de procesos violentos que han moldeado sus características físicas, y no por ello han dejado de existir ni de ser planetas. Marte, por ejemplo, era un mundo muy diferente en el pasado. Hace millones de años, pudo haber tenido una atmósfera cálida y océanos en su superficie, además de una intensa actividad geológica. La transformación que lo convirtió en un lugar seco, frío e inhóspito pudo

depender del Sol, de los inclementes bombardeos de partículas del viento solar y de la radiación, que terminarían pulverizando su atmósfera, que prácticamente se perdió en el espacio. Es posible que haya tenido vida microbiana en su superficie, pero ahora, de existir, debe estar recluida bajo tierra. Venus, por su parte, está azotado por condiciones extremas pese a que se estima que en algún momento pudo ser muy parecido a la Tierra. Ahora es un infierno, con temperaturas superficiales de 500° C y presión casi 100 veces superior a la de nuestro planeta. Es tentador pensar que en algún momento en el pasado, hace unos 3000 millones de años, Venus, la Tierra y Marte pudieron ser planetas gemelos que compartían condiciones similares, con aguas azules, tierras verdes y nubes blancas, y con formas de vida habitándolos. Creo que lo importante es asumir cada día la responsabilidad que como forma de vida inteligente tenemos todos los seres humanos de procurar que las condiciones del planeta no cambien tan drásticamente por nuestras acciones diarias. Es, en definitiva, un llamado para protegernos a nosotros mismos, sabiendo que nuestra vida y la de nuestros descendientes depende de condiciones muy frágiles; el llamado al instinto de supervivencia que tienen todos los organismos, pero que parece que los seres humanos solemos olvidar. La sociedad se ha resistido a cambiar hasta que este cambio se convierta en una necesidad, y esa necesidad ha llegado.



## La Tierra gira y gira

Si por alguna extraña razón hubiéramos existido en los primeros instantes en que surgió la vida en nuestro planeta, los días no nos alcanzarían para mucho. Se estima que los períodos de luz (día) y oscuridad (noche) habrían sido de tan solo 6 horas, una cuarta parte de lo que actualmente disfrutamos. Parece una nimiedad, pero esto cambiaría de forma radical nuestros ritmos de vida, sociales, laborales y culturales. Sabemos que el movimiento es justamente una de las acciones más generalizadas a lo largo y ancho del universo. Sin ir muy lejos, nuestro sistema solar es desde hace 4600 millones de años un ejemplo de ello. Comenzando como una gigantesca nube molecular, con gas y polvo que giraba, se desata un colapso gravitacional en el que esta se contrae. A medida que la masa se comprime, su velocidad de giro se va incrementando, al igual que cuando una patinadora dando vueltas acerca sus brazos al cuerpo para girar con mayor rapidez. La física llama a esto el principio de conservación de la cantidad de movimiento (momento) angular. El proceso da lugar a un disco, una especie de pizza gigante hecha a partir de una bola de masa. Tras algunos pocos millones de años, el disco forma en su centro una estrella y alrededor planetas, cada uno de ellos resultado de la unión, nuevamente por la acción de la gravedad, de pequeños escombros, mientras todo esto va girando. Los cuerpos que forman el recién nacido sistema planetario mantienen un movimiento de giro (rotación),



que hace parte de la conservación del momento angular. La pregunta surge cuando encontramos planetas que giran al revés de lo esperado, como es el caso de Venus, o cuando observamos el aumento de velocidad de rotación de la Tierra, o el simple hecho de que el eje de rotación terrestre esté inclinado unos 23 grados respecto a la dirección “vertical”. Urano, por su parte, gira acostado. La explicación para estas variaciones estaría asociada a impactos de cuerpos sobre el planeta que pueden afectar la dirección de su eje y la velocidad de su rotación.

¿Qué ha hecho entonces que la duración de los días en la Tierra haya cambiado? La llamada teoría del gran impacto tiene una respuesta basada en la devastadora colisión contra el planeta de un cuerpo del tamaño de Marte, que desprendió miles de toneladas de material al espacio. El choque hizo girar a la Tierra a una velocidad más rápida y los escombros desprendidos comenzarían a unirse hasta formar la Luna unos siglos después. Pero la Luna se formó más cerca de la Tierra de lo que está hoy, por lo cual las fuerzas de las mareas eran más intensas, llevando a que la fricción entre los océanos y el planeta causara una disminución en la velocidad de la Tierra, permitiendo que la Luna se alejara un poco más. Hoy está 18 veces más lejos que cuando se formó y sigue alejándose a razón de 4 centímetros por año. Dentro de 100 años, un día en la Tierra tendrá 2 milisegundos más que el día de hoy.

## Destellos en el cielo

La contemplación a simple vista del firmamento en una noche oscura y despejada nos revela una considerable cantidad de pequeños y resplandecientes destellos. La principal cuota corresponde a estrellas de la galaxia que brillan a enormes distancias de nuestro hogar y algunos pocos se deben a planetas que, al reflejar la luz del Sol, se ven también como pequeños puntos de luz en el cielo. Si tenemos un poco de paciencia, y se da la casualidad de estar en el momento y lugar adecuado, podremos sorprendernos con algún chispazo repentino en la oscuridad de la bóveda celeste, al cual más de uno le habrá dado una explicación sobrenatural o relacionada con objetos voladores de naturaleza extraterrestre, aunque el verdadero responsable está más cerca de lo que pensamos. En este caso, es el intelecto del ser humano y sus maravillosos desarrollos lo que genera brillos en el cielo. Lo que antes era exclusivamente resultado de cuerpos celestes emitiendo o reflejando luz, ahora tiene nuevos protagonistas: los satélites artificiales.

Desde que hace poco más de seis décadas, se colocó el primer cuerpo hecho por nuestra especie en el espacio, el Sputnik 1. Los desarrollos científicos y tecnológicos han permitido poner en órbita a centenares de objetos que ahora entran a formar parte de la nueva “fauna” en el espacio cercano a la Tierra. Y la gran multitud de satélites, además de conectar

diversos rincones del planeta, tomar imágenes de la superficie terrestre o ser usados por superpotencias en misiones de espionaje, entre otras múltiples tareas, pueden también reflejar luz y enviarla directamente sobre nuestras pupilas. El fenómeno se denomina destellos (o brillos) de satélite, y es causado por la reflexión de luz solar sobre la superficie de un satélite artificial, principalmente en los que se usan para telecomunicaciones.

Cuando se puso en funcionamiento en 1998, la red de satélites Iridium, destinada a telefonía, fue bastante conocida por producir la mayor cantidad de estos destellos, debido a que cada uno de los 66 satélites que la componen tiene tres antenas planas de aluminio bañado en plata. Cada satélite tarda un poco más de una hora y media en dar una vuelta alrededor de la Tierra de polo a polo, a su paso pueden producir las falsas estrellas centelleantes que en algunos casos son tan brillantes que pueden verse en pleno día. No hay que depender de la suerte para observar o fotografiar estos Iridiums, ya que existen herramientas que nos dicen con exactitud cuándo y dónde ocurrirá alguno de estos destellos. Una de las páginas más usadas es [www.heavens-above.com](http://www.heavens-above.com) en la cual basta con colocar nuestra ubicación para disfrutar de una forma astronómicamente diferente de sorprender a nuestros amigos en una noche despejada.





# PREGUNTAS SOBRE EL COSMOS



*“El científico no es  
aquella persona  
que da las  
respuestas correctas,  
sino aquél quien  
hace las preguntas  
correctas”.*

Claude Lévi-Strauss

## ¿Por qué la noche es oscura?

Además de ser enigmática y oscura, la noche ha marcado la evolución de procesos vitales en la Tierra. Las adaptaciones de nuestros ojos a la oscuridad a través de la pupila y las células en las retinas son un signo palpable de ello. Desde temprana edad, aprendemos que el Sol es el responsable del día y que la ausencia de su luz es debida a la rotación de la Tierra que nos lleva a una región penumbrosa en el espacio. Pocos habrán pensado en la extraña posibilidad de que el cielo esté siempre iluminado, pero esta era una idea que comenzó a rondar la cabeza de algunos desde el siglo XVI, cuando se introdujo la transición de un universo finito a uno infinito. La pregunta que surgió en mentes como la de Johannes Kepler era bastante inquietante: si las estrellas están uniformemente distribuidas en el espacio, ¿por qué la luz de todas ellas no hace que el cielo esté completamente iluminado, aun de noche? La llamada paradoja de Olbers recibe el nombre de otro astrónomo alemán, Heinrich Olbers, quien la popularizó en 1823. Si el universo es infinito, entonces en cualquier dirección que observáramos siempre encontraríamos una estrella que puede estar más cerca o más lejos, pero cuya luz recibiríamos en la Tierra.

Para ilustrar lo que ocurre, podemos ubicarnos dentro de un bosque con gran cantidad de árboles; en

cualquier dirección siempre encontraremos el tronco de un árbol. Varias posibles soluciones a esta paradoja han sido planteadas. El mismo Kepler propuso la existencia de una frontera en el universo dentro de la cual existía un número finito de estrellas. Otros, incluyendo a Olbers, pensaron en grandes nubes de polvo “flotando” en el espacio, que absorbían la luz de las estrellas, como cortinas que impedían ver su brillo. Curiosamente, fue el escritor y poeta Edgar Allan Poe uno de los primeros en sugerir una explicación factible, en su ensayo de 1848 titulado “Eureka”: “El único modo de comprender los espacios libres de estrellas que los telescopios encuentran en diferentes direcciones es suponer que la distancia es tan inmensa que un rayo proveniente de allá no hubiera sido aún capaz de llegar hasta nosotros”.

La solución definitiva la dio el cosmólogo Edward Harrison en 1965 al exponer que hay muchas estrellas a enormes distancias de nosotros, cuya luz, que viaja a velocidad finita, no ha tenido tiempo suficiente para recorrer esa distancia que nos separa (las estrellas tienen vidas limitadas y no son eternas). La oscuridad de la noche sería entonces una prueba de la edad finita del universo, pero también sabemos que este se está expandiendo, lo que hace que la noche sea aún más oscura.

## ¿A qué huele el espacio?

Todos los años se realizan homenajes para recordar a Yuri Gagarin, el cosmonauta soviético que el 12 de abril de 1961 se convirtió en el primer ser humano en viajar al espacio exterior, confirmando que el cielo ya no sería nunca más el límite para nuestra especie. Aunque a estas alturas el listado de personas que han salido de la Tierra suma más de 500, aún luchamos contra el hecho de que no estamos fabricados para ir al espacio.

Se necesita una compleja tecnología para superar los inconvenientes que se presentan durante un viaje de este tipo, como la posibilidad de respirar en el espacio. De hecho, la terrestre es la única atmósfera, descubierta hasta el momento, que permite a los humanos respirar. Pese a ello, hay formas de saber qué olores hay allí afuera. En los viajes espaciales, al estar de regreso en la nave, por ejemplo, los astronautas pueden percibir los aromas que desprenden sus trajes y herramientas después de estar expuestos a ese ambiente. Varios astronautas coinciden en que huelen a metal caliente, a humo de soldadura de soplete y, sí, a una parrillada que incluya una carne asada, aunque un tanto chamuscada. La combinación de estos olores puede llegar a ser desagradable. Muchas veces, el hedor ha provocado náuseas y vómito en los técnicos en la Tierra. Los responsables son los hidrocarburos

policíclicos aromáticos (HPA), grandes moléculas basadas en el carbono e hidrógeno que se originan por la acumulación de hidrocarburos más pequeños. En nuestro planeta es común encontrarlos en combustibles fósiles y son poco apreciados, pues se trata de contaminantes orgánicos que incluso salen por los escapes de los carros o en el humo del cigarrillo. En el universo, este tipo de moléculas se encuentran en el medio interestelar, en cometas y en meteoritos, y se sospecha que probablemente son componentes básicos en el origen de la vida. Los HPA “flotan” por el espacio libremente y se adhieren a los trajes de los astronautas durante los paseos espaciales. Pero en realidad allí afuera hay una gran cantidad de aromas muy diversos, como el olor a pólvora quemada que reportaron los tripulantes del Apollo 17 en su viaje a la Luna, o a ron, que tendría una nube de polvo cerca del centro de la galaxia, en donde se descubrió recientemente el formiato de etilo. También hay que sumar la variedad de olores que tendrían las nubes moleculares (nebulosas), y entre los que pueden encontrarse desde el dulzón aroma del azúcar hasta el muy desagradable de huevo podrido, dado su alto contenido de azufre. Pensar en los olores del universo es una forma diferente de experimentar nuestro contacto con él.



## ¿Se pueden crear estrellas artificiales?

En realidad, construir una estrella es humanamente imposible, pero se puede recrear una imagen en el cielo que tenga la apariencia de una de ellas. Si tenemos miles de estrellas en el firmamento sobre las cuales apuntar nuestros telescopios, ¿para qué queremos hacer una nueva estrella, lo que implica disponer de un potente láser? La culpa la tiene la atmósfera terrestre. Para la observación y el estudio del cosmos, nuestra atmósfera se convierte en un enemigo implacable, ya que la turbulencia atmosférica distorsiona las imágenes, de la misma forma en que tenemos problemas para ver nítidamente una moneda que tiremos al fondo de una piscina. La atmósfera sería como el agua de la piscina y la moneda el cuerpo que queremos observar en el universo.

La solución evidente para eludir estas dificultades es colocar un telescopio en un satélite fuera de la Tierra, logrando así una situación privilegiada para la observación. Actualmente tenemos un gran número de telescopios en el espacio. El más famoso es el Hubble, que cumplirá muy pronto 25 años. Un nuevo problema surge: el altísimo costo de poner en el espacio un telescopio, sumado a que es extremadamente difícil hacerle mantenimiento y actualizarlo. Los telescopios

en Tierra siguen siendo una opción importante y, de hecho, son los más grandes en la actualidad. Novedosas técnicas ópticas han permitido contrarrestar los efectos de la atmósfera sobre la calidad de las imágenes. Para el uso de la óptica adaptativa, como se denomina esta técnica, se necesita una estrella de referencia para la cual se puedan evaluar en tiempo real las perturbaciones producto de la influencia atmosférica a las cuales está sometida. Un pequeño espejo deformable se mueve para adoptar una forma que compensa los defectos introducidos por la atmósfera terrestre, como si sacáramos el agua en el ejemplo de la piscina y pudiéramos ver la moneda en su esplendor.

Volvemos aquí al tema de las estrellas artificiales que son generadas para calibrar algunos sistemas de óptica adaptativa. Mediante un potente láser se excitan ciertos átomos de sodio de la atmósfera superior –a unos 90 kilómetros– hasta que emiten una luz amarilla que se ve como una estrella en el firmamento. Gracias a esta técnica el poder de resolución de los telescopios puede aumentar hasta en 40 veces. Actualmente, se investiga incluso el uso de óptica adaptativa aplicada a visión humana, para crear “estrellas artificiales” sobre la retina.

# ¿Pueden los rayos cósmicos llegar a mi celular?

“Esta noche mantenga el celular apagado por una radiación cósmica que pasará cerca de la Tierra. No ponerlo cerca de su cuerpo, ya que puede causar daños”. Este alarmante titular, difundido por internet de forma viral desde el 2008, se suma a una larga lista de noticias falsas. Los rayos cósmicos son partículas que llegan desde el espacio, principalmente protones o núcleos de átomos, que bombardean constantemente la Tierra. Estas partículas, altamente energéticas, pueden viajar a velocidades cercanas a la de la luz y tener millones de veces más energía que las partículas que se generan en los aceleradores más potentes del mundo. Se piensa que provienen de más allá del sistema solar, probablemente del interior de agujeros negros o como resultado de supernovas: la explosiva y violenta muerte de estrellas masivas. Cuando los rayos cósmicos llegan a las capas altas de la atmósfera terrestre, producen una cascada de partículas secundarias, incluyendo electrones, protones, neutrinos y muones. El muon es una partícula elemental pesada, con la misma carga del electrón, pero con una masa 200 veces mayor. Determinar el origen de los rayos cósmicos no es simple. Algo que lo hace más complejo es que sus trayectorias en el espacio no son rectas, sino que se desvían cada vez que se encuentran con campos magnéticos que abundan en el espacio interestelar. Muchos de los muones llegan al suelo después de ser generados en esas cascadas atmosféricas y son fácilmente detectados. Una cámara digital puede detectar muones, de manera similar a como detecta

los fotones (partículas de luz) de un objeto al que se quiere fotografiar. En el caso de los muones, estos llegan al sensor de la cámara y liberan electrones. La energía de estos últimos nos da información sobre los muones que fueron recogidos por la cámara y, por ende, sobre la cascada de rayos cósmicos que los generó en la atmósfera.

Si quieres convertir tu celular en detector de rayos cósmicos, puedes usar una aplicación gratuita llamada DECO (Distributed Electronic Cosmic-ray Observatory), un proyecto de ciencia ciudadana desarrollado por la Universidad de Wisconsin. Además de la aplicación, necesitarás colocar un poco de cinta oscura sobre la cámara del celular para evitar que sea la luz la que llegue al sensor. Aunque se pueden detectar en la Tierra, la mayor parte de los rayos cósmicos no nos llegan, pues son frenados por el escudo protector de nuestro planeta: la magnetosfera. El campo magnético terrestre se extiende por varias decenas de miles de kilómetros en el espacio y nos protege de los rayos cósmicos que destruirían la atmósfera externa, incluyendo la capa de ozono. Algunos estudios plantean que los rayos cósmicos pueden provocar diferentes tipos de cáncer, problemas cardiovasculares e incluso incrementar las probabilidades de Alzheimer, pero esto solo sería probable en los astronautas que en el espacio, y durante un período prolongado de tiempo, reciban una intensa lluvia de partículas. Un viaje a Marte, por ejemplo, expondría a los tripulantes a estas fuertes dosis que podrían afectar su salud.



## ¿Qué fue la estrella de Belén?

La llegada del fin de año convierte a un astro en el gran protagonista: la estrella de Belén. Son pocas las referencias sobre ella, y solo uno de los libros de la Biblia, Mateo, menciona que los sabios hombres (no hace referencia a que eran tres) fueron guiados por la estrella –que vieron hacia el Este– hasta el lugar de nacimiento de Jesús, en Belén.

La pregunta es ¿pudo algún fenómeno astronómico generar un destello luminoso que se observara como una gran estrella brillante en el firmamento? Durante mucho tiempo, los estudiosos del cosmos han buscado pistas que puedan dar una explicación al fenómeno, ocurrido hace más de dos mil años. De hecho, fue uno de los astrónomos más reconocidos de la historia, el alemán Johannes Kepler, de los primeros en darle una explicación natural en 1604, sugiriendo que era consecuencia del encuentro aparente en el cielo de Júpiter y Saturno, lo que conocemos como una conjunción planetaria. Esta ocurrió en el 7 a. C., en la constelación de Piscis, hecho históricamente asociado con los judíos. Cálculos modernos demostraron que el acercamiento de ambos planetas no fue suficiente para haber sido confundidos con un solo cuerpo brillante.

Otra opción es una conjunción de Marte, Saturno y Venus, en el 12 a. C, pero seguramente fue muy difícil de observar a simple vista porque los planetas estaban cerca del Sol. Indagar qué tipo de evento astronómico pudo ser la estrella de la Navidad requiere certeza sobre la fecha.

Algunas pruebas sugieren que la Natividad tuvo lugar cerca de los años 5 o 6 a. C., muy próxima al censo promovido por Herodes, o a la fecha de un eclipse total de Luna, ocurrido alrededor del 5 a. C. Representaciones artísticas de este astro dan la idea de que se trató de algo parecido a una estrella fugaz, es decir, el destello producido por un meteoróide a su entrada en la atmósfera terrestre. Esta posibilidad se derrumba fácilmente si se tiene en cuenta que este fenómeno dura pocos segundos, en contraste con los meses que los reyes magos observaron la imponente estrella brillar.

¿Un cometa? Un cometa también se ajusta bastante bien a muchas de las ilustraciones que se han hecho, en particular durante la época del Renacimiento. La idea volvió a sugerirse en 1985, cuando, durante la época de Navidad, se podía apreciar el cometa Halley. Se sabe que el Halley fue visible en el 12 a. C., anterior a la fecha de la Natividad, y no hay registro de observaciones de otros cometas espectacularmente brillantes que pudieran ser responsables del fenómeno celeste.

Por otro lado, los cometas, observados principalmente por chinos y coreanos en aquellos tiempos, eran vistos como portadores de malos presagios, con lo cual ser guiados por uno de ellos no hubiera sido la mejor de las ideas.

¿Una supernova? También está la teoría de que lo visto habría sido una supernova. Este fenómeno genera un gran destello, producto de una explosión

que tiene lugar en las etapas finales de vida de una estrella. Su luz es tan intensa que puede superar el brillo de millones de estrellas que componen la galaxia en la cual se produce, y perdurar por varias semanas o meses, e incluso ser vista de día. Sin embargo, no hay reportes de objetos considerablemente brillantes que hayan correspondido a una supernova en esos tiempos.

Por último, algunas explicaciones le adjudican a la estrella de Belén el ser una nova, que, a diferencia de la supernova, no es tan brillante. Las novas son producto de una explosión cuando, en un sistema binario (dos estrellas), una de ellas es una enana blanca, que está siendo alimentada por el material de su compañera, y debido a la acumulación de Hidrógeno y al aumento en su masa produce una explosión termonuclear. La gran cantidad de energía liberada produce un destello que dura varios días. Hay reportes de que los chinos y los coreanos observaron una nova en el 5 a. C., que pudo durar unos 70 días. Las características parecen concordar con la descripción de los hechos históricos en cuanto a color, duración y fecha, aunque no hay certeza exacta sobre su posición, que tampoco está descrita en las observaciones encontradas.

La verdad sobre la estrella de Belén seguirá siendo un misterio y, tal vez, como lo menciona el astrofísico Mark Kidger, del Instituto de Astrofísica de Canarias, los reyes magos hayan sido alertados por una suma de varios de los fenómenos astronómicos antes mencionados, siendo la nova la señal definitiva del acontecimiento que ahora celebramos como la Navidad.



## ¿Puede un velero navegar en el espacio?

Cuando imaginamos viajes por el espacio pensamos en las naves que vemos en las películas, con grandes propulsores, posiblemente con reactores nucleares para alcanzar enormes velocidades. Rara vez nos imaginamos navegando por el universo, surcando sus distancias enormes, a bordo de una nave impulsada por velas. Y la razón es simple: en el espacio hay vacío y, por lo tanto, no hay viento, tal y como lo conocemos en la Tierra, capaz de moverlas. Pero sí existe el llamado viento solar (flujo de partículas de plasma solar). Del Sol sale gran cantidad de radiación que baña todo nuestro sistema planetario. Pese a no tener masa, los fotones, o partículas de luz, pueden chocar contra espejos ultradelgados e impulsar, por ejemplo, una nave, lo cual constituye un método alternativo al uso de motores.

El concepto parece exclusivo de autores de ciencia ficción, como Arthur C. Clarke. En la década de los 70, él les dio protagonismo a los veleros solares, pero ya se está probando esta tecnología que reduciría considerablemente el peso de la nave, permitiéndole alcanzar grandes velocidades. La idea no es nueva, el

gran astrónomo Johannes Kepler fue el primero en estudiar los efectos de la presión de la radiación del Sol, al observar que la cola de los cometas apuntaba siempre en dirección opuesta al Sol. Kepler sugirió la idea de desarrollar naves espaciales que pudieran aprovechar este fenómeno. Luego, en 1873, James Maxwell desarrolló su teoría electromagnética de la luz y concluyó que esta debe ejercer una presión sobre los cuerpos.

Justamente en estos momentos se está probando esta tecnología en un satélite que se mueve exclusivamente por el impulso que da la radiación solar sobre enormes velas de 344 metros cuadrados de un material muy resistente. El proyecto de nombre LightSail está en fase de pruebas y seguramente marcará el comienzo de una nueva época de exploración del cosmos. Lo curioso es que el uso de veleros espaciales nos recuerda las aventuras de exploración de intrépidos navegantes en sus misiones de descubrimiento a bordo de barcos con sus velas fuertemente impulsadas por el viento hasta llegar a sorprendentes destinos.

# ¿Frío o caliente? ¿Qué temperatura tiene el universo ?

En su remoto pasado, hace miles de millones de años, la temperatura del universo alcanzaba varios billones de grados centígrados, pero se ha ido enfriando lentamente a medida que se expande, hasta alcanzar el valor actual, que está solamente 2,7 grados por encima del llamado cero absoluto (la temperatura más baja posible según las leyes de la física, que equivale a  $-273,15$  °C).

El universo es frío, muy frío. Su temperatura se ha medido gracias al descubrimiento, en 1965, de la radiación cósmica de fondo, que se conoce como el eco que proviene del origen del universo, una radiación que baña todo el cosmos. Hay muchísimos sitios en el universo donde la temperatura es mucho mayor que la del promedio, por ejemplo, en las estrellas, cuyo interior puede estar a varios millones de grados centígrados. Encontrar sitios más fríos es mucho menos común. Sin embargo, en 1995 se descubrió un objeto que representa todo un récord de baja temperatura. Ese cuerpo es una nube de gas a 5000 años luz de la Tierra, que corresponde a una estrella agonizante en cuya fase terminal expulsa gas que se expande a más de 100 kilómetros por segundo y genera la llamada nebulosa Boomerang, y el valor más bajo de temperatura que se

midió en ella es de apenas medio grado por encima del cero absoluto. Al igual que el funcionamiento de una nevera convencional, en la nebulosa el gas se expande, lo que hace que se enfríe. Este lugar sigue siendo un misterio y aún no se entiende cómo el gas puede ser expulsado a semejante velocidad. No obstante, si hablamos de cosas frías, la temperatura más baja conocida en el universo fue registrada muy cerca de nosotros, aquí en la Tierra, en un laboratorio de física.

Los experimentos con átomos ultrafríos, por medio de enfriamiento con láser y campos magnéticos, llevan a la materia a temperaturas muy cercanas al cero absoluto. En tal estado, la materia está dominada por la mecánica cuántica y tiene propiedades fascinantes, por ejemplo, el material enfriado se vuelve superconductor (no opone resistencia al flujo de electricidad). En una reciente edición de *Science* se presenta un estudio de la Universidad de Stanford, en el que átomos de rubidio son llevados a temperaturas récord de escasamente  $0,0000000005$  grados por encima del cero absoluto, la temperatura más baja jamás medida. Hay experimentos que se desarrollarán en Estación Espacial Internacional y buscarán alcanzar temperaturas diez veces menores.

## ¿Por qué en el espacio nadie te escucha?

“En el espacio nadie puede escuchar tus gritos” era la aterradora frase que promocionaba hace cuatro décadas una de las películas más destacadas y populares del cine de ficción: *Alien, el octavo pasajero*, de Ridley Scott, en la que exploradores humanos eran atacados por extraterrestres. Ajustándose a la realidad física, la película hace justicia al hecho de que el espacio es, en gran parte, vacío, y que el sonido requiere un medio para propagarse. El sonido es lo que se llama una onda de presión, es decir, que cuando escuchamos las ondas sonoras producidas por variaciones en la presión del aire hacen vibrar una membrana en el oído y luego estimulan terminaciones nerviosas que generan un impulso, interpretado en el cerebro como un sonido.

Sin embargo, en el amplio espacio entre las estrellas hay gases formando muchas veces inmensas nubes que, al llenar el vacío, podrían ser un tipo de medio por el cual el sonido se propaga. El problema es que aunque desde la Tierra las nebulosas se vean como estructuras muy compactas, realmente son enormes y su densidad es muy baja, mucho menor que la de nuestra atmósfera. Mientras que el aire que respiramos tiene unos 30 trillones de millones de átomos por centímetro cuadrado, en una nebulosa

escasamente encontraríamos un par de átomos en ese mismo volumen. Muy pocos átomos por segundo golpearían nuestros oídos y no tendríamos la agudeza auditiva para escuchar ningún sonido.

Se podría pensar que en el espacio escucharíamos una gran explosión, como la generada por una supernova, dado que esta expulsaría gases que serían el medio necesario para que el sonido se propague. Nuevamente habría un inconveniente: los gases se expandirían muy rápido en el vacío circundante y la densidad se reduciría vertiginosamente, haciendo que el sonido no sea audible dada la poca cantidad de materia en el medio. Sorprendentemente, en el 2003 se detectó el sonido en un cúmulo de galaxias a 250 millones de años luz de la Tierra, donde se cree que hay eventos explosivos alrededor de un agujero negro supermasivo.

Nuestro propio Sol emite sonidos al vibrar, como si fuera un gigantesco tambor. Estos sonidos no pueden viajar por el espacio vacío, pero las vibraciones sí se pueden registrar en imágenes, y estas transformar en sonidos que sean audibles. Gracias a la física se pueden convertir las ondas de sonido en impulsos eléctricos que permiten a los astronautas comunicarse con la base de control terrestre.

## ¿Por qué titilan las estrellas?

Aunque no la usamos con frecuencia, reconocemos fácilmente la palabra ‘titilar’. Sabemos que se refiere al centelleo o destellos luminosos intermitentes que emiten las estrellas en el firmamento. Hay incluso canciones que dicen que las diminutas estrellas titilan como diamantes. Pero en realidad las estrellas no titilan. De hecho, nadie diría que el Sol, que es ciertamente una estrella, exhibe este parpadeo. Sin embargo, para todos es claro identificar a las estrellas con el fenómeno que, en palabras de Pablo Neruda, hace que cuando la noche está estrellada tiriten los astros a lo lejos.

¿Qué hace que reconozcamos a las estrellas en el firmamento por su peculiar titilar? Más aún ¿por qué los planetas que se ven a simple vista en una noche despejada, como Venus, Marte, Júpiter y Saturno, se ven como puntos fijos y no titilan? La respuesta está en la atmósfera de la Tierra. Sus capas y temperatura son culpables de la distorsión que se produce sobre la radiación que proviene de las estrellas. A medida que los rayos de luz cruzan la atmósfera son desviados por el fenómeno de la refracción (el que hace que una

lupa concentre rayos de luz). La atmósfera, además, está siempre en movimiento, temblando como si fuera una gelatina y generando la llamada turbulencia atmosférica, por lo cual la luz que llega a nuestros ojos parece “temblar”, cuando lo que en realidad tiembla es la atmósfera terrestre. Lo mismo sucede cuando viajamos por una carretera en un día caluroso y vemos las imágenes distorsionadas a lo lejos, en este caso por la turbulencia del aire caliente cerca del suelo. Evitar el efecto perturbador de las capas de la atmósfera sobre las imágenes es una de las principales razones por las que los observatorios astronómicos se ubican en zonas altas.

Y en cuanto a los planetas, pese a ser mucho más pequeños que las estrellas, están más cerca, por lo cual aparecen como puntos más grandes, y como el haz de luz es mayor se ve menos afectado por la atmósfera y, a pesar de que se mueve, una parte llega a nuestra pupila. Para salir de dudas, se podría comprobar que desde el espacio la luz de las estrellas permanece inmóvil y estas no titilan.



## ¿Qué influencia tiene la Luna sobre nosotros?

En octubre de 1959, el mundo estaba a la expectativa, porque un cilindro de aluminio de casi 300 kilogramos se encontraba a punto de sobrevolar la inexplorada superficie lunar. Ningún habitante de nuestro planeta había visto una de las caras de la Luna, que siempre permanece oculta. Esto se debe a la Tierra y su atracción gravitatoria, responsable de haber frenado al satélite natural. La Luna tarda el mismo tiempo en rotar sobre sí misma que en completar una vuelta alrededor de nuestro planeta: unos 27 días.

Embarcarse en una misión hacia la desconocida cara lunar era idea de un verdadero “lunático”, padre del programa espacial ruso, y un “loco” por la exploración del cosmos: Sergei Korolev. Él había diseñado la Luna 3 –la primera nave que usó energía solar para su funcionamiento– con el propósito principal de escudriñar la Luna, objeto que llevaba siglos siendo protagonista de un buen número de misterios e interrogantes.

Entre los más sonados enigmas está la relación de la Luna con cambios de ánimo en los seres humanos y ciertas formas de locura. Se creía, por ejemplo, que en las noches de luna llena aumentaban los ataques

epilépticos y la criminalidad en las ciudades. El médico renacentista Paracelso, fundador de la toxicología, ayudó a propagar aquellas creencias, clasificando a los enfermos mentales en tres categorías, una de las cuales denominó “lunáticos”, haciendo referencia a la influencia de la Luna y sus fases sobre la enfermedad.

Muchos siglos antes de Paracelso, el gran pensador griego Aristóteles también hacía alusión a la influencia de la Luna sobre los humanos, en particular a la atracción que ejercía sobre el agua en el cerebro, órgano más húmedo del cuerpo. Varios estudios científicos han descartado esta supuesta influencia. Es cierto que la Luna es responsable de las mareas al ejercer atracción sobre el agua del planeta, pero un simple mosquito volando sobre nuestra cabeza ejercería más atracción gravitacional que la Luna sobre el agua de nuestro cerebro. A finales del 2012, el presidente de los Estados Unidos, Barack Obama, firmó la aprobación para eliminar la palabra “lunático” de todas las leyes del país. Hace un poco más de medio siglo las fotografías del Luna 3 nos mostraban por primera vez la cara oculta de nuestro satélite, revelando una topografía montañosa diferente a la de su conocida cara visible.

## ¿Qué sabemos sobre el Cinturón de Orión?

Durante una expedición a una cueva alemana en el valle del río Danubio en 1979, el hallazgo de un fragmento de colmillo de mamut se convirtió en uno de los descubrimientos más significativos de la historia. El trozo, del tamaño del pulgar de un niño, había sido tallado por nuestros ancestros hace cerca de 35.000 años. En él se detalla una de las primeras representaciones de un ser humano encontradas en registros arqueológicos. La figura muestra a una persona de cintura delgada, erguida, con las piernas abiertas y los brazos en alto. Algunos investigadores afirman que se trataría de la representación de la constelación de Orión, el famoso cazador de nuestro firmamento. Y las razones no son pocas, pues la forma corresponde al patrón de estrellas de la constelación, en particular en su cintura, en donde se encuentran tres estrellas muy brillantes que habitan durante todas las noches nuestros cielos colombianos.

Todos hemos visto esa alineación casi perfecta de estrellas a la que le hemos denominado Las Tres Marías o también Los Tres Reyes Magos, dado que en días cercanos al 6 de enero se les puede ver saliendo por el Oriente al entrar la noche. Técnicamente, a esa disposición destacada de estrellas se le llama un asterismo. El cinturón de Orión es uno de los más significativos para las más importantes civilizaciones de la antigüedad, desde los

babilonios, pasando por los egipcios y los griegos. Para los antiguos egipcios, las almas de los muertos entraban al cielo través del cinturón, donde residía Osiris, el dios de la resurrección. Seguramente esto explica que la disposición de las tres pirámides de Giza coincida con las tres estrellas, que en realidad no están igualmente espaciadas ni perfectamente alineadas, mostrando la conexión entre estas tumbas faraónicas y el cinturón del cazador. Los patrones de las constelaciones realmente cambian en el cielo debido al movimiento de las estrellas a través de miles y millones de años y, normalmente, estrellas que pueden verse muy cercanas unas de otras pueden estar a enormes distancias.

En el caso del cinturón, esto no es así. Las tres estrellas, Míntaka, Alnilam y Alnitak, cuyos nombres debemos a los árabes, se formaron hace unos 5 millones de años de un mismo origen, una inmensa nube de moléculas, por lo cual viajan en conjunto en el espacio. La región es en realidad una agrupación de un centenar de estrellas, de nombre Collinder 70, la mayoría poco brillantes y más pequeñas que nuestras tres protagonistas. Su luz tarda entre 800 y 1000 años en llegar a la Tierra, siendo Alnilam la más brillante del trío, también la más lejana. Innumerables historias, observaciones e investigaciones científicas siguen girando en torno al cinturón más famoso de la humanidad.



## ¿Cómo empezamos a saber el tamaño del universo?

Uno de los grandes interrogantes de nuestra especie es cuál es el tamaño del universo y qué tan lejos se encuentran las estrellas. En la antigua cultura griega, y durante mucho tiempo, se pensó que las estrellas estaban fijas alrededor de la Tierra en una esfera que

cerraba la estructura de más esferas, cada una con los diferentes planetas. En la esfera de las estrellas se contaban 1022 astros, que corresponden al catálogo establecido por Ptolomeo en el siglo II. En este modelo geocéntrico, que sobrevivió hasta la Edad Media, la Tierra tenía una posición privilegiada justo en el centro. Desde entonces, nuestra visión del cosmos ha dado un gran salto y ahora contamos con varias formas de medir la distancia a diferentes objetos en el universo, lo que se conoce como escala de distancias cósmicas. La distancia a estrellas cercanas se midió por paralaje trigonométrico. Este complicado nombre hace uso de un sencillo principio ideado por Aristarco de Samos hace más de dos mil años y que, curiosamente, solo le permitió concluir que las estrellas estaban infinitamente lejos.

Para entender el paralaje podemos colocar un dedo entre nuestros ojos y el texto de esta columna. Viendo solo por un ojo comprobaremos que el dedo cubre una parte del texto, y al ver únicamente por el otro ojo nuestro dedo habrá saltado hasta cubrir otra parte del texto. Entre más cerca esté el dedo de nuestros ojos, mayor será su desplazamiento aparente sobre el texto de fondo. Aplicado al cosmos, el paralaje estelar nos permite medir distancias a estrellas cercanas en nuestra galaxia si hacemos observaciones desde dos sitios diferentes y medimos el cambio en la posición de las estrellas en cada lugar. Pero ¿qué sucedió entonces para que Aristarco no encontrará ningún desplazamiento de las estrellas?

El problema es que el movimiento aparente de las estrellas solo es perceptible con telescopios. Solo desde 1838 se midió con éxito la distancia a una estrella y se abrió el camino para darnos cuenta de las escalas interestelares. Lo consiguió el astrónomo autodidacta Friedrich Bessel, quien encontró que la distancia a la estrella 61 Cygni era 650.000 veces mayor que la distancia al Sol. Este fue reconocido como el mayor triunfo de la astronomía práctica y representó el paso crucial para empezar a ponerle medidas al universo, aunque luego hubo que idear nuevos métodos para medir distancias a objetos cada vez más lejanos.

## ¿Cuál fue el primer animal enviado al espacio?

Tras más de seis décadas desde que la famosa perrita Laika, tripulante de la nave Sputnik 2, fue lanzada fuera de la Tierra, convirtiéndose en el primer ser vivo en orbitar el planeta el 3 de noviembre de 1957, es bueno recordar el importante papel de los vuelos de animales como precursores de las misiones humanas. En plena carrera espacial, el afán por conquistar el espacio era evidente y en poco tiempo se hicieron enormes avances. Laika partió escasamente un mes después de que el primer objeto artificial, el Sputnik 1, fue puesto en órbita. Antes de Laika, varios perros habían sido lanzados a algunos kilómetros de altura, e incluso otros mamíferos, como Albert II, mono rhesus, que alcanzó los 140 kilómetros de altura a bordo de un cohete V2, justo antes de comenzar la década del 50. Pero en toda esta historia de aventuras espaciales un capítulo importante lo han desempeñado las moscas. La mosca de la fruta fue, en 1947, el primer animal en el espacio. Tres minutos después de despegar en un misil, y acompañadas de una buena ración de semillas de maíz, un grupo de moscas logró superar los 100 kilómetros de altura –límite a partir del cual se considera adentrarse en el espacio exterior-. El misil fue rescatado en Tierra para estudiar el efecto de la radiación a la que estuvieron sometidas las moscas sin la protección de la atmósfera. Además de la exposición a la radiación,

sabemos que otras condiciones del ambiente espacial tienen efectos nocivos para el hombre.

En la actualidad, un gran número de investigaciones tiene como objetivo estudiar cómo nuestro sistema inmunológico es afectado por un viaje espacial. Algunos experimentos muestran cómo el ambiente de microgravedad puede alterar la habilidad de las células del sistema inmunológico e impedirles hacer su trabajo para defender al cuerpo de los microorganismos dañinos. También se ha encontrado evidencia de que estos microorganismos podrían volverse más “agresivos” en ingravidez, por tanto, el efecto nocivo sería aún más perjudicial sobre el débil sistema inmunológico.

Las moscas han sido esenciales para profundizar en este conocimiento, ya que su sistema inmunológico es muy similar al nuestro. El ciclo de vida de estas especies es muy rápido (pocos días), por lo cual varias generaciones pueden ser estudiadas en un tiempo corto y su genoma está perfectamente registrado. Un 60 por ciento de los genes de enfermedades humanas se puede identificar en el código genético de las moscas. En la Estación Espacial Internacional (EEI), las moscas también son protagonistas: viven en un laboratorio donde se prueban sus condiciones de vida; seguimos aprendiendo de ellas con miras a nuestro objetivo de viajar a otros mundos.

# ¿Por qué cambia la fecha de la Semana Santa todos los años?



A diferencia de otras celebraciones cristianas como la Natividad, que se conmemora regularmente en la noche del 24 al 25 de diciembre, la fecha de la Semana Santa cambia anualmente y es normal mirar el calendario para tener certeza sobre los días en que caerá. En esto tiene mucho que ver la astronomía, para encontrar la relación hay que volver hasta el 325 d. C., cuando se celebró el primer Concilio Ecuménico en Nicea (actual Turquía). Los concilios, que se estima se celebran desde el 50 d. C., se han establecido como asambleas celebradas por la Iglesia católica en las que se convoca a los obispos para discutir doctrinas y prácticas, para luego proclamarlas. El Primer Concilio de Nicea fue convocado por el emperador romano Constantino I el “Grande”, aconsejado por el obispo Osio de Córdoba, justo cuando el primero imponía su dominio sobre el Imperio Romano. Fue un paso más allá respecto al Concilio de Arlés (314 d. C.), que había ordenado que la Pascua se celebrara en todos los lugares durante el mismo día. Lo que estableció el Concilio de Nicea fue que esta fecha iba a estar marcada por la Luna, más exactamente por la luna llena o plenilunio. El Domingo de Resurrección sería entonces el domingo siguiente a la primera luna llena posterior al equinoccio de primavera boreal, es decir, la primera luna llena primaveral en el hemisferio norte.

El equinoccio ocurre cuando el eje de la Tierra se ubica de tal forma que ambos polos terrestres están a la misma distancia del Sol, lo que hace que día y noche tengan la misma duración. En el caso del equinoccio de primavera, en el hemisferio norte terrestre su fecha puede variar entre el 20 y el 22 de marzo. Otra norma establecida por en el Concilio de Nicea determinó

que la celebración no debía coincidir con la Pascua judía, que conmemora el éxodo de los israelitas de Egipto, conducidos por Moisés. En un comienzo, y dado que los cristianos provenían de la tradición judía, la Pascua se celebraba al mismo tiempo. No obstante, seguía habiendo diferencias entre la Iglesia de Roma y la Iglesia de Alejandría, pese a que el Concilio de Nicea dio el privilegio a los alejandrinos de calcular la fecha de la Pascua y comunicarla a Roma, desde donde se daba a conocer a todo el mundo cristiano. Entre otras cosas, esto se dio por la superioridad en astronomía de Alejandría, conocida como el centro cultural del mundo antiguo. Solo hasta el 525, y gracias a que Dionisio el “Exiguo”, monje de la curia romana y matemático, convenció a los romanos sobre la ventaja de los cálculos alejandrinos, se unificó la determinación de la Pascua cristiana. Durante varios siglos, este tema significó discusiones importantes. En el siglo XVI la Iglesia católica estableció lo que se llamó un calendario lunar eclesiástico, menos preciso que el calendario astronómico, pero con algunas ventajas prácticas; en este los plenilunios “ficticios” se fijaban mediante unas tablas numéricas.

Así lo vieron incluso reconocidos astrónomos de la época, como Tycho Brahe y Johannes Kepler, quienes lo defendieron. Se dice que Kepler mostró su apoyo diciendo “la Pascua es una fiesta, no un planeta”. Las nuevas reglas aseguraban que las Pascuas cristianas y judías no coincidieran, para lo cual si el plenilunio eclesiástico después del equinoccio primaveral caía en domingo, fecha de la celebración judía, la cristiana tenía lugar el domingo siguiente. Pero la conexión de la Semana Santa no es solo con la astronomía, también



con la matemática. Se conoce como “computus” el cálculo de la fecha de la Pascua. Numerosos grupos que surgieron a principios del siglo IV, utilizaban cálculos propios para establecer cuándo debía celebrarse. En el Renacimiento, algunos de los métodos usaban la proporción áurea, un número irracional con diversas propiedades interesantes, entre ellas su relación con la estética y la belleza.

Más recientemente, se usaron algoritmos como el ideado por uno de los matemáticos más reconocidos de toda la historia, el alemán Carl Friedrich Gauss, en 1800, con el cual se puede realizar el cálculo mediante cinco sencillas operaciones aritméticas. Las diferencias entre el criterio astronómico y el religioso pueden implicar que la luna astronómica no coincida con la eclesiástica. En 1962 ocurrió esto. El equinoccio de primavera se dio un miércoles 21 de marzo y la luna llena astronómica tuvo lugar unas cinco horas después, por lo que, según el criterio astronómico, la Pascua debía celebrarse el primer domingo siguiente, es decir, el 25 de marzo. Pero la luna llena eclesiástica caía el 20 de marzo, es decir antes del equinoccio, por lo que, según la norma, se tuvo que esperar hasta el 18 de abril, fecha de la primera luna llena después del

equinoccio del 21 de marzo, para poder determinar el Domingo de Pascua, que finalmente se celebró el 22 de abril. Gracias a la precisión de las matemáticas y de los movimientos celestes, podemos ponerles fechas exactas a las siguientes Semanas Santas. Se sabe con exactitud que tendremos Domingo de Pascua cada año entre el 22 de marzo (cuando el plenilunio eclesiástico cae un sábado 21 de marzo) y el 25 de abril (cuando el plenilunio ocurre un 20 de marzo, por lo que habría que esperar al siguiente plenilunio, el 18 de abril, que, al ser domingo, desplaza una semana más la celebración). Podemos incluso saber que las fechas de la celebración se repetirán de forma idéntica cada 5.700.000 años o que la mayor ocurrencia de un Domingo de Pascua es el 19 de abril. Del día de celebración del Domingo de Resurrección dependen una decena de fiestas católicas, como, por ejemplo, la Ascensión (39 días después), Pentecostés (49 días después) y el Corpus Christi (60 días después).

En el siglo XX, algunas personas e instituciones han promovido tener una fecha fija para la Semana Santa, postulando que sea celebrada el domingo después del segundo sábado de abril. Aunque han tenido algo de apoyo, no han avanzado en su implementación.



## ¿Se puede ver la Luna de diferentes colores?

El único satélite natural de la Tierra siempre nos ha intrigado y es protagonista de un buen número de historias, algunas ciertas y otras rondando los linderos de la ficción, como aquellas que tienen que ver con su color. Cada cierto tiempo, encontramos noticias que nos alertan sobre la observación de la luna roja o azul. Incluso la han “pintado” de verde, como cuando por internet se informaba que la Luna en el mes de abril se tornaría de este color debido a una alineación planetaria y a la cercanía del planeta Urano, de tonalidad algo verdosa.

Los que estaban preparados para salir en la noche a disfrutar de ese espectacular avistamiento, se quedaron esperando a que sucediera y lo único que pudieron contemplar fue la usual imagen del satélite con sus característicos tonos blancos y grises. El falso fenómeno de la luna verde se produciría cada 420 años. Pero ¿acaso hay alguna conexión con la expresión “cuatro veinte”, utilizada para hablar del 20 de abril, que desde hace cuatro décadas es la fecha en que varios lugares del mundo establecieron como el Día Internacional de la Marihuana? Es probable que sea así y qué mejor que difundir una falsa noticia sobre la luna verde para promocionar esta singular celebración.

Pero cambiándole de color a nuestro satélite, esta vez a azul, ese rótulo se le pone a la segunda luna llena que ocurre el mismo mes y que es poco frecuente. Pasa cada dos o tres años en promedio, y los que salen con la esperanza de ver a la Luna de este inusual color se quedan con las ganas porque esto nunca ocurre. El único tono “exótico” que puede adoptar la Luna es el rojo, cuya explicación científica está asociada al fenómeno de los eclipses de Luna, observados desde los albores de la humanidad, y cuyo efecto está relacionado con la dispersión de la luz solar en la atmósfera de la Tierra. Al entrar la Luna en la sombra generada por la Tierra es justamente luz roja la que cae sobre nuestro satélite, mientras que los otros colores son dispersados hacia otras direcciones. El fenómeno de dispersión de la atmósfera terrestre hace también posible que al Sol lo podamos ver con un tinte anaranjado al amanecer y cerca del ocaso.

Estos engaños que gracias a internet ahora se difunden rápidamente son una buena excusa para pensar, analizar y entender muchos fenómenos astronómicos que suceden sobre nuestras cabezas.

## ¿De dónde provienen los nombres de los doce meses del año ?

El año está dividido en los conocidos doce meses, pero originalmente el calendario romano se dividía en diez meses, comenzando en marzo con la época de la primavera –momento a partir del cual tenían inicio las actividades religiosas y agrícolas–, hasta que Numa Pompilio, segundo rey de Roma, lo reforma dividiéndolo en doce meses lunares hace veintisiete siglos. Números, dioses y hasta festividades son responsables de dar nombre a los diferentes meses del año en el calendario gregoriano, que actualmente se utiliza en casi todo el mundo y que proviene del calendario romano.

Enero fue el primer mes añadido. Proviene del latín *ianuarius*, acogiendo el nombre del Dios Jano, el dios de las puertas y entradas. En español derivó en janeiro, janero y, finalmente, enero.

Febrero, segundo mes añadido por Pompilio. Su nombre proviene de la fiesta romana de purificación que los sabios celebran anualmente y que se denomina Februa, en la que se aplacaban las almas de los muertos con diversas ofrendas.

Marzo, su nombre es derivado del que tenía el primer mes en el calendario romano, *martius*, que a su vez hace honor a Marte, dios de la guerra, coincidiendo con la época en que iniciaban las campañas bélicas.

Abril, aunque aún no hay claridad sobre su origen, el nombre de este mes parece estar íntimamente relacionado con la palabra “abrir” y la llegada de la primavera, época en la que florecen (abren) las plantas.

Mayo, se cree que debe su nombre a Maia o Maya, diosa de la fertilidad, la salud y la castidad, en honor de quien se celebraba un festival durante este mes.

Junio, pudo tener su origen en la diosa Juno, la reina de los dioses, que representaba la maternidad en la mitología romana, pero también se dice que hace honor a uno de los fundadores de República romana: Lucio Junio Bruto.

Julio, mes en el que nació Julio César, el gran emperador romano, y por quien este mes recibe su denominación, dejando de lado su nombre inicial *quintilis*.

Agosto, otro mes que debe su nombre a un emperador romano, esta vez Augusto Octavio, quien cambia el nombre original *sextilis*, seguramente celoso por el mes anterior, que se había consagrado a Julio César.

Los nombres de los últimos cuatro meses del año, septiembre, octubre, noviembre y diciembre, están inspirados en números, dado que eran respectivamente el séptimo, octavo, noveno y décimo mes en el calendario romano.

## ¿Cuál es el día más largo del año?

En el hemisferio norte a mitad de año se disfruta con el comienzo del verano, mientras que en el sur alistan los abrigos para enfrentar los meses más fríos. Un evento astronómico es el responsable de marcar cada año una fecha que desde la antigüedad ha sido determinante en la vida de los seres humanos y se ha celebrado con grandes festividades. Para poder explicar lo que sucede durante el, así llamado, día más largo del año en el hemisferio norte, los humanos tuvimos que entender la configuración del sistema conformado por el Sol y la Tierra. En un comienzo es fácil notar que a lo largo del día la posición del Sol en el cielo va cambiando, y así, al pasar las horas, vemos cómo recorre la bóveda celeste. Este movimiento del Sol es aparente, en realidad es la Tierra la que se mueve, girando sobre sí misma. Siendo un poco más detallistas, podremos observar que día tras día el recorrido del Sol en el cielo es diferente, y que sus puntos de salida sobre el horizonte al amanecer (orto) y por donde se pone al atardecer (ocaso) van cambiando a lo largo del año. En este caso, la causa es el movimiento de nuestro planeta en su órbita alrededor del Sol. Notaremos también que la altura máxima alcanzada por la estrella al mediodía sobre nuestras cabezas también cambia durante el año. Una simple varilla puesta verticalmente nos permite observar los cambios en su sombra (más corta o más larga). Para nuestros antepasados, este sencillo artilugio, denominado *gnomon*, se usaba para medir el paso del

tiempo, siendo el fundamento del famoso reloj de Sol. Con este experimento es fácil comprobar que hay un día en el año en el cual la sombra de la varilla al mediodía es la más corta de todas. Ese día es el llamado solsticio de verano en el hemisferio norte. Su nombre proviene del latín y significa “sol quieto”, porque a partir de ese momento la altura máxima del Sol en el cielo, que hasta ese día iba aumentando, se detiene para comenzar a disminuir paulatinamente.

En todos los lugares que se encuentren sobre una línea imaginaria paralela al ecuador terrestre y a una latitud de aproximadamente 23 grados la varilla no producirá sombra a la mitad del día más largo del año. Eso se debe a que los rayos del Sol “golpean” de frente estos puntos localizados sobre el trópico de Cáncer (en la antigüedad durante el solsticio de verano el Sol estaba en la constelación de Cáncer), mientras que para cualquier otro punto sobre la superficie terrestre caen inclinados. Estos hechos son prueba de que la superficie de la Tierra es curva y que su eje de rotación está inclinado 23 grados. Eso fue lo que pensó el matemático griego Eratóstenes hace más de 2000 años, a partir de la primera medición de la circunferencia del planeta. Por su parte, los habitantes del hemisferio sur tienen el día más largo del año seis meses más tarde, cuando los rayos del Sol llegan justo sobre la línea imaginaria del trópico de Capricornio, a unos 23 grados al sur del ecuador.



## ¿Qué podría escapar de un agujero negro?

Los agujeros negros han pasado de ser simples concepciones teóricas y de protagonizar películas de ciencia ficción a convertirse en objetos reales que habitan el universo y a los cuales podemos incluso medirles el “pulso” a través de las deformaciones que generan en el espacio y el tiempo. En el 2016, se anunció la detección de las denominadas ondas gravitacionales, producidas por la fusión de agujeros negros en una galaxia lejana a más de mil millones de años luz de la Tierra. Al parecer los agujeros negros dejarán de ser aquellos objetos exóticos que eran en un comienzo y se convertirán en esenciales para la configuración del universo. La mayoría de las galaxias, incluyendo nuestra Vía Láctea, puede contener un monstruoso agujero negro de millones de veces la masa de nuestro Sol.

Las ondas gravitacionales que ahora podemos detectar nos permiten inferir algunas propiedades de los agujeros negros progenitores, como, por ejemplo, sus masas. Es sin duda una nueva y revolucionaria forma de adentrarnos en la naturaleza de estos cuerpos “invisibles”. Pese a que el término agujero negro se popularizó en 1969, la idea de un cuerpo tan denso que ni la materia ni la luz pueden escapar de él data de la segunda mitad del siglo XVIII. Desde entonces han

sido un misterio, pero en los últimos cincuenta años la teoría ha tenido importantes avances en torno a su descripción. Una de las preguntas a responder es si verdaderamente son negros, es decir, si se tragan todo lo que cae en ellos una vez se sobrepasa una frontera alrededor del agujero llamada “horizonte de sucesos”.

En 1974 el reconocido físico Stephen Hawking postuló la existencia de algo que sí podría escapar del horizonte de eventos del agujero. La Radiación de Hawking, como se le conoce, se formaría por efectos de la física cuántica, justo en el límite del horizonte de eventos, a partir de pares de materia y antimateria (pares partícula-antipartícula). Las antipartículas que se crean dentro de la frontera del horizonte de eventos serán las responsables de reducir la masa del agujero negro al aniquilarse con sus propias partículas de materia; como consecuencia el agujero se “evapora”. Las partículas del par, creadas justo fuera de la frontera, escapan y producen la Radiación de Hawking, que lleva “impregnada” la información de lo que el agujero se tragó. El problema es que esa emisión sería muy débil, como ahora lo señala un reciente estudio científico, que recrea en el laboratorio el análogo a un agujero negro, pero de sonido.

## ¿Estamos solos en el universo?

Han pasado más de cuatro siglos desde que un sacerdote italiano fuera quemado vivo en la hoguera, después de sufrir un encierro de más de ocho años, debido a que sus ideas sobre el universo fueron consideradas como herejía. Hoy la comprobación de algunas de esas ideas, como aquella de que existen otros sistemas solares en el universo, es motivo para ganar el Premio Nobel de Física. El sacrificado –en el 1600– fue el astrónomo, filósofo y teólogo Giordano Bruno, un adelantado a su tiempo que, además de defender el modelo copernicano según el cual la Tierra giraba en torno al Sol, fue pionero en proponer que las estrellas en el cielo eran soles como el nuestro, alrededor de los cuales orbitan otros planetas. Aquellos mundos, pensaba Bruno, podrían estar habitados por animales y seres inteligentes. La idea de la pluralidad de sistemas solares no gustó nada en la sociedad de la época. Hoy Bruno es considerado como uno de los precursores de una gran revolución científica, ya que sus ideas sobrevivieron a las llamas y continuaron influyendo a otros grandes pensadores en los siglos posteriores.

Cuando se anunciaron los ganadores del Premio Nobel de Física 2019 –para el padre de la cosmología moderna, James Peebles, y los astrofísicos observacionales Michel Mayor y Didier Queloz– era imposible no evocar al gran Giordano Bruno y su visión del universo que desafió a la Inquisición. El trabajo de Mayor y

Queloz les permitió descubrir, en 1995, el primer planeta fuera del sistema solar (planeta extrasolar) orbitando una estrella similar al Sol, uno de esos sistemas solares imaginados por Giordano Bruno. La técnica, perfeccionada por los dos astrónomos suizos, es capaz de medir el efecto que tiene un planeta sobre su estrella, es decir, las pequeñas variaciones en la velocidad de la estrella causadas por la atracción gravitacional del planeta, aunque el planeta, debido a su tamaño, sea invisible a los telescopios. Este descubrimiento revolucionó la astronomía y abrió una nueva ventana de exploración. Actualmente hay confirmados más de 4000 planetas extrasolares y varias misiones espaciales seguirán descubriendo muchísimos más, pues aún falta por explorar la mayor parte de nuestra galaxia, una entre miles de millones de galaxias en el universo.

Por otro lado, seguimos buscando incansablemente las pruebas que confirmen que existe vida en otro lugar fuera de la Tierra. Para ello se deben estudiar en detalle las atmósferas de esos planetas extrasolares buscando indicios de elementos como los que contiene nuestra propia atmósfera terrestre, que puedan replicar las posibilidades de vida tal y como la conocemos. Cuando llegue ese esperado descubrimiento, seguramente estaremos frente a un nuevo Premio Nobel de Física y, una vez más, volveremos a recordar al extraordinario Giordano Bruno.

## ¿Pueden existir planetas que no giren alrededor de una estrella?

Cuando pensamos en un planeta, inevitablemente lo imaginamos dando vueltas alrededor de una estrella, como una reproducción de lo que sucede en nuestro sistema solar, en el cual varios de ellos giran alrededor del Sol, incluyendo al planeta Tierra. Parece muy extraño pensar en un planeta vagando por la Galaxia sin recibir la luz de una estrella que lo ilumine. No obstante, por insólito que parezca, el universo nos muestra una gran diversidad de posibilidades. Algunos planetas no tienen una estrella que los acoja, aunque aún no está muy claro qué provoca que sean planetas errantes.

Una posibilidad es que no sean del todo planetas, sino más bien lo que se conoce como enanas marrones, conocidas también como estrellas fallidas. Estas corresponden a objetos que no alcanzaron a acumular la cantidad de materia suficiente en su proceso de formación para iniciar en su interior la generación de energía por fusión nuclear que les permitiría brillar, como lo hacen las estrellas. Otra posibilidad es que los planetas errantes hayan pertenecido en el pasado a un sistema planetario y que, por alguna razón que no está muy clara, hayan sido expulsados de su sistema y lanzados a vagar por el medio interestelar. Algunos pudieron incluso haber

sido expulsados de nuestro propio sistema solar, en sus etapas tempranas de formación, y en este caso parece que Júpiter pudo haber sido el culpable, por su efecto desestabilizador dada su enorme atracción gravitacional. Aunque no giren alrededor de una estrella, los planetas errantes lo harían en torno al centro de la galaxia, pese a que todos ellos no están estrictamente condenados a hacerlo hasta el fin de su existencia. En determinadas situaciones, un planeta errante podría ser capturado por una estrella y comenzar a hacer parte de un sistema planetario.

En los próximos años se confirmarán los candidatos actuales a ser planetas errantes y varios descubrimientos comenzarán a aparecer en las noticias a partir de las observaciones que nos esperan gracias a la nueva generación de telescopios espaciales y telescopios gigantes en tierra. No se descarta la posibilidad de que estos planetas puedan desafiar el hecho de no tener una fuente cercana de energía –una estrella– como ingrediente crucial para el desarrollo de vida ni que sea su propio calor interno la fuente requerida. Según esta cautivadora posibilidad, la vida podría haberse desarrollado en cálidos océanos líquidos bajo la superficie de planetas vagabundos.

# MÁS ALLÁ DE NUESTRO PLANETA

*“La imaginación  
frecuentemente nos  
llevará a mundos  
que jamás fueron.  
Pero sin ella, no  
iremos a  
ningún lado”.*

Carl Sagan

# Fotosfera

# Núcleo

## El Sol a corazón abierto

Cualquiera que salga a dar un paseo para tomar el sol se sorprendería al descubrir que esa radiación que recibe, los fotones o partículas de luz, se generaron hace cientos de miles de años, tal vez cuando nuestro ancestro común, el *Homo sapiens*, comenzaba su andadura por África. Aunque la distancia a la que nos encontramos del Sol es de 150 millones de kilómetros, un rayo de luz es capaz de recorrerla en solo ocho minutos. Entonces, ¿por qué la luz solar tarda miles de años en llegar a la Tierra?

La razón es que la energía del Sol se genera en su interior, en el núcleo, y desde allí los fotones tienen que viajar hasta su superficie en un medio de alta densidad, chocándose a su paso con gran cantidad de átomos; muchas veces los fotones acaban absorbidos y remitidos por estos átomos que encuentran a su paso. Es una situación similar a la que enfrentaríamos si quisiéramos salir de un estadio abarrotado de gente, no sería una tarea fácil, como tampoco lo es para los fotones, que tardan miles de años en salir del Sol. Sin obstáculos, ellos podrían hacer ese mismo recorrido en un par de segundos. En ese orden de ideas, si por alguna razón el núcleo del Sol dejara

de producir energía, no tendríamos que alarmarnos, pues pasarían varias decenas de miles de años antes de que los terrícolas del futuro vieran cómo el astro comienza a apagarse.

El motor del Sol es un reactor nuclear en el que cada segundo una gran cantidad de núcleos de hidrógeno, el equivalente al peso de todos los habitantes de la Tierra, se fusionan y generan helio, y como producto de esta reacción se libera energía. Es asombroso pensar que, en un segundo, el Sol genera más energía que la consumida por la humanidad en toda su historia y que su núcleo se encuentra a una temperatura de 15 millones de grados centígrados. Además de energía en el núcleo también se producen neutrinos, partículas que, a diferencia de los fotones, prácticamente no interactúan con la materia y viajan casi a la velocidad de la luz, por lo cual en un par de segundos alcanzan la superficie del Sol, y ocho minutos más tarde, la Tierra. Detectarlos significa poder estudiar las condiciones del núcleo del Sol. Pese a que muchísimos neutrinos llegan a nosotros, los experimentos para detectarlos apenas logran capturar unos pocos al día, la mayoría atraviesa el planeta sin inmutarse.

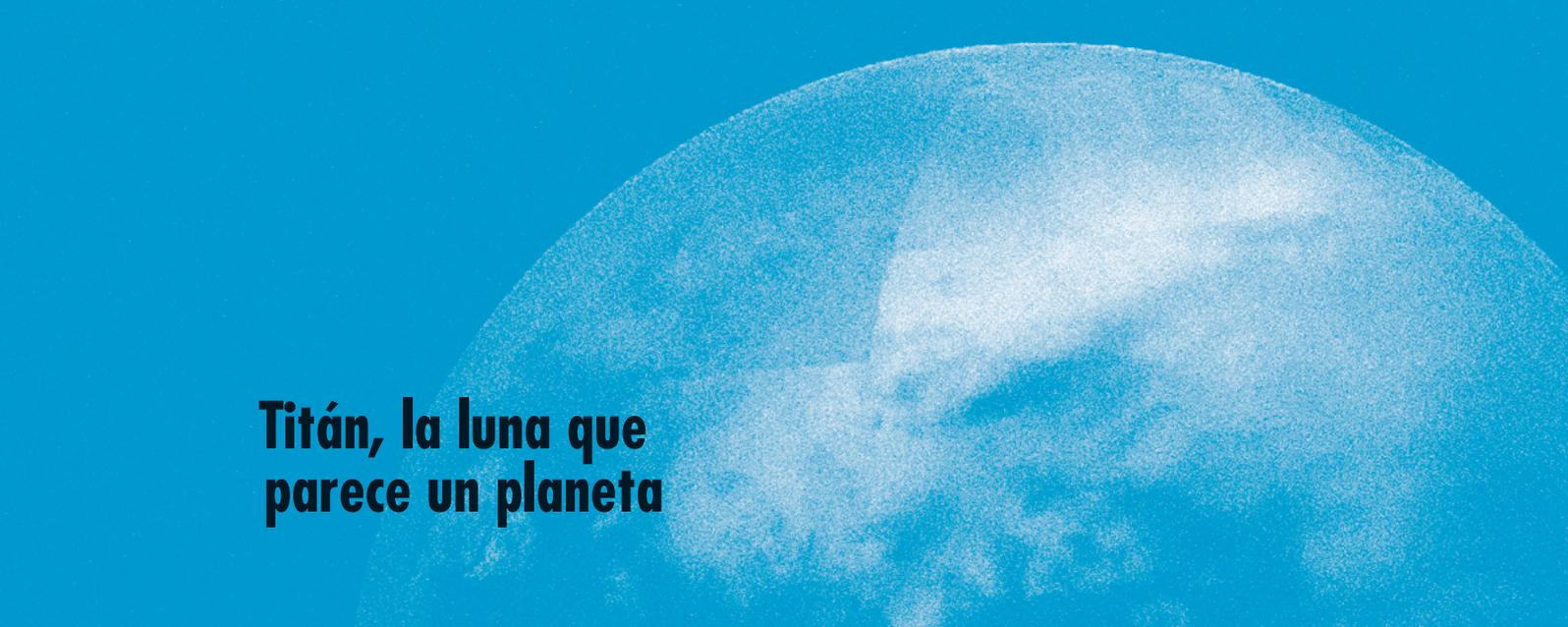
## La guerra de las galaxias

Desde hace mucho tiempo, en una galaxia muy, muy distante, se libra una batalla decisiva para la evolución del universo. Sucede en una galaxia conformada por miles de millones de estrellas que está siendo devorada por otra de mayor tamaño en una especie de canibalismo galáctico descrito por los astrónomos como “colisión de galaxias”. Estos fenómenos, a partir de los cuales se pueden crear nuevos tipos de galaxias, no ocurren solamente en lugares lejanos del universo. En nuestro propio entorno, alrededor de la Vía Láctea, hay interacciones que harán que en un futuro, afortunadamente para nuestra especie todavía muy lejano, la Vía Láctea se fusione con la galaxia Andrómeda, la más grande del vecindario.

Cada una de las decenas de miles de millones de galaxias en el universo está conformada principalmente por estrellas, planetas, nubes de gas y polvo. La gravedad, esa misma fuerza que nos mantiene “pegados” a la superficie de la Tierra, es la responsable de que todo ese conjunto se mantenga unido y adopte diferentes formas, por ejemplo, de elipse, espiral y barra. De igual manera, aunque las galaxias se encuentren separadas unas de otras por enormes distancias, la acción de la atracción gravitatoria actúa entre ellas.

Cuando miramos al cielo en una noche despejada prácticamente todo lo que vemos a simple vista, el gran número de estrellas y alguno que otro planeta, se encuentra en nuestra propia galaxia. Es más, las personas con buena visión lograrán distinguir apenas tres galaxias cercanas: Andrómeda y dos galaxias enanas conocidas como la Gran y la Pequeña Nube de Magallanes. Estas últimas están “cayendo” hacia la Vía Láctea y en un futuro pasarán a formar parte de ella. Andrómeda y la Vía Láctea se acercan a una velocidad de 500.000 kilómetros por hora. Con el paso de los años, tarde o temprano, la interacción gravitatoria entre estas dos galaxias espirales provocará su fusión, y como resultado posiblemente la formación de una galaxia elíptica gigante, que ya ha sido bautizada con nombres como Lactómeda. Tal vez dentro de unos 6000 millones de años, incluso cuando el Sol ya se haya apagado, Lactómeda será el único objeto visible en el gran espacio que ahora ocupan alrededor de 30 galaxias.

La misión GAIA de la Agencia Espacial Europea, lanzada a finales del 2013, mide la posición de mil millones de estrellas para crear un mapa tridimensional de la Vía Láctea que servirá, entre otras cosas, para estudiar justamente la interacción con Andrómeda y la probable colisión de ambas galaxias.



## Titán, la luna que parece un planeta

Imaginemos un lugar a cientos de millones de kilómetros, con atmósfera, nubes, dunas, ríos y mares, hidrocarburos complejos. Un lugar, aparentemente, similar a nuestro entorno terrestre. Se trata de Titán, una de las lunas que se encuentra en los dominios del gigante gaseoso Saturno, descubierta hace 360 años. Desde entonces este cuerpo, más grande que Mercurio, ha llamado la atención de los estudiosos del cosmos al punto de que en las últimas décadas del siglo pasado se decidió realizar una misión para que un robot se posara sobre este remoto lugar del sistema solar.

Tras siete años de travesía, la nave Cassini pudo entrar en la órbita de Saturno y enviar a la pequeña sonda Huygens, cuyo nombre honra al descubridor de Titán. La sonda descendió durante casi tres horas en la densa atmósfera del planeta hasta llegar a su superficie en enero del 2005 para descubrir un mundo de rocas y agua congelada, con temperaturas de 180 °C bajo cero. Con una atmósfera donde predomina el Nitrógeno como en la Tierra, pero que a diferencia de la nuestra, tiene cantidad de Metano. La atmósfera de Titán sigue un ciclo parecido al del agua en la Tierra, es decir, se evapora, forma nubes, genera lluvia y forma extensas superficies líquidas. Su suelo contiene gran cantidad de hidrocarburos y características similares a las de la Tierra primitiva, de allí el interés por buscar indicios de vida. En nuestro

planeta, la mayor parte del metano proviene de procesos biológicos y, en menor medida, de su actividad volcánica. Pero en Titán no se han descubierto volcanes y el origen del metano aún busca ser aclarado. Uno de los problemas principales que tiene Titán para albergar vida reside en sus bajas temperaturas, pero posiblemente esto cambie en un futuro lejano. Dentro de un par de miles de millones de años, debido a los cambios en el Sol cuando comience a entrar en su fase terminal, la temperatura de todo el entorno del sistema solar aumentará unos cientos de grados, haciendo que el agua de la Tierra comience a hervir y que Titán se convierta en un “paraíso” para la generación de formas de vida complejas.

En la actualidad, estudiando la irregularidad en la rotación de esta luna, hay indicios de que podría haber un océano de agua líquida bajo su superficie, calentada por un núcleo central. ¿Acaso existirá algún tipo de vida primitiva en esas aguas profundas? Este y otros interrogantes han hecho plantearse la idea de regresar a Titán con nuevas misiones, para seguir explorando el misterioso cuerpo lunar, uno de los más interesantes en nuestro sistema solar. Desafíos enormes nos esperan para poder comprender lo que sucede en esta asombrosa luna helada, que sigue teniendo el récord del lugar más alejado donde hemos logrado posar un objeto hecho por el hombre.

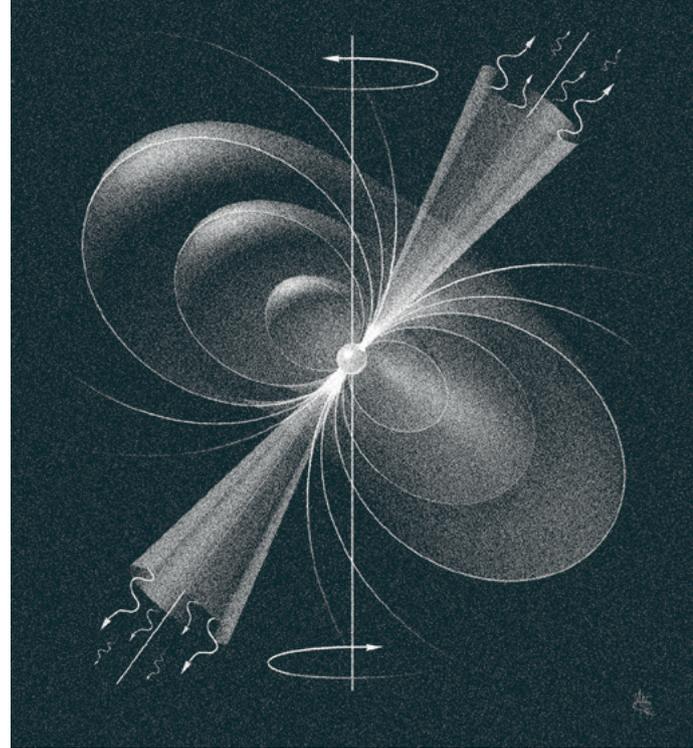
## Los faros cósmicos

Haciendo un recorrido por los objetos que encontramos fuera de nuestro planeta, a abrumadoras distancias en el universo, los llamados púlsares se cuentan, posiblemente, entre los más exóticos. Los años 60, la humanidad comenzaba la conquista del espacio y se especulaba incluso sobre la posibilidad de encontrar vida en la Luna, cuando Jocelyn Bell, una joven estudiante de doctorado, detectó con un radiotelescopio una aparente señal inteligente proveniente del espacio. Se trataba de un pulso regular al que, junto con su director de tesis, Antony Hewish, llamaron LGM (siglas en inglés de Pequeños Hombres Verdes), pues pensaron que era el ansiado primer contacto con seres extraterrestres. Pronto se descubrieron más de estas señales y se confirmó que correspondían a fenómenos naturales. Por su participación en este hallazgo, Hewish recibió el Premio Nobel de Física en 1974, mientras que su estudiante no fue tenida en cuenta.

El término “púlsares” significa “estrellas pulsantes”. Los púlsares son estrellas de neutrones que se forman como resultado de violentas explosiones, conocidas como supernovas. Una estrella de neutrones

puede tener un tamaño como el de Bogotá, pero su densidad es tan alta que una cucharadita de este objeto podría tener varias veces la masa del monte Everest. Rotan tan rápido que si la Tierra tarda 24 horas en dar una vuelta sobre sí misma, un púlsar puede dar miles de vueltas en un segundo. Lo que genera la emisión regular del púlsar es su intenso campo magnético, que induce chorros de radiación en los polos de la estrella. Un púlsar puede compararse con una especie de faro cósmico que podemos detectar desde nuestro planeta cada vez que el chorro de luz (rayos X, rayos gamma u ondas de radio) está en la orientación adecuada para que pase frente a nosotros.

Se han detectado miles de púlsares; entre los más famosos está el del centro de la nebulosa del Cangrejo, que corresponde a los restos de una explosión de supernova en 1054. Esta supernova fue registrada por varias culturas, entre ellas los anasazi, en América, pero solo hasta 1758 un astrónomo francés volvió a identificar con su telescopio esta región del cosmos, que pasó a ser el primer objeto de su famoso catálogo de estrellas (Catálogo de Messier).





## Los misterios de Saturno, el señor de los anillos

Hay un punto brillante en el firmamento que no es igual a los demás y que atrae las miradas de millones de personas en todo el mundo. Durante miles de años, este pequeño destello luminoso no despertó mucho interés, luego pasó a ser el último planeta conocido, y desde comienzos del siglo XVII, cuando lo empezamos a observar con telescopios, se ha convertido en un ícono de la pasión por la astronomía.

Saturno ya no es ni el último planeta del sistema solar ni el más grande, pero sigue siendo el protagonista en las noches despejadas, pues es uno de los objetos favoritos para disfrutar a través de un telescopio. A simple vista es imposible ver sus anillos. De hecho, en las primeras observaciones de Saturno, hechas con un telescopio primitivo, Galileo Galilei jamás imaginó que lo que veía como lunas compañeras a lado y lado del planeta pudiesen ser anillos.

Debido al movimiento de los cuerpos en el sistema solar, la forma como vemos a Saturno desde la Tierra va cambiando y, por tanto, hay un momento en el que los anillos prácticamente desaparecen porque los vemos de perfil, como si miráramos una hoja de lado. Galileo fue testigo de esto y se sorprendió al ver que las

supuestas lunas habían desaparecido. Se necesitaría un telescopio más potente para identificar que Saturno tenía anillos y que, en una especie de hula hula planetario, estos se mueven a casi 50.000 kilómetros por hora. Saber de dónde provienen ha sido una gran motivación para explorar de cerca a Saturno. Hace más de tres décadas nos adentramos por primera vez a explorarlo con naves espaciales no tripuladas. El Pioneer 11 y las sondas Voyager 1 y 2 sobrevolaron este gigante gaseoso, mostrándonos detalles de su sistema, con un planeta, 62 lunas y millones de partículas conformando los anillos.

En este milenio, la nave Cassini encontró que los anillos tienen una especie de atmósfera y descubrió un nuevo anillo y una serie de microlunas en la parte externa de otro ya conocido. La última sorpresa se dio en el 2009 cuando el telescopio espacial Spitzer encontró un superanillo de 13 millones de kilómetros de diámetro (más de 30 veces la distancia entre la Tierra y la Luna). Lo que sigue generando curiosidad en los científicos es el mecanismo preciso de formación de los anillos. Pese a que otros planetas como Júpiter, Urano y Neptuno también poseen sistemas de anillos, Saturno nunca dejará de ser el gran “señor de los anillos”.

## La mayor tormenta conocida

La atmósfera de nuestro planeta no deja de sorprender. Muestra de ello son las tormentas como Jonás, que en el 2016 causó una de las más intensas nevadas de los últimos tiempos en la costa este de Estados Unidos, con ráfagas de viento de más de 80 kilómetros por hora, que afectó a 90 millones de personas. Las tormentas pueden estar asociadas a fenómenos atmosféricos que traen nubes –formadas entre 2000 y 20.000 metros de altura– y humedad a un sitio, generan lluvia, granizo, nieve o descargas eléctricas. En cada momento puede haber a la vez casi 2000 tormentas de diferentes tipos en el planeta.

Si estos fenómenos nos impresionan, ¿cómo será la mayor tormenta conocida hasta hoy? Se trata de una tan grande que podría abarcar a la Tierra entera. Esta tormenta lleva al menos 400 años azotando al planeta más grande del sistema solar: Júpiter. Solo los vientos son casi diez veces más potentes que los de Jonás. El colosal remolino, conocido como la Gran Mancha Roja, debe su nombre al color que lo caracteriza. Se investiga cómo el amoníaco, el hidrosulfuro de amonio y el agua de las capas altas de la atmósfera joviana reaccionan para producir este color, y si en efecto se debe a estos

compuestos. Entender cómo se formó esta característica cicatriz en un planeta mil veces más grande que el nuestro no es fácil. Júpiter es un gigante gaseoso, compuesto principalmente de hidrógeno y helio. Es un cuerpo con una inmensa atmósfera, pero su “suelo”, su núcleo sólido, es muy pequeño comparado con el tamaño del planeta. Es probable que los rayos cósmicos y la radiación ultravioleta del Sol que golpean a Júpiter jueguen un papel importante, y es por eso que en laboratorios terrestres se hacen experimentos para entender el proceso y llegar al tono rojizo de la mancha. A la par se realizan simulaciones que permitan entender su movimiento y sus cambios.

Pero hasta un remolino de estas dimensiones podría desaparecer. Las observaciones muestran que su tamaño disminuye casi 1000 kilómetros por año, su forma ovalada es cada vez más circular y su color se vuelve pálido. Quizás un día esta enorme mancha roja desaparezca y no haya sido más que un fenómeno aislado en la historia de Júpiter. Mientras sucede, apreciemos con un telescopio aficionado esa tormenta, la más grande conocida hasta ahora.



## El inicio de la obsesión marciana

Una noche de 1877, Giovanni Schiaparelli, un destacado senador de la sociedad italiana y curioso observador del cielo, se preparaba para apuntar hacia Marte un moderno telescopio instalado en Milán (Italia), aprovechando que nuestro vecino planetario se encontraría lo más próximo que puede estar de la Tierra. Schiaparelli ya había descubierto un asteroide y estaba decidido a hacer las mejores observaciones del misterioso planeta rojo. Evitó tomar café y cualquier cosa que pudiera afectar su sistema nervioso, y, luego de tener su telescopio en posición, pudo apreciar estructuras en la superficie marciana, a las que llamó canales. Aquella noche de observación desató uno de los más grandes revuelos en la ciencia, la ficción y la cultura en el siglo XX: una verdadera fiebre marciana. Las observaciones de Schiaparelli fueron de alguna manera mal interpretadas y los canales se relacionaron con una red de irrigación construida por una avanzada civilización alienígena. El astrónomo estadounidense Percival Lowell promovió la idea de que Marte albergaba vida y el siglo XIX cerró con el anuncio de que, posiblemente, el planeta rojo se encontraba en un avanzado estado evolutivo comparado con la Tierra.

Comenzó entonces una obsesión por formas de vida en Marte, los famosos marcianos, que comenzaron a protagonizar infinidad de películas y a ser portada de revistas, siendo *La guerra de los mundos*, de Herbert George Wells, una de las historias más popularizadas. Solo hasta la década de los 70 la ciencia puso un poco de orden al asunto. Las misiones de exploración del programa Viking nos mostraron la superficie marciana, y en 1997 un vehículo robotizado recorrió por primera vez su superficie. Investigaciones recientes anunciaban los primeros indicios de agua líquida, fluyendo por canales, descendiendo por laderas y depositándose en cañones y cráteres, dependiendo de los cambios estacionales en el planeta. También hay resultados indirectos de posibles fuentes de agua líquida bajo su superficie. No son los canales que imaginó Lowell, y aún no hay indicios directos de la detección de agua líquida ni, mucho menos, de vida, ni siquiera a nivel microbiano, pero el panorama se abre a nuevas posibilidades de exploración, aumentando la probabilidad de que en algún momento detectemos a esos esperados marcianos.

## Tras el misterio de la vida en la Tierra

Hay interrogantes que involucran a todos los que habitamos este planeta. Tal vez uno de los más importantes es el que tiene que ver con la forma como brotó la vida en la Tierra. Poder explicar cuáles fueron las condiciones precisas que hicieron posible el surgimiento de seres vivos sigue siendo un desafío de la investigación científica actual. Sabemos que esas condiciones dependen en gran medida de la estrella progenitora de nuestro sistema solar, el Sol. Hablamos, por ejemplo, de la llamada “zona de habitabilidad”, que representa esa región alrededor de la estrella en donde, en principio, un planeta podría, dada la temperatura del entorno, albergar agua en estado líquido. Este concepto, que ya había sido mencionado en 1853 por el científico William Whewell, es hoy parte esencial de los estudios en sistemas planetarios extrasolares. La premisa es simple: si hay agua líquida, la probabilidad de que se desarrolle vida es mayor, teniendo en cuenta que casi toda la vida que conocemos en la Tierra requiere de un medio acuoso. Sin embargo, no hay que descartar que esto no sea así, como nos lo demuestran los extremófilos, esos microorganismos que viven en condiciones muy extremas, como los ambientes con arsénico.

Ahora bien, el Sol no ha sido siempre igual. Hace unos 4000 millones de años su brillo era

considerablemente más tenue, razón por la cual la cantidad de radiación que llegaba y calentaba la Tierra habría sido también menor. Aparentemente, este escenario implicaría que, al contrario de las evidencias geológica y paleontológica, el planeta primitivo fue algo más parecido a una bola de hielo, y no el lugar templado donde el agua líquida pudo ser el medio idóneo para el florecimiento de seres vivos. La paradoja del Sol joven y débil, como ha sido llamada, planteada por los astrónomos Carl Sagan y George Mullen hace 44 años, ha tratado de resolverse a partir de la idea de que existieron gases de efecto invernadero en la atmósfera terrestre que eran capaces de mantener el calor.

Ahora un nuevo estudio, basado en datos del telescopio espacial Kepler, que ha encontrado gran actividad en las estrellas jóvenes, sugiere que el antiguo Sol tendría intensas tormentas solares (fulguraciones) y liberación de radiación y material que llegaba a la Tierra, generando cambios en la composición de la atmósfera terrestre que posibilitaron la generación de estos gases invernadero y, por tanto, contribuyeron al calentamiento del planeta. Entender estos procesos, además de darnos las claves del origen de los seres vivos en la Tierra, será esencial para saber qué clase de estrellas y de planetas en otros lugares del universo pueden ser aptos para la vida.



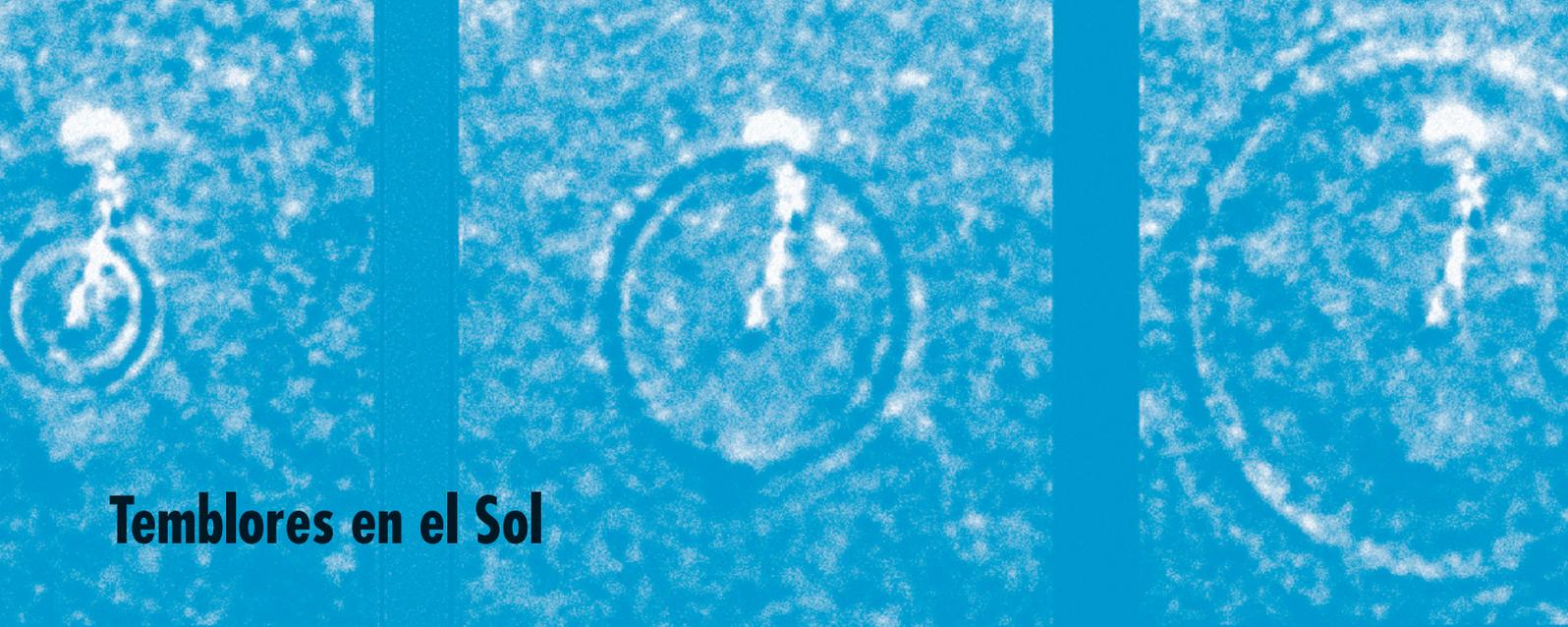
## Mercurio a la vista

El 11 de noviembre de 2019, después de una década de espera, se pudo apreciar el esperado paso de Mercurio frente a al Sol. El ritmo de los movimientos en el sistema solar volvía a ubicar durante varias horas a la Tierra, a Mercurio y al Sol alineados, algo que solo podemos ver 13 veces por siglo y que volverá a ocurrir el 13 de noviembre de 2032. Mercurio es un planeta un tanto esquivo para los observadores del cielo, pues, aunque puede verse a simple vista, su cercanía al Sol hace que solo se pueda contemplar cuando nuestra estrella está bajo el horizonte, justo antes del amanecer o después del ocaso. En la antigüedad, los griegos pensaron que se trataba de dos objetos diferentes, a los que llamaron Apolo, cuando lo veían en las primeras horas de la mañana, y Hermes, al anochecer. Pitágoras fue el primero en plantear que se trataba del mismo objeto celeste, cuyo nombre actual es tomado del dios mensajero y del comercio en la mitología romana (del latín *'merx'*, usado para mercancía), resaltando el hecho de que es el planeta que más rápido se mueve alrededor del Sol. Un año en Mercurio equivale a tres meses terrestres. No se sabe exactamente quién lo descubrió, pues se han encontrado registros de hace más de 5000 años en la cultura sumeria. Pese a que la primera vez que lo

conocimos de cerca fue con la nave Mariner 10, hace cuatro décadas, solo hasta el 2008 la sonda Messenger pudo cartografiar en detalle su superficie antes de que se estrellara de forma controlada con el planeta.

Nuestra larga historia de observación de Mercurio se ha caracterizado por importantes hitos. En 1631 se realizaron las primeras observaciones del tránsito de Mercurio, que solo puede ser visto con la ayuda de telescopios. En esa ocasión, se confirmaban las predicciones del astrónomo Johannes Kepler y de sus leyes del movimiento planetario. Gracias a Mercurio, la teoría de la relatividad general de Einstein, de 1915, obtuvo su primer triunfo, al poder explicar unas pequeñas perturbaciones en su movimiento orbital. Desde los tiempos de Newton, y por más de dos siglos, nadie sabía qué era lo que pasaba con Mercurio, incluso se había planteado la existencia de un hipotético planeta de nombre Vulcano, en las inmediaciones del Sol, cuya atracción gravitatoria daba cuenta de tales variaciones.

La observación del tránsito de Mercurio es además una buena ocasión para recordar a Francisco José de Caldas, primer director del Observatorio Astronómico Nacional de Colombia, quien lo observó el 9 de noviembre de 1803.



## Temblores en el Sol

Las sacudidas que a veces se sienten en varias partes de la Tierra nos recuerdan las enormes fuerzas internas que se generan en nuestro planeta. Anualmente se detectan cerca de 20.000 sismos débiles, pero de vez en cuando estos pueden ser realmente vigorosos. Echando un vistazo a la historia, se ven ejemplos de sismos de gran intensidad, como el ocurrido en Valdivia (Chile), en 1960, de magnitud 9,5 en la escala sismológica de magnitud de momento (que se usa como la escala de Richter para valores superiores a 6,9), que sigue siendo el sismo más potente del mundo registrado hasta la fecha.

Los sismos no son exclusivos de planetas con actividad tectónica, las estrellas también pueden experimentar estos fenómenos que, de hecho, fueron descubiertos en nuestro Sol a través de imágenes satelitales del Observatorio Solar y Heliosférico (Soho, por sus siglas en inglés) tres años después de su exitoso lanzamiento en 1995. Dos décadas antes de observarlos por primera vez, ya se había predicho la existencia de ondas que se propagan cerca de la superficie de la estrella (fotosfera). De forma análoga a las ondas que se generan cuando lanzamos una piedra en un estanque, los llamados sismos o terremotos solares se encontraron en la fotosfera. Son producto de una intensa

liberación de energía en la atmósfera solar, llamada solar o fulguración. Una secuencia de imágenes mostró cómo las ondas generadas se propagaron en el plasma fotosférico cien veces más rápido que la velocidad del sonido en el aire, cubriendo en poco tiempo una distancia de unas diez veces el diámetro de la Tierra. La energía que libera un sismo solar es tan potente que podría abastecer durante más de un milenio el consumo energético de un país como Colombia.

Así como las ondas sísmicas en la Tierra nos sirven para extraer información sobre el interior terrestre, ya que su propagación depende, entre otras cosas, de la composición de los materiales, temperatura y presión internas, en el Sol los sismos también pueden estudiarse para inferir propiedades de su interior, técnica que se conoce como heliosismología, pero que también puede aplicarse a otras estrellas: astrosismología.

Si clasificáramos los sismos solares con una escala como la usada para los terrestres, sobrepasarían una magnitud de 11, es decir, más de mil veces más potentes que el terremoto de Chile, teniendo en cuenta que la escala de magnitudes es logarítmica. Al igual que en el caso terrestre, no podemos predecir cuándo sucederá el siguiente sismo solar.

## Los misterios que guarda el centro de la Vía Láctea

Las galaxias reúnen enormes cantidades de estrellas, de gas y de polvo. Una como la nuestra, la Vía Láctea, puede tener unos 200.000 millones de estrellas, algo así como el número de cabellos de todos los habitantes de una ciudad como Cali. Este gran número de estrellas se agrupan principalmente alrededor de un centro exuberante rodeado por un disco delgado que gira en torno y en el que se destacan cuatro brazos espirales. Estas características les dan a las llamadas galaxias espirales la imagen de un gigantesco remolino. Allí, un tanto alejados del centro de la Galaxia, nos encontramos nosotros, en un sistema solar que gira alrededor de ese centro, completando una vuelta cada 230 millones de años.

Hay fuertes indicios de que el centro galáctico está dominado por un enorme agujero negro, con tanta masa que equivaldría a más de cuatro millones de veces la de nuestro Sol. El agujero podría estar creciendo al alimentándose de más materia en su vecindario cercano. Las sospechas comenzaron a comienzos de la década de 1970, cuando se propuso la hipótesis de la existencia de este exótico cuerpo en el centro de nuestra galaxia. En 1974, los astrónomos Bruce Balick y Robert Brown descubrieron una fuerte emisión de ondas de radio

provenientes del corazón de la Vía Láctea, en lo que se denomina Sagitario A\*.

Estudios más recientes siguieron aportando pruebas de la presencia del monstruoso agujero negro. De hecho, se conjetura que podría haber uno en el centro de todas las galaxias. Estos agujeros supermasivos de alguna manera servirían para generar la atracción suficiente para mantener a la galaxia unida, pero su origen sigue siendo motivo de estudio y debate en la comunidad científica. Hay que diferenciar a estos gigantes de los agujeros negros que se generan tras la muerte explosiva de una estrella con bastante masa. Sin embargo, no se descarta que los pequeños agujeros negros estelares sean las semillas a partir de las cuales se formarían los superagujeros negros. Una vez formado el enorme agujero puede alimentarse tragándose el material de sus alrededores. Nuestra Vía Láctea parece no tener en su centro tanto material como para alimentar al agujero negro. Se sospecha que debido a que el material es muy difuso y caliente el agujero no lo traga por alguna extraña razón, y, por lo tanto, la emisión de energía no es tan grande como la que se ha detectado en otros casos, conocidos como núcleos activos de galaxias.



## Planetas ficticios

El acercamiento al conocimiento del universo no ha sido ajeno a un sinnúmero de historias fantásticas, muchas de las cuales han sido usadas por la ciencia ficción para recrear mundos, civilizaciones y batallas intergalácticas. Otras, en cambio, han encontrado su espacio en especulaciones para alertar, irresponsablemente, sobre posibles escenarios apocalípticos. A mediados del siglo XX surgió la descripción de un planeta de nombre Hercólubus que supuestamente pertenece a un sistema solar situado a unas 500 veces la distancia entre el Sol y la Tierra. Su enorme tamaño y un inminente acercamiento a nuestro planeta desencadenarían una catástrofe en 1999. Después de incrementarse la venta de libros relacionados con el tema y de crear un ambiente de pánico en ciertos entornos, el mencionado fin del mundo no aconteció.

También está la historia de Nibiru. Las referencias a este cuerpo celeste datan de los babilonios (que lo asociaban con Júpiter), pero su popularización la encabezó el pseudocientífico Zecharia Sitchin, quien, a través de interpretaciones personales de escritos de la antigüedad publicadas en una serie de libros desde la década de 1970, habla sobre un planeta más

allá de Neptuno que cruza las órbitas de los demás planetas. Sitchin alimenta y adorna el relato de este supuesto planeta con historias de civilizaciones extra-terrestres. Su trabajo ha sido desmentido por varios científicos. De Nibiru se dijo, por ejemplo, que sería observado a simple vista en el 2009 y luego en el 2012, lo cual no ocurrió.

El hecho de que la mayoría de historias que se popularizan no tengan fundamento científico no quiere decir que no haya un planeta o una gran cantidad de cuerpos en nuestro sistema solar que aún están por descubrirse. Los astrónomos hacen importantes esfuerzos por indagar sobre esas regiones más allá de Neptuno, como el llamado cinturón de Kuiper, donde se estima que hay miles de cuerpos helados provenientes de muchos cometas. Ya se han descubierto varios cuerpos en aquella alejada región de nuestro sistema solar, y misiones como la nave Nuevos Horizontes – que sobrevoló Plutón en el 2015– se están adentrando en estos momentos en el inhóspito cinturón. Además de las misiones espaciales, los telescopios, cada vez más potentes, nos aseguran ahondar en el conocimiento de nuestro sistema solar en los próximos años.

## Agujeros de gusano

Hace seis décadas, el notable físico teórico John Wheeler imaginó al universo como la piel de una manzana y a un diminuto gusano como una especie de viajero cósmico arrastrándose sobre ella. La analogía de Wheeler, en la cual el pequeño invertebrado tenía dos opciones para llegar al lado opuesto de la manzana: recorrerla a lo largo de su superficie o hacer un pequeño agujero que la atravesara de lado a lado, servía para explicar lo que era un puente de Einstein-Rosen, a lo que denominó coloquialmente como “agujero de gusano”.

Esta especie de túneles son conceptos teóricos que evidencian una característica del espacio-tiempo, descrito en la teoría de la relatividad general de Einstein, y representarían un atajo que conecta dos extremos en el espacio y el tiempo. Así lo encontraron matemáticamente y publicaron en 1935 Albert Einstein y Nathan Rosen. Lo interesante es que si existieran estos agujeros de gusano en el universo y pudieran transportar materia, entonces estaríamos frente a un sistema de transporte que permitiría viajar mucho más rápido entre dos puntos; un viaje en línea recta como el del gusano a través de la manzana. También se ha teorizado sobre agujeros que conectan un universo con

otro diferente, algo que pone a volar la imaginación con la idea de viajes a universos paralelos.

Muchos de estos conceptos han sido materia prima para la ciencia ficción. Precisamente, la demostración de que la teoría de la relatividad general permitía también atravesar agujeros de gusano fue hecha por el científico Kip Thorne (y uno de sus estudiantes), el creador de la máquina para viajar a través de una red de túneles galácticos en la novela *Contacto* de Carl Sagan, y más recientemente el padre de Gargantua, el agujero negro de la película *Interstellar*. Los agujeros negros (término acuñado también por Wheeler) son, de hecho, parte esencial en esta historia, porque serían la boca o extremo del agujero de gusano. En teoría, la materia que cae por el agujero negro hasta el agujero de gusano podría llegar al otro extremo solo si se logra impedir que el túnel se derrumbe – necesitando una energía negativa que impida su colapso –, tras lo cual la materia podría terminar el viaje siendo escupida por un agujero blanco.

¿Serán los agujeros de gusano una simple solución a las ecuaciones de Einstein que no existen en el mundo real? ¿Podremos algún día descubrir que en verdad pueden formar redes como el sistema de túneles del metro de una moderna ciudad? Amanecerá y veremos.



## Encélado, un mundo helado y sorprendente

Este es un momento histórico en el que, gracias a los avances en ciencia y tecnología, se han dado importantes pasos para acercarnos a resolver la pregunta sobre las posibilidades de encontrar vida fuera de la Tierra. Hace tan solo un par de años, y tras una investigación de muchos más con la nave Cassini, salían a la luz noticias sobre las condiciones de la misteriosa luna de Saturno, Encélado. Cassini fue lanzado en 1997 para estudiar a Saturno y su sistema de satélites naturales. En el 2017, terminó su misión desintegrándose en la densa atmósfera del gigante de los anillos, no sin antes sorprender al mundo con un inesperado hallazgo en Encélado. Básicamente se encontró que en los géiseres, casi un centenar que abundan mayormente el polo sur del sexto satélite más grande de Saturno (con 500 kilómetros de diámetro), hay presencia de dióxido de carbono e hidrógeno molecular. Este hallazgo sugiere que Encélado puede tener reacciones hidrotermales en un océano bajo su corteza helada, con la suficiente energía química para poder sustentar vida. En el agua hay moléculas orgánicas y amoníaco en disolución, que salen en chorro por los géiseres.

La idea de la fuente hidrotermal es fascinante y no dista mucho del posible origen de la vida en nuestro planeta hace miles de millones de años. De hecho, ya se habían encontrado en otros lugares del

sistema solar agua y moléculas orgánicas esenciales para la vida, pero la novedad ahora es que por primera vez hay un ciclo geológico que puede ser una fuente de energía para el surgimiento y mantenimiento de esa vida. Encélado es geológicamente activo, por lo que esta luna helada se convierte por ahora en el mejor candidato para encontrar vida extraterrestre, al menos a nivel de microorganismos. Encontrarlos, si es que existen, implicará muchos más esfuerzos, y una misión específicamente diseñada para “capturar” a los microscópicos seres cuando sean expulsados del océano mediante los chorros de agua que se elevan hasta 200 kilómetros sobre la corteza de hielo. Si hubiera vida, podríamos ahondar sobre las condiciones de esta. Se han señalado algunas posibilidades: si se encontraran criaturas con una bioquímica muy diferente a la que conocemos, la vida en ambos lugares (Tierra y Encélado) habría surgido probablemente de forma independiente, en consecuencia, podría ser algo común en el universo. Si en cambio las características de las formas de vida son muy similares, una posibilidad es que se haya originado en algún lugar común y llegara de algún modo a los dos sitios. En definitiva, responder a una pregunta abrirá muchas otras, algo que caracteriza a la ciencia.

## Estrellas de neutrones, cadáveres exquisitos

La vida de las estrellas es tan apasionante que llevamos siglos figoneando el universo para tratar de entender las diversas fases de su larga existencia. Esta tarea podría parecer imposible si comparamos nuestra corta vida con la de las estrellas. Si quisiéramos estudiar la vida de una mosca, podríamos hacerlo en un laboratorio y tan solo tendríamos que esperar cerca de un mes para evidenciar y registrar sigilosamente las etapas de su nacimiento, desarrollo y muerte. Las estrellas, por el contrario, tienen vidas de decenas de miles a miles de millones de años, dependiendo de su tamaño, pero afortunadamente hay muchísimas estrellas allí afuera, en diferentes etapas evolutivas, algunas en los primeros instantes de su formación a partir de nubes de gas, otras adultas como nuestro Sol, y otras tantas que ya están al final de su vida o incluso que han muerto y son ahora cadáveres estelares.

Las estrellas de neutrones o neutrones estrellados se forman justamente en la fase terminal de la vida de estrellas gigantes –cuando todo el combustible nuclear se ha agotado– y se originan después de una intensa explosión (supernova) y el colapso final del núcleo de estrellas de masas intermedias (alrededor de una decena de veces la masa de nuestro Sol). La materia dentro de ellas está sometida a condiciones especiales, dada la altísima densidad y las temperaturas de miles de millones de grados, además de los intensos campos magnéticos que las dominan. Son objetos del tamaño de ciudades, pero con una masa

de medio millón de veces la de todo el planeta Tierra, comparable a tener un avión Boeing 747 y comprimirlo hasta convertirlo en un diminuto grano de arena. La descomunal presión en el interior de las estrellas de neutrones –que podría ser tan alta como la que hubo en el momento del *Big Bang* que habría dado origen al universo– hace que protones y electrones se combinen en neutrones. Estas condiciones no se pueden simular en un laboratorio terrestre. Su descubrimiento se dio en 1967, cuando Jocelyn Bell, una estudiante de doctorado, registró señales rápidas de microondas que se repetían regularmente. Se pensó inicialmente que eran señales de vida extraterrestre, pero nuevos casos aparecieron, tras lo cual se concluyó que estos “púlsares” correspondían a estrellas de neutrones girando rápidamente y emitiendo chorros de radiación, simulando un gran faro, pero cósmico. Actualmente se conocen unas dos mil estrellas de neutrones, de las cuales unas trescientas se encuentran en sistemas binarios, es decir, acompañadas de otro objeto que podría ser, por ejemplo, otra estrella de neutrones o una estrella normal. Los más recientes descubrimientos en el área de estudio de estos fascinantes objetos han evidenciado lo que ocurre cuando dos estrellas de neutrones colisionan y deforman el tejido espacio-temporal, ellas producen ondas gravitacionales y generan un brillante destello en todo el espectro de radiación. Un nuevo panorama de investigación del universo se abre ante nuestra mirada.

## Lucy, el diamante más grande del universo



Los diamantes se encuentran entre las piezas más apetecidas en muchas sociedades contemporáneas. La tradición de regalar un anillo para compromisos matrimoniales adornado con esta joya preciosa comenzó hace más de un siglo, aunque no se popularizó hasta mediados del siglo XX. La entrega del diamante representa el deseo de un amor duradero, tanto como la dureza de este mineral de estructura cristalina conformado por átomos de carbono y cuyo nombre significa “indestructible”. El diamante en bruto más grande del mundo encontrado hasta la fecha, conocido como diamante Cullinan, tenía el tamaño de una pelota de tenis y fue descubierto en Sudáfrica en 1905, alcanzando un precio de 70 millones de dólares. Con todo y sus 3106 quilates –5 quilates equivalen a 1 gramo– esta descomunal gema aún se encuentra muy lejos de acercarse a los 10 mil millones de billones de billones (un 1 seguido de 34 ceros) de quilates del diamante más grande del universo. En realidad se trata de una enana blanca –el cadáver de una estrella de baja masa– a la cual se le ha denominado Lucy, en referencia a la canción de Los Beatles titulada “Lucy

en el cielo con diamantes”, popularizada hace 50 años por la famosa banda británica. Ubicada en la constelación del Centauro, a 50 años luz de nosotros, el objeto BPM 37093 o Lucy fue en algún momento una estrella como nuestro Sol.

Una vez agotan su combustible, estas estrellas con masas relativamente pequeñas dejan un núcleo formado fundamentalmente de carbono. Ya no producen energía por reacciones de fusión nuclear, pero siguen brillando a causa de la temperatura a la cual se encuentran. Con el paso del tiempo, estos cuerpos se van enfriando y apagando mientras su interior se cristaliza, convirtiéndose así en enormes diamantes en el universo. Descubrir en el 2003 que Lucy era un objeto con estas características fue un gran acontecimiento, pues comprobó una predicción teórica de casi medio siglo atrás. Con un tamaño tan solo un poco más pequeño que el de la Tierra, y un peso equivalente al del Sol, Lucy es hasta ahora el mayor diamante descubierto en el universo, pero además de eso nos muestra una imagen de lo que le depara a nuestra estrella después de su muerte en unos 5 mil millones de años.

# Oumuamua, un extraño visitante espacial

Varias razones hacen de Oumuamua uno de los objetos más extraños que se hayan descubierto en nuestro vecindario cósmico, lo que causó un debate entre la comunidad científica y la sociedad en general. La historia de este misterioso objeto comienza el 19 de octubre de 2017, cuando el joven astrónomo canadiense Robert Weryk, experto estudiando la física de los meteoros, comenzaba un día de trabajo normal en el Instituto de Astronomía de la Universidad de Hawái. Aquella mañana el Dr. Weryk probablemente no imaginó el alboroto que causaría el descubrimiento de un débil puntito brillante en imágenes del cielo tomadas por el telescopio Pan-STARRS 1, ubicado en el Observatorio Haleakala en la isla de Maui (Hawái). Para sorpresa del investigador, el objeto que acababa de descubrir, un mes después de su máxima aproximación al Sol, no parecía moverse según lo predicho para la órbita que podría tener un cometa o un asteroide. Entonces, buscó más datos. Encuentra registro en observaciones realizadas desde un telescopio de la Agencia Espacial Europea ubicado en el Observatorio de Izaña en Tenerife (Islas Canarias). Combinando la información que tenía en sus manos con la hallada, determina que el extraño cuerpo proviene de fuera de nuestro sistema solar, de algún remoto lugar en nuestra galaxia, y que describe una de las órbitas más extremas que jamás se hayan estudiado. Un mes después el objeto ya tenía nombre, se denominó Oumuamua, una palabra de origen hawaiano que significa “explorador” o “mensajero que

proviene de lejos”, y se le adjudicó el no despreciable honor de ser el primer objeto interestelar de este tipo descubierto en la historia. La Unión Astronómica Internacional anunció entonces la designación 1I/2017 U1, en la que justamente la “I” –usada por primera vez– indica su origen interestelar.

Un primer consenso declaró que Oumuamua debía ser un cometa, basándose en las variaciones de su velocidad y en el hecho de que según el conocimiento actual se predice la existencia de más cometas interestelares que asteroides interestelares. Sin embargo, se especuló incluso que podía ser una nave extraterrestre, ya que no parecía tener la configuración típica de los cometas cuando se acercan al Sol, que desarrollan su larga cola con emisión de gases y polvo. Una de las propiedades más curiosas de este objeto es su forma alargada, como la de un edificio de 60 pisos, además gira sobre su eje cada 7 horas aproximadamente y varía su brillo hasta diez veces en cada giro. Según los modelos de formación de sistemas planetarios, se espera que muchos objetos del tamaño de Oumuamua –comúnmente denominados planetesimales– salgan lanzados en el proceso inicial que da origen a una estrella rodeada de planetas. Infortunadamente, al alejarse, el brillo de Oumuamua se hizo imperceptible y no se pudieron recopilar más datos para seguir profundizando en su análisis, aunque no podemos descartar que en el futuro tengamos una misión que pueda ir a explorarlo.

# La manía de los científicos por las arrugas del universo

Durante muchos años, los científicos que han estudiado el universo estuvieron obsesionados con los diminutos pliegues que existirían en el tejido de espacio y tiempo en el cual estamos inmersos. Albert Einstein los predijo en su teoría de la relatividad general y postuló que el movimiento acelerado de cuerpos masivos producía deformaciones en el espacio-tiempo, y que esas deformaciones se propagaban como ondas que viajan a la velocidad de la luz. Es decir, que un cuerpo por el simple hecho de tener masa deforma el espacio-tiempo, como una pelota puesta sobre una tela extendida deforma la tela creando en ella una forma de embudo, pero si ese cuerpo además se mueve, entonces genera arrugas sobre la propia tela. En concordancia con esto, nuestro planeta, el Sol, las estrellas y todo lo que se desplace en el espacio estará generando tales arrugas. Uno de los desafíos más importantes de la ciencia moderna ha sido el encontrar directamente estas elusivas arrugas espacio-temporales, que se denominan ondas gravitacionales. Finalmente, el 11 de febrero de 2016 una de las colaboraciones internacionales a la caza de ondas gravitacionales, el Observatorio Interferómetro Láser Avanzado de Ondas Gravitacionales (LIGO), anunció el descubrimiento directo de las elusivas ondas espacio-temporales. Con un instrumento muy sensible y complejo que usa tecnología láser y detectores para medir diminutas variaciones en la distancia, se consiguió el gran desafío con el que muchos habían soñado.

LIGO puede medir variaciones en distancia miles de veces más pequeñas que el tamaño de un átomo.

Pero ¿cuál era la obsesión por encontrarlas, por qué es tan difícil medirlas y qué aportó su descubrimiento a nuestra concepción y entendimiento del universo? Aunque todos los cuerpos en movimiento en nuestro universo producirían ondas gravitacionales, solo los objetos muy masivos generan distorsiones considerables que puedan ser detectadas. Un escenario perfecto para la generación de ondas gravitacionales son los agujeros negros. Su enorme masa puede hacer “visibles” las arrugas en el espacio (y el tiempo). Los eventos cataclísmicos y más violentos en el universo son los más apetecidos para buscar las tan deseadas arrugas. Una explosión de supernova o una colisión entre agujeros negros podrían generar pliegues aún más pronunciados. El problema es que tales arrugas se van debilitando a medida que se alejan del lugar donde son generadas y, por tanto, no hay muchos eventos cerca de nosotros para usar como conejillos de indias. Las ondas gravitacionales pueden responder varias de las preguntas fundamentales sobre el origen de nuestro universo y aportan una prueba más a la teoría del *Big Bang*. Las arrugas más viejas del universo primitivo, que se habrían producido en el instante en que se “encendió” el universo en una gran explosión, siguen estando en la mira de los cazadores de ondas gravitacionales.

# Más allá del borde del abismo

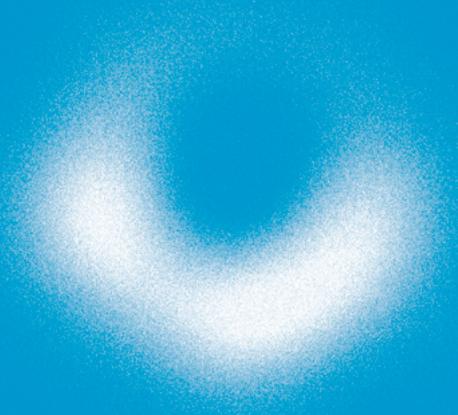
Tan solo tres años después de la detección de las arrugas en el espacio y el tiempo producidas por dos agujeros negros que se fusionaron hace 1.400 millones de años, el mundo se volvía a sorprender en el 2019 con la primera imagen real de un agujero negro. El descubrimiento de 2016 era la confirmación del efecto que tienen los agujeros negros sobre sus alrededores, creando pliegues en el espacio (y en el tiempo) al moverse aceleradamente. Estas son las llamadas ondas gravitacionales, que abrieron una nueva ventana para medir el universo y los extraordinarios fenómenos que suceden en él. Toda una revolución si se tiene en cuenta que llevamos miles de años estudiando el cosmos basándonos principalmente en la luz emitida por los cuerpos, pero las ondas gravitacionales son una nueva herramienta para explorar el universo que no depende de la luz, pues atender a ellas es como “escucharlo”.

Cuando aún seguíamos conmocionados con este hallazgo, nos sorprendíamos nuevamente con la que fue, sin duda, la mayor noticia científica del 2019, la fotografía de un agujero negro, la vivida imagen de los efectos de la deformación del espacio producida por la enorme masa de uno de estos misteriosos objetos. La imagen revelada deja ver la silueta del agujero gracias a la luz que logra escapar del foso, es decir, de la atracción ejercida por el agujero. La sorpresa que generó tal imagen no era para menos, pues desde hace casi 250 años, cuando se comenzó a concebir la idea de un cuerpo tan denso que ni siquiera la luz escapa de él, estamos pensando en estos objetos cósmicos, teorizando sobre su forma, sus efectos y, en épocas más recientes, soñando con poder fotografiarlos. Ahora tenemos la primera estampa real de uno de ellos, imagen en la que podemos visualizar la curvatura del espacio-tiempo.

Destacados científicos han investigado los posibles efectos que tienen los agujeros negros, en particular Albert Einstein, el gran genio de la física del siglo XX, lo hizo justamente al predecir con su teoría general de la relatividad, en 1915, lo que le sucedería al espacio y al tiempo al sentir la presencia de un objeto con masa. Ahora se añade una nueva confirmación a esta teoría, comprobando que el espacio en la vecindad de un agujero negro experimenta una deformación que hace que incluso la propia la luz se desvíe, tanto que el agujero es capaz de no dejarla escapar.

Lograr este hito científico no fue nada fácil. Visualizar un agujero negro requiere la articulación internacional de varios radiotelescopios en diferentes lugares del mundo, así como la combinación de sus observaciones con una técnica llamada interferometría. Esto sería equivalente a observar con un telescopio del tamaño de la Tierra, pues solo así es posible ver este agujero negro que se encuentra tan lejos que desde nuestro planeta se ve tan pequeño como una naranja en la superficie de la Luna.

Más de 200 científicos de 40 países hacen parte del consorcio denominado “Event Horizon Telescope”. Su nombre proviene del horizonte de eventos, el límite de la zona alrededor del agujero en donde ni la materia ni la energía pueden escapar, siendo tragadas por este. Trabajando durante dos años con ayuda de ocho radiotelescopios, se pudo espiar el agujero negro que habita el centro de la galaxia M87 y registrar la luz en ondas de radio que puede escapar de los límites del agujero. Lo que se observa en la imagen del agujero denominado M87\* (M87 estrella) es literalmente materia caliente –a una temperatura miles de veces superior a la de la superficie solar–, que logra escapar



a la acción succionadora del agujero, emitiendo luz al borde del abismo. Esa luz tardó 55 millones de años en llegar a nuestros telescopios, es decir, que salió de M87 cuando en la Tierra apenas se estaban formando las grandes cadenas de cordilleras, como el Himalaya. Gracias a la observación de la estructura de la región brillante alrededor del agujero y a la comparación con simulaciones producto de las ecuaciones de la teoría de Einstein, se puede estimar que M87\* tiene una masa de 6500 millones de veces la de nuestro Sol, un verdadero monstruo cósmico con un tamaño comparable al de nuestro sistema solar. El análisis de la imagen permite concluir que el agujero negro gira, pero hasta el momento no se ha podido medir su velocidad de rotación ni la inclinación del disco de materia que gira alrededor de él.

Se piensa que los agujeros negros supermasivos, como se les denomina técnicamente, ocupan el centro de las galaxias. El de nuestra galaxia, la Vía Láctea, se

denomina Sagitario A\* y se cree que tiene una masa mucho menor que M87, de unos pocos millones de veces la masa del Sol. Nuestro agujero supermasivo sigue siendo esquivo, ya que su observación se complica al ser más pequeño y girar la materia más rápido alrededor de él, lo que hace que tenga cambios de brillo en cuestión de días, y esto dificulta el análisis de los datos. Sumado a esto, la gran cantidad de polvo que hay en la dirección en que lo observamos desde la Tierra, introduce una enorme dispersión de la luz, pero seguramente obtener una buena imagen de él con estas novedosas técnicas será cuestión de tiempo y la próxima gran meta.

Lo que estamos viviendo hoy por hoy es un gran triunfo del conocimiento que ha logrado desarrollar nuestra especie (de la mano de avances tecnológicos en instrumentación y en procesamiento y análisis de enormes cantidades de datos), así como un paso más en nuestro entendimiento del universo en el que vivimos.

## El universo violento

A nuestro alrededor abundan claras evidencias del poder de la naturaleza. Fenómenos tales como tormentas eléctricas, huracanes, erupciones volcánicas y terremotos son algunos ejemplos de liberación de grandes cantidades de energía. Aunque nos estremecen y causan pérdidas humanas y materiales, todos estos acontecimientos son esenciales para la evolución de nuestro planeta y sin ellos el surgimiento y desarrollo de la vida hubiera sido improbable. Desde una perspectiva mucho más amplia, el universo está plagado de acontecimientos extremadamente energéticos que contribuyen a su evolución. El sistema solar, por ejemplo, es producto de la feroz explosión de una estrella de gran masa –lo que se conoce como una supernova– de cuyas cenizas surgió el material que dio origen al Sol, la Tierra y los seres humanos. Una supernova emite gran cantidad de radiación, y en esta emisión se encuentran los rayos gamma, los más energéticos de todos y de los que provienen algunos de los fenómenos más violentos del universo.

Desde la prehistoria hasta la mitad del siglo XX únicamente observamos el universo en luz visible. A partir de entonces, y gracias al estudio de los “nuevos” tipos de radiación, comenzamos a descubrir un gran número de objetos, fenómenos y procesos que configuran y moldean el vasto universo. El despertar de la astronomía de rayos gamma fue el más tardío, pero

posiblemente el que más sorpresas ha generado. Cohetes y satélites fueron necesarios para que los nuevos descubrimientos pudieran llegar. En las tres últimas décadas se ha profundizado en el estudio de estrellas de neutrones, que rotan en fracciones de segundo y cuya materia está confinada al tamaño de una ciudad, en la materia engullida por un descomunal agujero negro en el núcleo de galaxias –los llamados núcleos activos de galaxias– y en las violentas ráfagas conocidas como estallidos o brotes de rayos gamma (GRB por sus siglas en inglés).

Los GRB se descubrieron de forma casual en 1967 por los satélites Vela, una serie de instrumentos diseñados y puestos en marcha en plena Guerra Fría para detectar posibles pruebas de armas nucleares. Durante muchos años, se pensó que tenían lugar en nuestra propia galaxia, pero la sorpresa fue grande cuando se encontró que provenían de galaxias distantes y, por lo tanto, constituían emisiones extremadamente potentes que podían viajar miles de trillones de kilómetros antes de llegar a los detectores. Uno solo de estos estallidos puede liberar tanta energía como nuestro Sol en un período de 10 mil millones de años, es decir, en toda su historia evolutiva. Su estudio es un campo de investigación de gran interés. La astronomía de rayos gamma ha alcanzado su madurez mientras el universo nos revela su cara más violenta.



# EXPLORANDO EL ESPACIO

*“La vida en el espacio era algo mágico”.*

Mark Shuttleworth, turista espacial



## La vida a 400 kilómetros de altura

Si me pusieran a elegir una de las maravillas del mundo actual, pensaría de inmediato en una obra monumental de la especie humana que no se incluyó entre las siete maravillas del mundo moderno escogidas en una iniciativa que surgió en el 2000. Y las razones pueden ser dos: que su construcción apenas finalizó hace tres años o que simplemente está realmente fuera de este mundo. Les hablo de la Estación Espacial Internacional (EEI), que representó un desafío colosal para nuestra civilización y a la que muchos designan como el símbolo del fin de la Guerra Fría. La EEI se erige hoy como una muestra del entendimiento y la colaboración internacional, y es uno de los mayores logros de la ingeniería, además de ser el hogar temporal de personas a quienes bien podríamos llamar “extraterrestres”. Se comenzó a construir en 1998, pero la primera tripulación no se acomodó allí hasta el 2 de noviembre del 2000. Desde entonces la han visitado 250 personas de dieciséis países y casi una decena de turistas espaciales.

Aunque alojarse una temporada en una casa con seis habitaciones, dos baños e incluso gimnasio pudiera parecer algo bastante llamativo, en la EEI no hay muchas comodidades, y hay que hacer ciertos

ajustes a las acciones cotidianas, a causa de la ausencia de gravedad. Los simples actos de ponerle sal a una comida, lavarse los dientes o el pelo son en la Estación tareas bastante engorrosas. El 90 %, que se aspira con una bomba de succión, es reciclada, pues el agua es un bien escaso. Debido a ello, los astronautas deben asearse solo mediante el uso de toallas húmedas. La falta de espacio y la necesidad de almacenar víveres es otra incomodidad. La comida es deshidratada e incluso desde hace pocos años se sustituyó el pan por tortillas mexicanas que ocupan menos espacio. A todo eso se suman los cambios físicos: la cara se hincha porque llega más sangre a la cabeza debido a que el sistema circulatorio no se afecta por la gravedad, el cuerpo pierde masa ósea y muscular y se debe dormir atado. Los astronautas deben hacer ejercicio, pues de otra forma perderían hasta un 10 por ciento de masa muscular por cada mes que habiten bajo estas condiciones. Mientras todo eso ocurre, se viaja a una velocidad de 8 kilómetros por segundo en una órbita a 400 kilómetros de altura, viendo amaneceres y atardeceres cada 45 minutos y con la mejor vista que se pueda tener de nuestro planeta en todo su esplendor.

## El traje del millón de dólares



Escenas de seres humanos haciendo caminatas espaciales, como las que recientemente recreó la película *Gravity*, fueron, durante muchos años, acontecimientos que solo tuvieron cabida en la ciencia ficción. A estas operaciones, que los astronautas llevan a cabo fuera del entorno de la nave, se les conoce como Actividad Extra-Vehicular (EVA, por sus siglas en inglés). El primer paseo espacial fue hecho por el cosmonauta soviético Alexei Leonov, en 1965, y hoy estos se efectúan con bastante frecuencia. Aunque sean ahora una actividad rutinaria, las salidas de los astronautas al espacio exterior bajo condiciones extremas siguen poniendo a prueba la tecnología, pues junto con el astronauta, el gran protagonista es el traje espacial.

El traje espacial es una sofisticada máquina antropomórfica cuyo diseño es fruto de años de investigación y pruebas exigentes. Para sus portadores, estas modernas vestimentas, que pueden costar millones de dólares, representan el elemento que los mantiene con vida y les permite hacer su trabajo en el espacio: sin gravedad, con cambios de temperatura que van de -180 a 122 °C, en ausencia de la presión atmosférica, y con alta radiación. Solamente la falta de presión haría que en 15 segundos un ser humano perdiera la

conciencia y muriera, como sucedió en un accidente en 1971, cuando tres tripulantes rusos perdieron la vida por la despresurización de la nave Soyuz. El traje debe combinar perfectamente la funcionalidad con la comodidad, algo complicado teniendo en cuenta que el peso promedio de uno actual puede rondar los 130 kilos, aunque en realidad los astronautas no los sienten tan pesados debido a la falta de gravedad. Dentro del traje, el astronauta cuenta incluso con un baño incorporado, pues tienen sistemas de almacenamiento de desechos sólidos y líquidos para casos de urgencia.

Un nuevo modelo, el BioSuit, podría revolucionar el concepto del traje espacial, acabando con la presurización con gas e implementando un traje ceñido al cuerpo, que lo envuelve en capas de material apretado y ejerce una presión mecánica que contrarresta la falta de presión en el espacio exterior. Es una especie de segunda piel. La vestimenta para el espacio, además de los trajes usados en las EVA, incluye también otros tipos de trajes usados dentro de los vehículos espaciales, que proveen principalmente el sistema de presión estable, en caso de pérdida de presión en la nave, y que son esenciales para el lanzamiento y el regreso a Tierra de los astronautas.



## Los taxis espaciales

Cuando comenzó la carrera espacial en 1957 con el lanzamiento del satélite Sputnik 1, las dos grandes potencias del momento, Estados Unidos y la Unión Soviética, se convirtieron en naciones contrincantes, rivales tecnológicos cuyo principal objetivo era la conquista del espacio. Nadie habría imaginado que medio siglo después la Administración Nacional de la Aeronáutica y del Espacio, más conocida como NASA, dependería de las naves rusas para poder viajar al espacio. Como consecuencia del retiro del programa de naves espaciales en el 2011, la NASA ha dependido de los vehículos Soyuz para poder enviar personas y suministros a la Estación Espacial Internacional (EEI). Para la primera potencia mundial, esta situación no es muy agradable y están haciendo grandes esfuerzos para dejarla atrás.

La tensa situación política actual con Rusia ha acelerado el interés para restaurar la capacidad estadounidense para tener más control sobre su programa espacial. Hace tan solo unas semanas, la NASA anunció que contará con “taxis” que llevarán al espacio a sus astronautas. Estos vehículos serán desarrollados por compañías privadas y la NASA deberá entonces subcontratar el transporte, pero con un costo menor que los 70 millones de dólares que cobra Rusia por poner

un astronauta en la EEI. Las empresas privadas se han convertido en actores importantes en la conquista del espacio en este nuevo milenio, especialmente en lo que respecta al turismo espacial. Se anunció que las compañías encargadas de suministrar los vuelos serán Boeing y Space X. La primera, fundada por William E. Boeing a comienzos del siglo pasado, tiene una amplia trayectoria en el campo de la aviación, pero también en construcción de cohetes y satélites. Su modelo CST-100 podrá llevar hasta siete tripulantes a la EEI y tiene cierta similitud con las antiguas naves Apolo, aunque con una tecnología de última generación. Por su parte, Space X, con tan solo 12 años de experiencia, ya cuenta con importantes desarrollos bajo el mando de Elon Musk, cofundador de PayPal y Tesla Motors entre otras múltiples compañías. De hecho, su nave Dragon ya ha viajado en varias oportunidades a la EEI para llevar suministros y nuevas actualizaciones le permitirán transportar humanos.

Una tercera propuesta, de la compañía Sierra Nevada Corporation, fue rechazada. Sin embargo, la compañía ha presentado una demanda alegando graves dudas e incongruencias en el proceso de selección. ¿Podremos algún día ir a la agencia de viajes y reservar un vuelo con destino al espacio? Seguramente sí.

# Una carrera espacial llena de hitos

El incesante deseo de explorar, dentro de nuestro planeta y más allá, está impreso en los genes de la especie humana. Para las nuevas generaciones, las misiones de exploración espacial pueden parecer algo cotidiano, pues desconocen que hace apenas medio siglo dimos el anhelado paso sobre ese otro mundo que es la Luna. La puesta en órbita del satélite ruso Sputnik 1 marcó el inicio de la era espacial, al tiempo que revolucionó nuestras sociedades y la forma en que los humanos vivimos día a día. Hoy, rodeados por miles de satélites, seguimos levantando nuestra mirada al cosmos con el mismo deseo de desentrañar sus misterios más profundos. Esa capacidad de nuestra especie no deja de sorprendernos. En 1969 se reflejó en el increíble logro de posarnos por primera vez sobre la Luna, hoy se concreta en la impresionante misión de viajar durante diez años al encuentro de un cometa para indagar sobre los orígenes de nuestro sistema solar, y mañana, probablemente, las próximas generaciones se embarcarán en largos viajes con miras a explorar el medio interestelar. Nuestra relación con el espacio nos mantendrá en contacto con el cosmos y nos llevará a adentrarnos en él y a avanzar en su conquista a medida que aprendamos cómo hacerlo.

Ahondar en el conocimiento del cosmos nos permite tener una mejor claridad de nuestro lugar en el universo. Esa intrépida, y a veces accidentada, empresa está llena de hitos. Uno de ellos es la puesta

en órbita del telescopio espacial Hubble. Desde comienzos de los años 90, a 593 kilómetros sobre el nivel del mar, es el ojo inmenso que desde el cielo nos revela algunos de los secretos más inesperados del universo. Este invaluable instrumento de observación ha aportado detalles sobre la superficie de planetas, asteroides y muchos otros cuerpos celestes, lo cual no ha hecho más que aumentar nuestra curiosidad y deseo de seguir desarrollando la tecnología que llevará a nuestras naves a esos destinos. Sus hallazgos permitieron que grupos de todo el mundo pudieran llevar a cabo la cuidadosa planeación de ambiciosas misiones de exploración de Marte, la Luna y otros cuerpos del sistema solar. Mientras tanto nuestros telescopios realizan observaciones cada vez más detalladas del universo. En apenas dos décadas de búsqueda hemos descubierto cerca de 2.000 planetas fuera del sistema solar, y ya hay varios otros miles que son candidatos a ser catalogados como tales. ¿Encontraremos algún día vida en uno esos lejanos mundos? ¿Será capaz nuestra civilización de superar los incontables desafíos que implicaría viajar a uno de ellos?

Esas preguntas rondan nuestras cabezas y miles de científicos dedican sus vidas a responderlas, a hacerlas realidad. Y así será. La razón la dio el reconocido astrofísico británico Stephen Hawking poco antes de su muerte: “Limitar nuestra atención a cosas terrestres sería poner un límite al espíritu humano”.

A photograph showing two astronauts in white space suits working on the exterior of a large, complex metal structure, likely a space station or satellite. One astronaut is on the left, reaching towards a large circular hatch or component. The other is on the right, partially obscured, also working on the structure. The background is a bright, hazy sky.

## Caminatas espaciales, un paseo a otro mundo

Pocos rechazaríamos una invitación para irnos de paseo, pero si la travesía es a un sitio hostil, con temperaturas extremas, donde dependeremos de muchos factores para sobrevivir, la cuestión puede interesarles solo a algunos intrépidos excursionistas. Los paseos espaciales reúnen exactamente esas características y son un componente esencial de gran parte de las misiones al espacio. En estos paseos un astronauta sale de la protección de la nave y desafía las condiciones exteriores, equipado con un sofisticado traje que lo mantiene con vida. Es lo que técnicamente se conoce como actividad extravehicular (EVA, por sus siglas en inglés).

Lo que fuera un sueño para la humanidad durante muchos siglos se hizo realidad hace medio siglo de la mano del cosmonauta ruso Alexei Leonov. El 18 de marzo de 1965, cuatro años después de que Yuri Gagarin se convirtiera en el primer hombre en viajar al espacio para completar una órbita alrededor de la Tierra en la nave Vostok, Leonov daría literalmente un paso más allá: salió de la cápsula y “flotó” en el espacio a 500 kilómetros de altura sobre la superficie de la Tierra, en un viaje a una velocidad de 27.000 kilómetros por hora. Aunque con conexión a la cápsula por un “cordón umbilical” de 5,35 metros y con una duración de tan solo 12 minutos a la intemperie, la caminata espacial de Leonov nos impulsaría a realizar incluso jornadas enteras de trabajo allí

afuera. El mayor hito de la exploración espacial se dio precisamente gracias a las caminatas espaciales, y la primera sobre otro mundo fue posarnos sobre la Luna, en 1969. Después vendrían inmensos desafíos, siendo uno de los mayores el levantamiento de un hogar en el espacio: la construcción y el mantenimiento de la Estación Espacial Internacional. A la fecha, unas 1000 horas de paseos espaciales se suman desde 1998, y el récord de una sola persona lo ostenta Anatoly Solovyev, con 82 horas y 22 minutos acumulados, en 16 EVA.

Aunque pareciera que está todo controlado, los paseos espaciales no dejan de ser arriesgados y muchas veces traumáticos. Desde el primero, en donde el traje de Leonov se expandió por un problema de presión (de no ser por la apertura de una válvula para liberar gas y disminuir la presión interna, no hubiera podido entrar por la escotilla de vuelta a la cápsula) hasta uno de los más recientes, en el 2013, cuando el astronauta italiano Luca Parmitano experimentó una fuga de agua en su casco y la EVA se interrumpió a pocas horas de haber comenzado. Afortunadamente, en medio siglo de paseos espaciales no ha habido consecuencias fatales para los que se embarcan en este cara a cara con la inmensidad del espacio. Eso sí, la amalgama de sensaciones y las impresionantes vistas seguramente le habrán quitado el aliento a más de uno.

# Viaje a las estrellas

Inmensos desafíos deberán superarse antes de que los viajes interestelares sean una realidad y de que muchas de las escenas de la ciencia ficción se tornen parte de nuestro día a día. Una vez hayamos explorado nuestro vecindario cercano, el sistema solar, el viaje a las estrellas se concibe como el paso siguiente. ¿Qué tan factible será emprender una aventura cósmica para alcanzar las estrellas?

El abrumador tamaño del universo es el mayor obstáculo. Tan solo en la Vía Láctea se estima que hay 100.000 millones de estrellas, y un rayo de luz tarda 150.000 años en recorrerla. Si quisiéramos con nuestras naves actuales llegar a Próxima Centauri, la estrella más cercana al sistema solar, el viaje tardaría unos 80.000 años. Hay opciones tecnológicas, como la propulsión por pulsos nucleares que nos permitirían alcanzar velocidades equivalentes a un 5 % de la velocidad de la luz, con lo cual el viaje se reduciría a unos 85 años. En la práctica, esto supone comenzar desde cero acelerando hasta llegar a la mitad del trayecto y en la segunda mitad activar el freno para finalmente llegar justo a nuestro destino. Las cosas serían más sencillas si solamente enviáramos una sonda no tripulada, como las Voyager que se acercan a los límites del sistema solar después de 37 años de viaje a 30.000 kilómetros por hora. Aun así, en el camino se encontrarían unos cuantos peligros, rocas y polvo, que podrían destruir la nave.



Si el viaje involucra seres humanos, las cosas se complican aún más: el peso de la nave se eleva considerablemente, debiendo incluir sistemas para la subsistencia de los viajeros; se necesita mucha más energía y una gran aceleración no sería soportada por la tripulación. Por eso algunos, como el físico Gerald O'Neill, se han lanzado a plantear la necesidad de establecer asentamientos de seres humanos en el espacio exterior, en hábitats acondicionados para su subsistencia, desde los cuales emprender la colonización del espacio; bases en otros mundos, como los asteroides, que podrían ayudar en el abastecimiento de materiales. Otros científicos incluso sugieren que solo podremos sobrepasar las enormes distancias en el universo mediante agujeros de gusano, que son como túneles espaciales que sirven para conectar dos puntos del espacio y el tiempo.

Aunque ahora nos parezca que un viaje a las estrellas es inalcanzable, lo cierto es que hace un siglo era imposible pensar en posarnos sobre la Luna o descubrir planetas. Nuestra imaginación, esa capacidad humana para formar nuevas ideas, no debe detenerse. Recordemos a una de las mentes más brillantes, Albert Einstein, cuando decía: “La imaginación es más importante que el conocimiento”.

## ¿Hay alguien en casa?

La exploración espacial es una de las mayores hazañas que hemos conseguido como humanidad. Es difícil imaginar a otra especie en la Tierra capaz de aventurarse al espacio interplanetario, ni tan siquiera de concebir viajes a otros mundos o de pensar en posibilidades de vida en algún rincón escondido en el universo. Tras más de seis décadas, desde que la aventura espacial comenzó con la puesta en órbita del primer satélite artificial, el Sputnik 1, hoy conseguimos explorar con avanzados laboratorios robóticos lugares a millones de kilómetros de nuestro planeta. Las más recientes misiones de exploración a Marte reúnen el anhelo de muchos años por encontrar vestigios de vida más allá de nuestro hogar. Pero ¿qué pasaría si encontramos algún rastro fósil de esa vida? o, más aun, si algún microbio se asomara frente a las cámaras y demás instrumentos de medida con que va equipado el rover Perseverance, el laboratorio robótico más moderno enviado hasta ahora a Marte. Sin duda la biología sería una de las áreas de la ciencia que más ampliaría sus fronteras, pero muchos advierten sobre las implicaciones sociales y culturales del que probablemente sería reconocido como el descubrimiento más relevante en la historia de la humanidad.

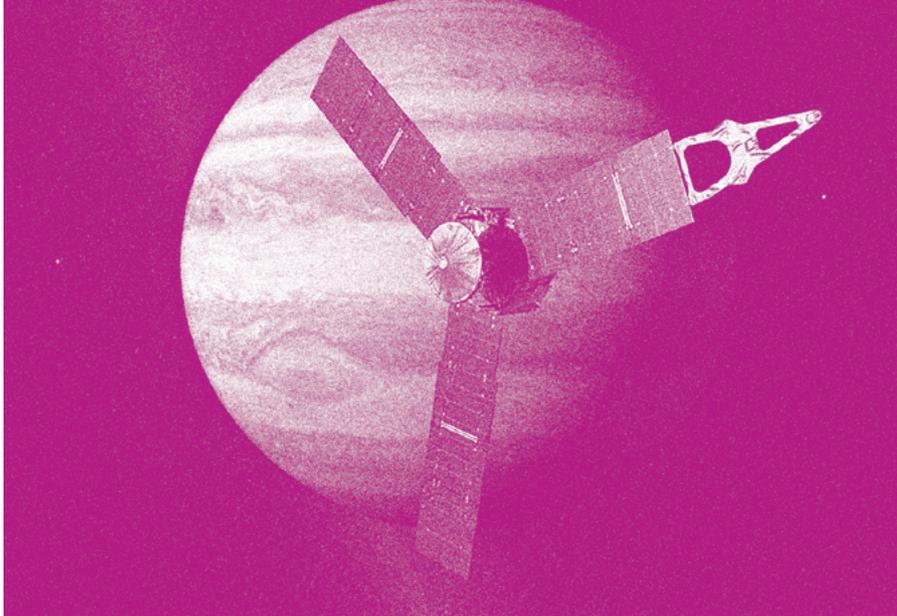
Todas estas ideas son un verdadero caldo de cultivo —nunca mejor dicho— para un sinfín de nuevos interrogantes, que ahora se recogen en lo que se conoce como *astroética*. ¿Qué vamos a hacer con esa vida?, ¿qué implicaciones tiene la exploración de un

entorno en el que podríamos cambiar las condiciones y afectar a los seres extraterrestres que en él habitan?, ¿nos autolimitaremos en nuestro deseo expansionista si encontramos vida en Marte?, ¿cómo nos comportaremos cuando colonicemos el planeta rojo? Pese a que la ciencia ficción ya lleva un largo recorrido mostrando encuentros con civilizaciones alienígenas, otra cosa es cuestionarse como sociedad las implicaciones reales asociadas a estos dilemas éticos.

Si el contacto con nuevas culturas ha sido en muchos casos traumático —e incluso nefasto— a lo largo de la historia de la humanidad, ¿habría razones para pensar que esto va a ser diferente cuando se trate de culturas extraterrestres? La Tierra ha sido el escenario donde la máquina colonizadora de los seres humanos se ha puesto en marcha y, de alguna manera, el camino de la exploración espacial parece representar el paso siguiente a las históricas conquistas de territorios, continentes y países. Parece entonces crucial no cometer los mismos errores del pasado.

Los problemas éticos relacionados con el uso del espacio, que estuvieron asociados en un comienzo a la militarización en la época de la Guerra Fría, y hasta con la venta de parcelas en la Luna por parte de personas inescrupulosas, hoy incluyen la ética del contacto extraterrestre y la manipulación de condiciones planetarias más allá de nuestra *canica azul*. Es bueno pensar en cómo deberíamos comportarnos si tenemos vecinos en la casa de enfrente.

## El triunfo de la energía solar en la conquista del espacio



La llegada de la sonda Juno a Júpiter en el 2016 marcó un récord también para la energía solar. Juno se convirtió en el objeto que más lejos ha llegado funcionando gracias a paneles solares que le dan el sustento energético a sus sistemas. A comienzo de este año, Juno ya había igualado el anterior registro de 792 millones de kilómetros de distancia respecto al Sol (un poco más de 5 veces la distancia a la que está nuestro planeta) que ostentaba desde el 2014 otra sonda. En esa oportunidad, Rosetta fue la protagonista de una hazaña igual de extraordinaria: encontrar el cometa 67P/Churyumov-Gerasimenko después de una década de travesía interplanetaria. Con Juno, la energía solar alcanza un nuevo triunfo. El uso de este tipo de energía limpia ha tenido varios altibajos. La incipiente tecnología tenía pocos seguidores a comienzos de la década de 1970 y se podía contar con una mano las viviendas en países como Estados Unidos que usaban esta forma de generación de energía. Ahora el uso de energías limpias se hace necesario para mitigar los efectos del cambio climático. Entre ellas, la energía solar tiene buenas perspectivas, y hay estimaciones que afirman podría representar un 60 % del suministro mundial dentro de medio siglo.

En el campo de la exploración espacial, la energía solar es una fuente bastante asequible y

prácticamente inagotable, crucial para asegurar las futuras misiones. Durante el lanzamiento, las naves espaciales usan cohetes con propelentes químicos que dan el impulso necesario para superar la barrera impuesta por la gravedad terrestre que nos mantiene “pegados” al suelo, pero una vez abandonan el planeta se hace necesario otro sistema de propulsión para que puedan hacer cambios en su trayectoria, así como para generar energía para sus sistemas electrónicos. El uso de energía solar se ha vuelto de vital importancia para el programa espacial. La NASA, por ejemplo, cuenta con una división completa destinada a la investigación en el desarrollo y uso cada vez más eficiente de la energía solar en futuras misiones, incluyendo viajes tripulados. Hay varios problemas que superar para que los paneles solares sean más eficientes. Partículas de polvo se depositan sobre ellos y poco a poco van inhabilitándolos, además hay pérdidas por radiación que se refleja, usando nanotecnología de materiales se aspira a atraparla mejor. El avance es acelerado y los actuales paneles superan ampliamente los que se hacían tan solo un par de décadas atrás; entre los que se destacan los ocho paneles con 270 mil celdas solares que mantienen la Estación Espacial Internacional.

## El astronauta caído

La Luna, uno de los astros que más ha despertado la fascinación por el firmamento no deja de hacerlo, recientemente por los planes para regresar a nuestro más cercano vecino en el sistema solar. No solo las agencias espaciales, sino también las empresas privadas como Space X tienen en la mira llevar humanos a la Luna en un futuro relativamente cercano. El 14 de diciembre de 1972 el comandante Eugene Cernan pisó por última vez el suelo lunar y logró convertirse en fuente de inspiración para que los jóvenes “se atrevan a soñar y explorar”. Hoy, más medio siglo después, el viaje a la Luna sigue siendo un reto que implica superar importantes desafíos tecnológicos y que requiere para los tripulantes un arduo entrenamiento y asumir algunos riesgos importantes.

Recordemos que el camino que nos llevó por primera vez a la Luna no estuvo exento de contratiempos y que incluso cobró la vida de varios astronautas (norteamericanos) y cosmonautas (rusos). En la Luna hay un objeto que hace un noble homenaje a los caídos en servicio durante los entrenamientos y misiones para

conseguir ese logro. Se trata de la primera obra de arte que está expuesta en el espacio, específicamente en un pequeño cráter de la Luna, a casi 400 mil kilómetros de nuestro planeta, y que lleva por nombre “el astronauta caído”. La pequeña escultura, hecha en aluminio y del tamaño de un par de dedos, representa la figura de un astronauta en su traje espacial. La obra del artista belga Paul Van Hoeydonck viajó en la misión Apolo 15 y yace desde 1971 en la superficie lunar, junto a una placa que recuerda con sus nombres a 14 seres humanos que murieron en la carrera por conquistar el espacio. Esta sin igual instalación fue puesta secretamente por el astronauta David Scott, quien solo reveló su sentido homenaje en una rueda de prensa tras su llegada a la Tierra.

Aquella obra, expuesta en el que sigue siendo el más grande espacio de exhibición del universo conocido, nos recuerda el desafío de salir de nuestro hogar y adentrarnos en la exploración de ambientes hostiles para el ser humano, así como la valentía de todos aquellos que han asumido este desafío.

## El cementerio de naves espaciales



En el 2017 se cumplieron 60 años desde el comienzo de la exploración espacial, marcada por el día en que un artefacto hecho por el ser humano se adentró en el espacio, el Sputnik 1. Desde ese momento, se cuentan por miles los satélites y naves de exploración de diversas agencias espaciales y empresas privadas que han abandonado el planeta. Al comienzo era difícil imaginar que en muy poco tiempo el espacio cercano a la Tierra estaría colmado de objetos inactivos que formarían parte de lo que hoy conocemos como basura espacial, un problema que desde la década de 1990 preocupa a los países que dominan la tecnología espacial.

Las órbitas donde se ubican los satélites son limitadas y se están llenando de tráfico espacial, por lo cual se usan alternativas para darles buen retiro. Una opción es enviarlos a una órbita superior, a cientos de kilómetros sobre las órbitas funcionales más externas, donde no interfieran con los satélites en operación ni puedan poner en riesgo otras misiones espaciales; solución que no destruye la basura espacial, sino que simplemente la aleja de nosotros. Cerca de un centenar de satélites reposan allí. Por otra parte, se les puede enviar a un último viaje suicida de vuelta a la Tierra, en donde se desintegran al ingresar a la atmósfera a miles de kilómetros por hora, por efecto de la fricción. Algo muy similar a lo que sucede con las cerca de 50

toneladas de rocas espaciales que ingresan a la atmósfera terrestre cada día y que en su mayoría se incineran, dejando unas estelas en cielo a las que popularmente se les denomina “estrellas fugaces”. El problema es que los objetos más grandes no se destruyen completamente y los escombros pueden alcanzar la superficie de la Tierra, lo que potencialmente es una molesta amenaza. Para ello se ha dispuesto de un lugar en el planeta para que sea su última morada. El cementerio escogido se encuentra en el punto más inaccesible de la Tierra, en el polo de inaccesibilidad del Pacífico o Punto Nemo, el lugar en el mar más alejado de cualquier costa –aproximadamente a 3000 kilómetros al norte de la Antártida, a 5000 kilómetros al este de Nueva Zelanda, y con 4000 metros de profundidad–, una especie de desierto marino. Los astronautas que orbitan la Tierra a 400 kilómetros de la superficie son, de hecho, los seres humanos que más cerca están de este lugar con cierta regularidad.

Entre los cerca de 300 objetos enterrados allí, se destacan los restos de la estación espacial MIR, desde su fin en el 2001, y más recientemente naves de abastecimiento para la Estación Espacial Internacional. Justamente allí terminarán también los vestigios de la gran casa espacial de la humanidad, cuya vida se estima que finalice dentro de una década.

# El accidente que cambió el rumbo de la exploración espacial

Un minuto antes de la explosión el pánico se apoderó de la tripulación al perder el control de la nave. Aquel 1 de febrero de 2003 el transbordador espacial Columbia y sus siete ocupantes estaban a punto de desintegrarse en la atmósfera terrestre a su regreso a casa luego de una exitosa misión de dos semanas. El incidente marcaba un momento oscuro en la historia del sistema de transporte para acceder al espacio más exitoso hasta la fecha, cuando ya se había superado la crisis producida luego del fatídico final del transbordador Challenger –que estalló por los cielos a los 73 segundos de su lanzamiento el 28 de enero de 1986–. Este segundo golpe para la NASA fue demoledor y el detonante que llevaría finalmente a la cancelación del programa de transbordadores en el 2011, luego de 135 misiones realizadas desde 1982, con dos naves de prueba (Pathfinder y Enterprise) y otras cinco (Challenger, Columbia, Discovery, Atlantis y Endeavour) que acumularon un total de 1323 días en el espacio.

En las miradas atónitas de los científicos, ingenieros y centenares de personas que aguardaban el regreso de la misión a la Tierra en el Centro Espacial Kennedy en la Florida solo había una pregunta: ¿qué causó el desastre del Columbia? Inmediatamente se creó una comisión de investigación que tras varios meses de arduo trabajo pudo responder el interrogante. Algunos ya tenían sospechas de que algo andaba mal cuando en el momento del despegue se pudo observar

un pequeño pedazo de material aislante desprenderse de uno de los tanques de combustible del transbordador. La revisión de videos y las pruebas en laboratorio con réplicas de la nave confirmaron que el fragmento de espuma de poco más de un kilogramo había salido disparado como una bala, golpeando el ala izquierda del transbordador y abriendo un pequeño agujero. El Columbia había partido hacia el espacio herido de muerte, era solo cuestión de tiempo para que las altas temperaturas a su entrada a la atmósfera de vuelta al planeta ocasionaran un incremento anormal de calor en el fuselaje que condujo al lamentable final.

La pérdida de los astronautas (5 hombres y 2 mujeres) causó duras críticas a la agencia espacial, y aún muchos siguen pensando que pudo haberse evitado reparando la perforación del ala durante la misión, o enviando una misión de rescate. Para ello habrían tenido que tomarse unas buenas imágenes satelitales del transbordador en el espacio para poder descubrir el boquete. Desde ese momento los procedimientos técnicos de la agencia espacial fueron revisados, pero la tragedia cambió el rumbo de la exploración espacial. Casi veinte años después del suceso, la NASA depende de las naves rusas Soyuz para llevar a sus astronautas al espacio, pero esto solo será así hasta que entre en funcionamiento el nuevo sistema de lanzamiento espacial (SLS por sus siglas en inglés), que promete regresar a la Luna e incluso llevar seres humanos a Marte.

## Supercomputadoras en el espacio

Algunas situaciones como las que imaginó el científico y escritor Arthur C. Clarke en su novela *2001: Una odisea del espacio* están cada vez más cerca de la realidad. Uno de los principales protagonistas de este relato futurista, escrito en 1968, es sin duda el supercomputador HAL 9000 a bordo de la nave Discovery, y sobre control de todos sus sistemas. Con mecanismos de inteligencia artificial, HAL 9000 mostraba capacidades de reconocimiento facial y de voz, interpretación de emociones y razonamiento; capacidades que lo llevan incluso a convertirse en un villano que amenaza la vida de los tripulantes de la nave mientras defiende su propia supervivencia. Los astronautas en la actualidad no se enfrentan a esta circunstancia extrema, pero los computadores cada vez son más sofisticados y les ayudan en diversas situaciones durante las misiones espaciales. El nivel de informatización de las naves se incrementa constantemente.

En la Estación Espacial Internacional cada astronauta tiene un computador portátil y puede conectarse a diversos sistemas de la nave, además de disponer de internet para navegar en la red y comunicarse con sus familiares en la Tierra. En el 2017 un cohete de la compañía Space X despachaba un pedido de casi 60 kilogramos de peso a este habitáculo espacial. Se trataba del “Spaceborne Computer”, el computador más poderoso en el espacio, desarrollado por NASA y Hewlett Packard, con sistema operativo Red Hat Linux, que estuvo 615 días en pruebas en un intento de usar componentes disponibles en el mercado general y

evaluar su funcionamiento. Esto debido a que uno de los mayores inconvenientes para los sistemas tecnológicos reside en el ambiente hostil que hay en el espacio, con altísimos niveles de radiación. Partículas altamente energéticas –como los rayos cósmicos– pueden impactar los circuitos integrados y generar errores fatales para los sistemas de control y navegación. La capacidad de procesamiento de estos computadores y el desarrollo de algoritmos avanzados serán cruciales para las futuras misiones de exploración.

La inteligencia artificial nos permitirá llegar aún más lejos y adentrarnos en el espacio profundo. Hasta el momento se destacan algunas misiones de exploración marciana que enviaron los robots Spirit y Opportunity en el 2003 al planeta rojo, o los trabajos del Curiosity en el 2012, mediante los cuales se seleccionaron los elementos más interesantes para tomar imágenes de la superficie del planeta vecino. Justamente el Spaceborne Computer probará la eficacia del sistema y sus alteraciones, observaciones que servirán para evaluar un eventual viaje tripulado a Marte, en el que la vida de los astronautas dependerá en gran medida de lo robusto que pueda ser el sistema de control bajo los efectos de la radiación. En cuanto a las misiones no tripuladas, el funcionamiento de las sondas será completamente autónomo y los comandos humanos pasarán a la historia, algo que disminuirá los riesgos y aumentará el ritmo de recolección de datos, así como las posibilidades de nuevos y fascinantes descubrimientos en lugares cada vez más recónditos.



## Astrobotánica, el futuro de la alimentación en el espacio

Seguramente en el futuro cuando logremos establecer una base en otro mundo, los seres humanos que habiten aquellos ambientes a millones de kilómetros de la Tierra dependan, como lo hacemos ahora, de las plantas. La papa, el tercer cultivo más importante en el mundo, es uno de los que podría mantener a nuestros descendientes exploradores en lugares como el planeta Marte, al mejor estilo de la película *El marciano*, en la que el protagonista logra sobrevivir a base del apetecido tubérculo. Lejos de la ciencia ficción, los estudios que actualmente se realizan muestran que un cultivo de papas podría crecer en condiciones atmosféricas extremas como las marcianas, algunas variedades mejor que otras. Se pronostica incluso que la atmósfera marciana rica en CO<sub>2</sub> podría ayudar a que las papas crezcan más rápidamente.

Justamente, la astrobotánica estudia los genes que les permiten a ciertas plantas desarrollarse y vivir en ambientes extremos, entre los que se destacan las variaciones de temperatura, los altos niveles de radiación y la escasez de agua. Las mejores opciones las tendrían aquellas plantas que tengan ciclos productivos cortos y que entre sus componentes cuenten con

altos contenidos de carbohidratos y proteínas. La papa cumple estas características siendo un alimento rico en carbohidratos, proteínas, vitamina C, hierro, potasio y fibra. Hay otros vegetales en los cuales también se está poniendo la mirada, como la quinua. Aunque gran parte de sus objetivos se enfocan en buscar opciones que aseguren la alimentación de seres humanos en otros lugares del universo, la astrobotánica también se ocupa de investigar el uso de plantas para el mejoramiento de suelos, tratamiento de aguas residuales e incluso para estudiar los beneficios a nivel psicológico que tienen las plantas para las tripulaciones en vuelos espaciales.

Actualmente en la Estación Espacial Internacional, orbitando la Tierra, hay cultivos de vegetales, entre los que se destaca la lechuga, que crecen bajo la vigilancia de cámaras para hacer un seguimiento de su desarrollo en un ambiente de microgravedad. Resultados preliminares muestran que sí se producen algunas alteraciones en el crecimiento celular durante su estancia en el espacio, pero que no hay impedimento para pensar en que sean la base de la alimentación en futuros ambientes espaciales.

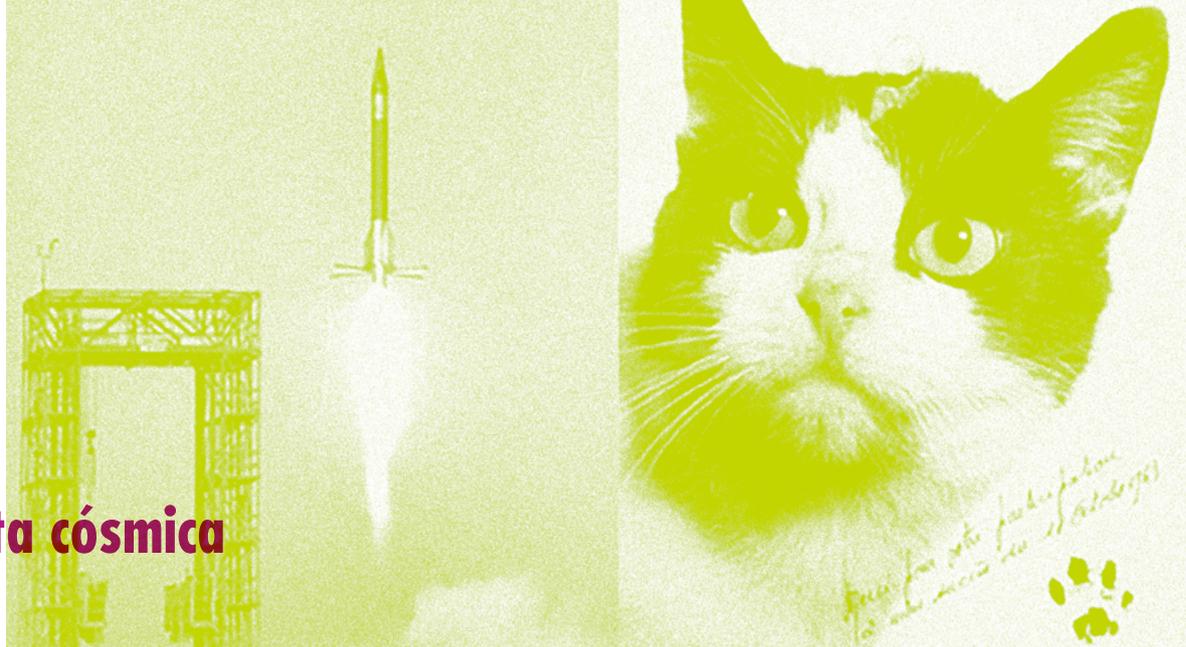
## Viento solar para impulsar nuestras naves

Cada vez que he tenido la oportunidad de observar el paso de un cometa, por instantes vienen a mi memoria las fantásticas descripciones de *El Principito* –el cuarto libro más vendido de la historia–, en las que el pequeño protagonista aprende a viajar por el espacio, montado sobre un veloz cometa que lo lleva de planeta en planeta. Después de que para muchas culturas fueran presagio de tragedia, a partir del siglo XVI los cometas se empiezan a estudiar en detalle. Estos estudios dejan en evidencia que estos cuerpos celestes viajan a considerables distancias fuera de la atmósfera terrestre, lo que quitó gran parte del velo de misterio que los envolvía. Si hay algo que los caracteriza más que otra cosa es su gran cola, que puede extenderse millones de kilómetros y de donde proviene su nombre –del vocablo griego que significa “cabellera”–. En 1618 el astrónomo Johannes Kepler realiza varias observaciones de cometas y concluye que su exuberante cola debe estar generada por una especie de fuerza ejercida por la radiación del Sol. La conexión entre nuestra estrella y los cometas era algo que ya se sospechaba; pues basta fijarse en su cola que siempre se prolonga alejándose del Sol para notarlo. Kepler imaginó que lo que describía como una brisa solar podría utilizarse para construir barcos con velas que pudieran “deslizarse” a través del espacio.

La existencia de un flujo de partículas provenientes del Sol fue confirmada siglos más tarde. En 1958 el astrofísico Eugene Parker desarrolla la teoría sobre lo que denomina “viento solar”, expulsión de partículas de la atmósfera solar que viajan a velocidades supersónicas. Varios satélites midieron las propiedades de este flujo de electrones y protones, cuyo efecto más visible en la Tierra es la generación de las vistosas auroras, pero que de hecho llegan hasta los confines del sistema solar. Sin embargo, la mejor forma de hacer realidad el sueño de Kepler no sería “navegando” en un barco impulsado por viento solar. Mucho más conveniente es usar la propia luz solar. La presión ejercida por las partículas de luz (fotones) puede impulsar una vela y mover una nave para surcar el espacio. A mediados de los años 70 la sonda Mariner 10 –que exploró Venus y Mercurio– pudo solucionar un problema de orientación utilizando sus paneles solares; precisamente, a partir del impulso que estos recibieron debido al impacto de la luz solar dejaron en evidencia el principio de la navegación con vela solar.

Un gran número de diseños de velas solares se están haciendo en la actualidad y ya han sido utilizados en algunos satélites. Aunque aún no se pone en el espacio el primer sistema de propulsión de una nave con velas solares, seguimos a un lado de la orilla del océano cósmico esperando zarpar en raudos veleros cósmicos.

## La gata cósmica



Desde hace ya más de medio siglo, los viajes al espacio son, en cierto modo, rutinarios; alrededor de 600 seres humanos han podido contemplar desde afuera la singular imagen de nuestro planeta azul. Al comienzo de esta aventura teníamos miedo a lo desconocido. Un centenar de kilómetros no parecía mucha distancia, pero llegar a esa altura sobre la superficie de la Tierra exigía superar abundantes barreras físicas y tecnológicas. Sabíamos que el ambiente espacial no era del todo amigable para la supervivencia de nuestros más intrépidos exploradores, pero necesitábamos investigar en detalle las posibles consecuencias de un viaje tripulado al espacio antes de embarcar a un ser humano en una hazaña de tales dimensiones.

Los animales fueron entonces nuestros principales aliados. Gracias a ellos se comenzó a estudiar el efecto sobre el organismo de las condiciones extremas propias del espacio exterior. Las moscas de la fruta fueron las primeras viajeras espaciales; en 1947 abordaron un cohete V2 –usados en la Segunda Guerra Mundial– y a los tres minutos superaban la barrera de los 100 kilómetros. Comenzamos así a profundizar en los efectos de la intensa radiación sobre los seres vivos. A partir de entonces un mono y varios perros viajaron al espacio, pero en 1957 llegaría uno de los grandes

hitos en la aventura espacial. La protagonista era Laika, una perrita que será recordada como el primer animal puesto en órbita.

En aquel período, la antigua Unión Soviética y los Estados Unidos se erigían como los dos principales rivales en la carrera por alcanzar la conquista del espacio. Mucho menos conocido es el intento de los franceses por entrar en esta contienda, resistiéndose así a dejar de ser una potencia mundial. Lanzarían la primera rata al espacio en 1962 y al año siguiente se dieron a la tarea de convertir a un gato en tripulante espacial. Un total de 14 felinos fueron entrenados, después de diversas pruebas quedaron dos candidatos: Félix y Félicette. Finalmente Félix sería el elegido, pero sorprendentemente poco antes del vuelo escapó. La pequeña Félicette, una gata de color blanco y negro, se convertiría así en la primera astronauta francesa viajando al espacio hasta alcanzar los 156 kilómetros de altitud. Un cuarto de hora más tarde aterrizó la cápsula y Félicette, aunque un poco magullada, salía de ella luego de experimentar aceleraciones de hasta nueve veces la gravedad. A los tres meses le practicaron la eutanasia para poder estudiar su cerebro y los efectos del viaje. Félicette será recordada como la primera y única gata en el espacio, el felino que más lejos ha llegado.

## El paracaídas que abrió Croacia

El pequeño país de Croacia, cuyo tamaño escasamente supera al departamento de Vaupés, es reconocido hoy por su más reciente éxito futbolístico. Pero además de sus triunfos deportivos tiene también destacados aportes a la ciencia y la tecnología que han transformado la existencia humana. La fotografía de alta velocidad, la dactiloscopia, que ha sido de uso extendido en criminalística para resolver multitud de casos, el bombillo de tungsteno, el bolígrafo y el torpedo son algunas de las invenciones hechas por croatas. Dentro de la lista hay también un desarrollo que ha sido indispensable para la aventura espacial. Se trata del paracaídas, un elemento sin el cual cientos de misiones no hubieran podido regresar a Tierra, trayendo consigo equipos y seres humanos después de realizar sus tareas en el espacio.

El filósofo e inventor Faust Vrančić, Fausto Verancio, nacido en la ciudad de Šibenik en la actual Croacia, fue el primero que, basado en los dibujos del gran Leonardo Da Vinci, fabricó y probó un rústico sistema de paracaídas muy similar a los usados actualmente. En 1617, en la ciudad de Venecia, saltó desde lo alto de una torre en su paracaídas construido con una tela sobre un marco de madera y cuerdas atadas a su cintura y piernas. Para la sorpresa de muchos, Verancio descendió en su artefacto llegando perfectamente al

suelo. Las décadas siguientes vivieron otros casos de exitosos lanzamientos en paracaídas, pero el camino también estuvo acompañado de momentos trágicos. En 1912 el sastre Franz Reichelt colisiona mortalmente al probar su traje paracaídas lanzándose desde lo alto de la Torre Eiffel en París. Otros desastres empañaron los inicios de la carrera espacial. El mono Albert II, primer mamífero en el espacio, alcanzó a subir a 134 kilómetros en 1949 antes de que su cápsula se estrellara al regreso debido a un fallo en la apertura del paracaídas. Igual suerte corrió el coronel Vladímir Komarov en 1969 a bordo de la nave Soyuz 1, convirtiéndose en el primer deceso de un ser humano producido en un accidente en vuelo en la historia de la carrera espacial. Pese a los contratiempos iniciales, el paracaídas pasó a ser esencial para misiones tan destacadas como las Viking, las primeras cápsulas en penetrar la atmósfera marciana y posarse sobre del planeta rojo en 1976.

Futuras misiones tripuladas a Marte descenderán en gigantescos paracaídas de cerca de 40 metros de diámetro. Asimismo, se espera convertir a los astronautas en una especie de paracaidistas espaciales, para que puedan regresar a la Tierra abriendo el implemento a varios kilómetros de altura, tocando el suelo apaciblemente.



# La inteligencia artificial a la conquista del universo

Al escuchar hablar de inteligencia artificial, a muchos se nos vienen a la cabeza aquellas escenas cinematográficas en que la especie humana es doblegada por máquinas destructivas, una suerte de relato apocalíptico. Sin embargo, la inteligencia artificial es algo que ya está entre nosotros y de formas menos violentas que las que nos han mostrado los guionistas de Hollywood. Hemos visto tantas imágenes de los robots del futuro que pasamos por alto las formas mucho más simples en que diversos algoritmos están hoy cambiando la vida diaria de los habitantes del nuestro planeta, incorporados, por ejemplo, en aplicaciones en nuestros celulares, computadores o vehículos, y hasta en temas de ciberseguridad. En el campo de la investigación científica, la inteligencia artificial es también una herramienta cada vez más recurrente, y el estudio del universo no es la excepción. Con algoritmos de inteligencia artificial se están, por ejemplo, corrigiendo imágenes tomadas desde telescopios en tierra, para poder eliminar el efecto adverso causado por la atmósfera terrestre que las distorsiona y aproximarse a la calidad de las imágenes que se obtienen con telescopios espaciales.

Por otro lado, la próxima generación de observatorios astronómicos generará una enorme cantidad de datos (*big data*) que, además de tener que almacenarse, deberán ser procesados gracias a sofisticados algoritmos de análisis capaces de identificar patrones y de extraer información relevante en tiempos cada vez más cortos. Las llamadas redes neuronales artificiales son sistemas usados para replicar la forma de aprender de

los seres humanos, como una especie de cerebro que analiza y procesa información; este tipo de estructura hace posibles algoritmos de reconocimiento facial, que se usan para reconocer rostros en Facebook o en la galería de imágenes de nuestro celular, y que serán usados para identificar galaxias en el espacio profundo, aunque también están siendo entrenados para aprender a inspeccionar estructuras más complejas. Otros algoritmos son usados para descubrir exoplanetas. Las agencias espaciales han hecho recientemente pronósticos sobre el papel que tendrá la inteligencia artificial en la exploración espacial. En la actualidad ya es usada para guiar naves espaciales en sus viajes a cuerpos del sistema solar. Robots enviados a Marte como el Spirit y el Opportunity fueron dirigidos por algoritmos autónomos, y otros como el Curiosity desarrollan investigaciones independientes, en las cuales seleccionan las zonas a estudiar y fotografiar en aquellos remotos lugares. El control autónomo de las máquinas será esencial si queremos aventurarnos en misiones cada vez más desafiantes, para ello será fundamental que las máquinas puedan adaptarse a condiciones hostiles, tomar decisiones en momentos cruciales y aprender a sortear imprevistos con mayor habilidad. Los robots espaciales son extensiones del cuerpo físico de los seres humanos, pero también de su mente, por eso, la inteligencia artificial nos ayudará a ampliar nuestro conocimiento del universo.

## Las bacterias mutantes del espacio



Tras dos décadas de funcionamiento de nuestro pequeño habitáculo en el espacio, la Estación Espacial Internacional, se siguen descubriendo cosas sorprendentes. Estudios recientes confirmaron que los astronautas que viven allí, a 400 kilómetros sobre la superficie terrestre, no están solos. La no muy grata compañía corresponde a bacterias que han logrado adaptarse a las condiciones de ingravidez y a los altos niveles de radiación.

A comienzos de la era espacial, hace más de medio siglo, no se tenían especiales cuidados y asepsia con los instrumentos y naves enviadas al espacio, de tal manera que esos primeros intentos por conquistar el espacio llevaron consigo a innumerables microorganismos. Esto planteó un problema nada trivial, pues la búsqueda de vida fuera de nuestro planeta podría verse afectada por el posible transporte de organismos desde la Tierra a otras zonas del sistema solar. Surgió entonces la necesidad de controlar de manera precisa las condiciones de la instrumentación, y se desarrollaron salas limpias para hacer la integración y ensamble de todos los componentes de naves y satélites. En estos

espacios, se controlan los niveles de contaminación y se establecen protocolos para todas las personas que acceden a ellos. De allí surgieron también los modernos quirófanos usados en cirugías en la medicina moderna.

Aun con todos los cuidados que actualmente se tienen, se han descubierto bacterias que escabullen los estrictos controles y logran llegar al espacio. Una de ellas es la *Bacillus safensis* que resistió a las labores de descontaminación y es posible que haya llegado a Marte en las misiones enviadas en el 2004. En posteriores experimentos en la Estación Espacial Internacional, se concluyó que esta bacteria, de apenas medio micrómetro de tamaño, crece un 60 % mejor allí que en la Tierra. ¡No solo se adapta a ese ambiente, sino que además lo prefiere! Se está estudiando qué las hace tan especiales desde el punto de vista genómico. Esta es sin duda una buena noticia para los defensores de la exogénesis, la hipótesis según la cual la vida pudo llegar a la Tierra proveniente del espacio gracias a microorganismos viajeros traídos por cometas que impactaron nuestro planeta. A partir de entonces se habría desarrollado toda la vida que conocemos.

A photograph of an astronaut in a white spacesuit floating in space, with a bright sun in the background. The astronaut is positioned in the upper left quadrant of the frame, looking towards the right. The background is a deep blue-black space filled with numerous small white stars and a larger, bright sun in the upper right corner, creating a lens flare effect. The overall scene is a classic representation of space exploration.

## La fiebre del oro espacial

La reciente noticia del descubrimiento de un nuevo asteroide de tamaño comparable al de un campo de fútbol, denominado 2019 OK, causó gran revuelo después de que pasara a “escasos” 73.000 kilómetros de nuestro planeta, lo que representa una quinta parte de la distancia que nos separa de la Luna. Se estima que de haber chocado contra la Tierra habría liberado una energía equivalente a 30 veces la bomba que fue lanzada en la ciudad de Hiroshima durante la Segunda Guerra Mundial. Este evento ya es considerado como uno de los mayores acercamientos de una de estas rocas espaciales. 2019 OK tiene una órbita elíptica con una trayectoria que atraviesa el cinturón de asteroides entre las órbitas de Marte y Júpiter, y posteriormente pasa por el interior de las órbitas de la Tierra y Venus. El cinturón de asteroides es justamente la región más conocida en nuestro sistema solar y alberga una amplia cantidad de rocas, puede alcanzar el millón de objetos de diferentes tamaños y de formas irregulares. De acuerdo con su composición, existen básicamente tres categorías principales para caracterizarlos: carbonáceos, silicatos o metálicos. Estos cuerpos han sido estudiados desde hace varias décadas. Uno de los principales intereses a la hora de investigarlos radica en el hecho de que representan vestigios de los orígenes del sistema solar, al ser restos de la formación de los planetas y lunas alrededor de un joven Sol hace 4600 millones de años. Un nuevo

interés, sin embargo, se centra en su riqueza mineral (oro, níquel, hierro, platino, iridio, tungsteno, magnesio, rodio). Varias empresas privadas están viendo el jugoso valor comercial de su explotación, pues los asteroides contienen elementos escasos y difíciles de conseguir en la Tierra. En proporción, las concentraciones de estos metales en los asteroides son bastante mayores a las que hay en nuestro planeta.

Los asteroides pasaran de ser una mina de información para los científicos a una verdadera mina de extracción de recursos que moverá muchísimo dinero. Se dice que el primer trillonario de la historia será la persona que explote los recursos naturales en los asteroides. La NASA estima que el valor de todos los minerales almacenados en los cuerpos del cinturón de asteroides equivale a cien mil millones de dólares por cada habitante de la Tierra. Algunos satélites ya han explorado asteroides. El más reciente fue la misión Hayabusa 2 que fue lanzada en el 2014 y en junio de este año, por segunda vez, logró posarse sobre el asteroide Ryugu para recoger muestras subterráneas que traerá de vuelta a la Tierra el próximo año. También la misión OSIRIS-REx lanzada en el 2016 debe traer de vuelta unos dos kilos de material del asteroide Bennu, sobre el que se posará en diciembre de este año. Comienza una carrera por ser el primero en implementar la minería de asteroides con todas las implicaciones éticas, económicas y políticas que conlleva.

## Origami espacial

El tradicional arte de doblar papel para la creación de figuras de diversas formas, conocido como origami, ha sido parte integral de la cultura japonesa desde que fuera introducido por los chinos en el siglo VI. Los nipones, como ningún otro pueblo, lograron incorporarlo en sus tradiciones ceremoniales y convertirlo en parte fundamental de su identidad. Lejos de quedarse estancado en el pasado, el origami en épocas mucho más recientes –siglos XIX y XX– empezó a nutrirse de nuevas técnicas y estilos, pero además con mucha ciencia en cada doblez. Tras esta entretenida manera de crear figuras decorativas, se esconden una gran cantidad de reglas matemáticas. Las matemáticas no solamente describen los fundamentos del origami, sino que también permiten crear casi cualquier figura que queramos, claro con paciencia y un poco de habilidad. No es casualidad que algunos de los mejores origamistas del mundo sean físicos y matemáticos que se han dejado atrapar por simples pedazos de papel listos para ser doblados.

En el momento actual de desarrollo de la robótica y la conquista del espacio, no pareciera que un “juego de niños” tuviera relevancia alguna. Sin embargo, el origami está inspirando una nueva generación de diseños espaciales, como es el caso de componentes de

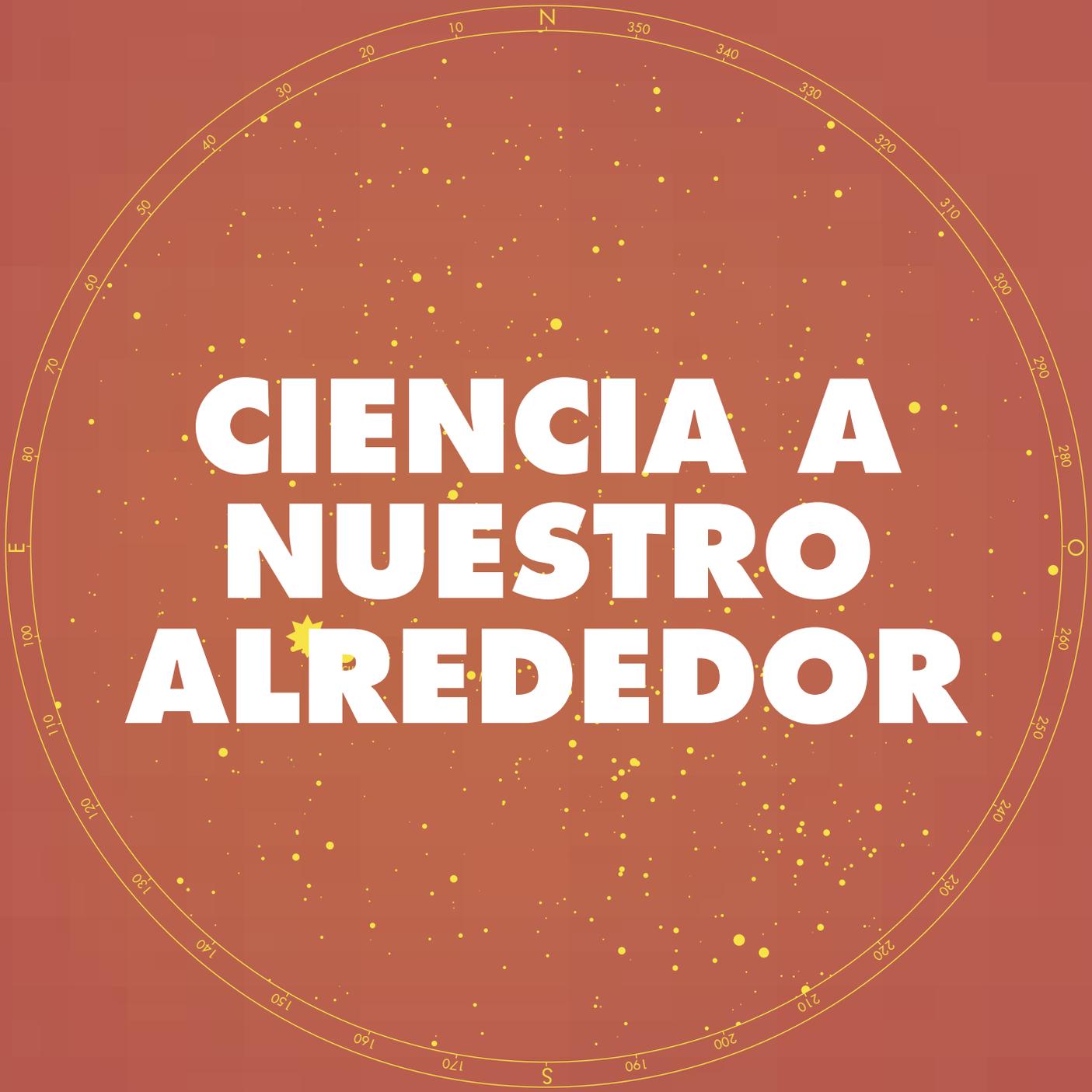
naves espaciales para explorar el cosmos o de satélites. Usando la técnica de dobleces, se logra tener formas más compactas, fáciles de transportar y económicas. Un ejemplo que muy pronto verá la luz es el inmenso espejo del nuevo telescopio espacial James Webb (JWST), formado por 18 segmentos doblados de forma precisa para entrar dentro del cohete que lo llevará al espacio y una vez allí desplegarse como una flor en primavera para formar una pieza de 6,5 metros de diámetro y 25 metros cuadrados de superficie, con la cual podremos encontrar las primeras estrellas y galaxias que se formaron en el universo, entre muchos otros descubrimientos que nos revelará esta sofisticada máquina.

Otro de los proyectos para estar atentos es el llamado Starshade, que consiste en un inmenso iris plegable que se usaría para bloquear la luz de las estrellas, lo que permitirá la observación directa de la tenue luz proveniente de un exoplaneta de tamaño parecido a la Tierra. La idea es simular un eclipse con el parasol y que un telescopio pueda captar la imagen del planeta, como cuando colocamos nuestra mano frente a nuestros ojos para tapar un potente foco de luz y, así, poder ver lo que hay alrededor. Es, sin duda, fascinante pensar en este nuevo y desafiante papel de origami en el siglo XXI.







A circular star chart with a compass rose and the text "CIENCIA A NUESTRO ALREDEDOR". The chart features a central text overlay in white, bold, sans-serif font. The background is a dark reddish-brown color with a pattern of small, yellow, star-like dots of varying sizes. A thin, golden-yellow circular border surrounds the text, with degree markings from 0 to 360 in increments of 10. The cardinal directions are labeled: 'N' at the top, 'S' at the bottom, 'E' on the left, and 'O' on the right. The text "CIENCIA A NUESTRO ALREDEDOR" is centered within the chart, with "CIENCIA A" on the top line, "NUESTRO" on the middle line, and "ALREDEDOR" on the bottom line. A small, bright yellow star is positioned to the left of the word "ALREDEDOR".

**CIENCIA A  
NUESTRO  
ALREDEDOR**

*“Lo que la ciencia  
siembra, la gente  
lo cosechará”.*

Dimitri Mendeléyev

## Tecnología que nos conecta y nos hace vulnerables

Aunque el fenómeno ocurrido el 23 de julio del 2012 pudo ser devastador para nuestra civilización, pasó prácticamente inadvertido. Ese día el Sol experimentó una tormenta de proporciones colosales, tal vez la mayor que haya sido registrada por el hombre. Para fortuna nuestra, la nube de miles de millones de toneladas de plasma emitida por nuestra estrella en ese momento, que viajaba a una velocidad de hasta 3000 kilómetros por segundo, no iba dirigida hacia la Tierra. Otra sería la historia si hubiera ocurrido solo una semana antes. Teniendo en cuenta la rotación del Sol, la tormenta solar nos hubiera apuntado directamente, tal como sucedió en septiembre de 1859, y sus efectos se hubieran sentido en prácticamente todos los rincones de la geografía. Un fenómeno de tales proporciones afectaría la mayor parte de la tecnología desarrollada por el hombre en las últimas décadas. Centrales y sistemas de distribución eléctrica, satélites, sistemas de comunicación, GPS e internet.

Es difícil imaginar las consecuencias para una sociedad que depende tanto de la tecnología, un mundo

con miles de satélites en órbita y en el que 6 mil millones de sus 7 mil millones de habitantes tienen acceso a celulares. Se estima que las pérdidas llegarían a los 3 trillones de dólares, unas 20 veces las causadas por el huracán Katrina. No es para menos, los desarrollos tecnológicos nos determinan. Compañías como Facebook planean inundarnos con satélites y drones para aumentar la conectividad global a través de internet; Google desarrolla el vehículo autónomo cuyo funcionamiento se basa, entre otros, en sistemas de posicionamiento y navegación satelital, y en mayo del 2012 se otorgó, en Nevada (EE. UU.), la primera licencia a un carro sin conductor.

La tecnología, que nos ha hecho más vulnerables, es la única arma que tenemos para defendernos. Con ella podemos ahondar en el conocimiento de los fenómenos a los cuales estamos expuestos. En el caso del Sol, aún nos queda un largo camino para entender sus ciclos de actividad y predecir su comportamiento, pero cada vez es más clara la necesidad de hacerlo. De ello dependerá hasta la posibilidad de embarcarnos en viajes tripulados a otros planetas.

## Fotografía, el arte de pintar con la luz

A photograph of an open wooden photographic album. The album is filled with many pages, some of which are blank and others with faint, illegible text. A small photograph of a person is visible in the foreground, partially overlapping the album. The album is placed on a light-colored surface.

Una acción tan simple y cotidiana como tomar una fotografía con el celular y luego compartirla con los amigos en alguna red social encierra grandes desarrollos tecnológicos y esfuerzos inimaginables. Como un rompecabezas que tardó varios siglos en armarse, la historia de la fotografía comenzó con los chinos y griegos hace más de dos mil años. Ellos descubrieron y describieron la forma de proyectar imágenes de objetos sobre superficies. Sin embargo, pasaron varios siglos antes de poder “congelar el tiempo” y plasmar una imagen sobre una superficie que la mantuviera para la posteridad. Esto se logró mediante el uso de materiales sensibles a la luz.

Distinto a lo que ocurre hoy, que en cuestión de segundos podemos hacernos una “selfie” y enviarla a un amigo al otro lado del mundo, en la década de 1820 hubiéramos necesitado algo más que paciencia para fotografiarnos, pues tendríamos que haber estado quietos para hacer la toma durante varias horas. La imagen se registraba sobre una mezcla viscosa de líquidos orgánicos, en su mayoría provenientes del Mar Muerto, conocida como “betún de Judea”. Años más tarde, el 19 de agosto de 1839, fecha considerada el punto de partida de la fotografía, se difundió la noticia de este proceso, que parecía ser producto de la magia. Después de eso, la fotografía experimentó una gran

evolución. Nuevos materiales cada vez más sensibles a la luz, como los compuestos de plata, permitieron inmortalizar la vida de las ciudades y su gente, lo que orientó los derroteros de una nueva forma de escribir la historia, marcada por el invaluable soporte gráfico.

Además de los aportes artísticos y documentales, la fotografía significó una gran revolución para los estudios científicos. La simbiosis entre fotografía y ciencia fue especialmente fructífera hacia finales del siglo XIX. Uno de los campos de investigación más importante en esos momentos era la determinación de la estructura atómica, y las placas fotográficas permitieron evidenciar, por ejemplo, la huella de los electrones. Y cuando aún no habíamos salido del asombro con los innumerables usos y aportes de la fotografía, vino otra de las grandes revoluciones de nuestra era moderna: la invención de los sensores digitales en 1969. Esto significó el salto del rollo fotográfico en las cámaras analógicas a los sensores CCD en las digitales. Los CCD son dispositivos con minúsculas celdas, llamadas píxeles, capaces de almacenar las partículas de luz, los llamados fotones. Inicialmente desarrollados para las observaciones astronómicas, los dispositivos CCD se encuentran ahora en la mayoría de cámaras y teléfonos celulares y son utilizados cada segundo por miles de millones de personas.



## Los seres humanos nacieron para explorar

El empeño en ir más allá, en aventurarnos en viajes a lugares insospechados del planeta, en explorar el fondo del océano, en indagar en nuestro entorno y en embarcarnos en misiones desafiantes para explorar la vastedad del universo es parte de la esencia de la identidad humana y del éxito de nuestra especie. Más allá de la búsqueda de mejores condiciones de vida, de un territorio más grande y propicio para el asentamiento e incluso de mayores beneficios económicos está la curiosidad innata del ser humano, la motivación de explorar por el solo interés de descubrir qué hay allí. Ese espíritu nos hace ahora adentrarnos en lo más profundo del universo en búsqueda de mundos como el nuestro e indagar sobre las condiciones que le ofrece a la vida.

En el 2014, la sonda espacial Rosetta se encontró con un cometa después de una travesía de diez años. Del mismo modo en que la Piedra Rosetta permitió desvelar enigmas de la escritura jeroglífica egipcia, esta misión de la Agencia Espacial Europea puede ser crucial para descifrar los misterios del sistema solar, en particular su formación, hace unos 4600 millones de años. Pero esta no es la primera vez que nos lanzamos a explorar el vecindario cósmico, mientras usted lee esta página, el Voyager 1, una sonda espacial fabricada por el hombre, sale de los límites del sistema solar a más de 20 mil millones de kilómetros de la Tierra. Logró escapar de

la atracción gravitatoria del Sol y nunca regresará a nuestro planeta. Continuará su viaje hacia el centro de la galaxia a una velocidad de 60 mil kilómetros por hora, unas 70 veces la velocidad crucero de un avión comercial. El Voyager 1, que cumple ya más de cuatro décadas de estar viajando, es el primer objeto creado por nuestra civilización que se adentra en el medio interestelar.

En todas las facetas del ser humano, los grandes viajes hacia lo desconocido comienzan en las mentes de los aventureros. En algunos casos esa obsesión por aventurar es difícil de explicar, sin embargo, algunos estudios relacionan el origen de ese afán innato con la genética, un “gen inquieto” que ayuda a controlar la dopamina y que es determinante para el aprendizaje y la gratificación. Sin embargo, otros proclaman que no se puede reducir algo tan complejo como la exploración humana a un solo gen, pues además del deseo de explorar también es importante contar con habilidad, motivación y medios. Pero por una u otra razón parece que la conclusión siempre es clara, como lo expresaba David Scott, tripulante de la misión del Apolo 15, que en 1975 participó en la cuarta expedición tripulada a la Luna, en su comunicación por radio a la Tierra: “Me doy cuenta de que hay una verdad fundamental en la naturaleza: el hombre debe explorar”.

# La fantasía apocalíptica de los tres días de oscuridad

Según dicen los apocalípticos, “la Tierra experimentará tres días de total y angustiosa oscuridad a causa de un raro eclipse galáctico, que solo se da cada 26.000 años”. Aunque cueste creerlo, semejante noticia, que con cierta frecuencia es replicada a través de Internet y redes sociales, y también ha sido divulgada por medios de comunicación, nacionales e internacionales, ha sido ampliamente difundida porque supuestamente la fuente primaria es la Agencia Espacial Estadounidense (NASA). Aunque es evidentemente falsa, la información ha logrado causar inquietud y revuelo entre los amantes de las profecías. Sus promotores aseguran que el eclipse galáctico ocurrirá cuando el sistema solar pase frente a una cavidad oscura de la galaxia, entonces los fotones (partículas de luz) emitidos por el Sol serían absorbidos por esta región, impidiendo que la luz llegue a la Tierra, lo cual nos sumirá en la penumbra. No existe, para ser exactos, el tal evento galáctico que nos privará de la luz solar; en cambio, sí son muy reales los difusores de “hoax” o mensajes con falsas alarmas por Internet. Es cierto que la gravedad puede desviar la luz, haciendo que no viaje en línea recta, y desde 1919 se comprobó experimentalmente esta idea predicha por Albert Einstein en su teoría general de la relatividad. La luz de un objeto distante podría curvarse debido

a un objeto masivo, como toda una galaxia, que se encuentre entre el objeto que emite la luz y nosotros, los observadores. En investigación astrofísica este fenómeno se conoce como “lente gravitacional”.

Pero este no es el único rumor cibernético de este porte que circula. Hay otro que habla de hasta seis días de oscuridad como consecuencia de una tormenta solar que generará polvo y materiales rocosos que bloquearán la llegada de la luz del Sol a la Tierra. Esta es aún más disparatada que la anterior, primero, porque hasta el momento no somos capaces de predecir cuándo va a ocurrir una tormenta solar y, luego, porque durante estos eventos el Sol expulsa gran cantidad de plasma, partículas como protones y electrones, altamente energéticos, pero en ningún caso polvo o material que pudiera opacar la emisión de luz. Lo que es verdad en este caso es que una tormenta solar que llegue a la Tierra sí puede afectar los sistemas de distribución eléctrica y causar apagones, como ya lo hemos vivido en otras oportunidades. Fantasías apocalípticas como esta nos han acompañado siempre; de hecho, hay evidencia de una de las primeras, inscrita en tabletas asirias que datan del siglo XXVIII antes de Cristo. Y aunque no hay que creer en ellas, hay que reconocer que nos dan la oportunidad de abordar temas científicos apasionantes.



## Los astros del cine

La entrega de los Premios Óscar no es un evento que solo llama la atención de los amantes del séptimo arte, sino también de los apasionados por la astronomía. El premio a efectos visuales es uno que generalmente involucra a películas de ciencia ficción, que han sido motivación para muchos científicos. En el 2015, la película *Interestelar* recibió el premio por lograr recrear el concepto de agujero negro como nunca antes se había hecho. Un premio a los 800 terabytes de datos y a los cientos de horas de cálculos en computador necesarios para realizar la simulación más precisa de cómo se vería uno de estos exóticos objetos astrofísicos, en los que la gravedad es tan fuerte que incluso la luz no puede escapar de ellos. Otro de los galardones de ese año se lo llevó Eddie Redmayne, el actor que hizo el papel de Stephen Hawking (*La teoría del todo*), uno de los científicos más influyentes de la historia reciente, quien conjeturaba en los años 70 que los agujeros negros pueden ser capaces de emitir radiación y de evaporarse.

El cine y la astronomía tienen una relación cercana desde que, en 1874, el astrónomo francés Pierre Jules Janssen inventó el “revólver fotográfico”, con el que viajó a Japón para observar y registrar una secuencia rápida de fotos del tránsito de Venus frente al disco solar de ese año. 48 fotografías en 72 segundos serían el comienzo de lo que hoy son 24 fotogramas por segundo en una película de cine. Janssen aparece en dos de las

primeras películas de los hermanos Lumière, quienes en 1895 patentaron su cinematógrafo, un aparato que servía como cámara y proyector. En el siglo XX, el cine se convirtió en una excusa para dejar volar la imaginación y multiplicar las aventuras de exploración espacial a través de la ciencia ficción, pero también en una herramienta para aprender sobre la ciencia que estudia el universo. Esta fascinación por la astronomía se plasma en la primera película de ciencia ficción, *El viaje a la Luna*, de 1902. Basada en las novelas *De la Tierra a la Luna*, de Julio Verne, y *Los primeros hombres en la Luna*, de H. G. Wells, esta película francesa, de 14 minutos y con astrónomos como protagonistas, tiene una de las escenas más conocidas de la historia del cine: la cara de la Luna con el impacto de un cohete en uno de sus ojos. Desde entonces, cientos de filmes han tenido a los viajes interplanetarios, a célebres científicos y a gran cantidad de eventos astronómicos como protagonistas. Aunque muchas veces con conceptos alejados de la realidad física, el cine ha hecho que millones de personas se acerquen de manera peculiar al descubrimiento del universo y de nuestro entorno astronómico, así como conseguido que puedan ponerse en la situación de un viajero espacial o hasta tratar de entender las sensaciones de un brillante científico con su cuerpo atado a una silla de ruedas y su mente danzando en los confines más profundos del cosmos.

## Big data para entender el universo

Aunque el término “científico de datos” ha sido acuñado para hablar de una nueva ocupación, que se destaca por ser una de las mejor pagas y por haber sido considerada la profesión más “sexí” del siglo XXI y la de mayor potencial en el mundo tecnológico de hoy, en realidad los observadores del cielo han estado haciendo *big data* desde hace miles de años. Los antiguos astrónomos ya manejaban cantidades de datos, denominados catálogos astronómicos. La famosa constelación de Scorpius (el escorpión), por ejemplo, fue identificada y bautizada hace más de 5000 años.

En el siglo II a. C, Hiparco de Nicea, astrónomo y matemático griego, construyó un catálogo de unas mil estrellas apreciables a simple vista, las agrupó según su brillo. Durante mucho tiempo, el ojo fue el principal instrumento para observar posiciones, movimientos y características de miles de cuerpos en el firmamento. Hoy avanzados telescopios y satélites pueden recopilar una abrumadora cantidad de información sobre nuestro entorno cósmico. Descubrir los secretos del universo implica no solo gran capacidad de observación y recopilación, sino también avanzados algoritmos para analizar la colosal cantidad

de información, permitiéndonos hacer estadísticas, descubrir patrones y llegar a conclusiones sobre el comportamiento del cosmos. Es justamente lo que hace que hoy la ciencia de los datos (*data science*) sea algo en lo que empresas de muchos campos han visto un jugoso mercado, aprovechando los datos que los usuarios comparten por internet.

Si se observa con detenimiento a *Scorpius*, se podrá apreciar una estrella roja brillante en su corazón. Es la estrella supergigante Antares, también conocida por su nombre de origen árabe *Kalb al Akrab* (el corazón del escorpión.) Gracias a la información recopilada de estrellas en diferentes etapas evolutivas, de desarrollos matemáticos y de modelos sofisticados, podemos predecir el futuro de esta supergigante: su muerte explosiva en una supernova. El desafío consiste en seguir recopilando y analizando información de diferentes rincones del cosmos, con mejores instrumentos, con algoritmos de análisis más robustos y con computadores más potentes. La ciencia de los datos, trascendental para nuestra actual sociedad –a diario se generan casi 3 trillones de bytes de datos– lo será también para ahondar en el conocimiento del origen y el destino de nuestro universo.

# Perdiendo la noche y las estrellas

Durante nuestro transitar por este planeta, la naturaleza nunca ha dejado de sorprendernos, y dentro de los múltiples acontecimientos que nos han maravillado la observación del firmamento ocupa un lugar preponderante. Elevar nuestra mirada al cielo nocturno ha sido durante siglos una actividad característica del ser humano. Estas observaciones han despertado nuestra curiosidad y han sido parte esencial de la cultura de todas las sociedades.

Desde que hace algo más de dos mil años Hiparco de Nicea, astrónomo y matemático griego, creara un catálogo de unas mil estrellas apreciables a simple vista, agrupándolas según su brillo, y se convirtiera en el primer científico de datos, la oscuridad de la noche ha sido una gran aliada para indagar sobre nuestro lugar en el universo. La observación de los astros y el entendimiento de todo lo que podemos encontrar allí afuera es, sin duda, uno de los retos más grandes al que nos hemos enfrentado. Así lo resumía una de las más destacadas astrónomas de la historia, Annie Jump Cannon, a quien le debemos la clasificación de más de doscientas mil estrellas a comienzos del siglo XX. “La clasificación de las estrellas ha contribuido materialmente a todos los estudios de la estructura del universo. No se ha presentado un problema mayor ante la mente humana.” Escudriñar la oscuridad de la noche nos ha enseñado a conocernos, a descubrir, por ejemplo, dónde está nuestro hogar en la galaxia, pero también a saber que estamos hechos de elementos que se formaron en las estrellas.

Sin embargo, algo está cambiando, rápidamente nos estamos quedando sin noche, estamos perdiendo las estrellas. La culpa es de la llamada contaminación lumínica. Nuestros pueblos y ciudades se llenan de luz durante la noche, y gran parte de esa luz, que debería usarse para iluminar el suelo, está apuntándose hacia el cielo y llenando de un brillante velo perturbador nuestras noches. Muy pocos pueden hoy salir a contemplar la majestuosa visión del cielo nocturno plagado de estrellas, y son privilegiados los que han visto nuestra propia galaxia, la Vía Láctea, ese gran camino blanco de estrellas que, según la mitología griega, se formó al derramarse la leche de Hera, esposa de Zeus, cuando retiró de su pecho a Heracles (Hércules para los romanos). La contaminación lumínica nos está quitando el derecho a ver las estrellas. Desde 1992, la Unión Astronómica Internacional, entidad que agrupa a los astrónomos del mundo, se reunió para discutir sobre esta creciente problemática. Se estableció que los impactos ambientales de la luz artificial no solo entorpecen el simple contacto de los habitantes de nuestro planeta con su entorno y la contemplación del firmamento, sino que también amenazan el futuro de la astronomía.

Los grandes avances tecnológicos de la civilización contemporánea que, por un lado, han permitido el desarrollo de sofisticados telescopios e instrumentación astronómica son también, por otro, responsables del crecimiento de ciudades con una iluminación artificial incorrecta, de radiaciones electromagnéticas que hoy nos rodean por doquier y hasta de la cada vez



más preocupante basura espacial. Ese mismo año, la Unesco destacó el cielo nocturno como Patrimonio de la Humanidad, a través del cual podemos entender nuestro origen y destino.

En el 2010 se ratificó definitivamente este título y se aprobó la Declaración Mundial en Defensa del Cielo Nocturno y el Derecho a Observar las Estrellas, que establece: “El derecho a un cielo nocturno no contaminado debe considerarse como un derecho inalienable de la humanidad, equiparable al resto de los derechos ambientales, sociales y culturales”. Colombia está en la cola en materia de normas para la correcta iluminación de las ciudades y para defender y proteger el cielo nocturno. Las luminarias, muchas de ellas con luz tipo led blanca, que no es necesariamente la más adecuada, no se ubican correctamente, desconociendo que las luces deben ir al suelo y no al cielo; de otra forma, incurrimos en un gasto innecesario.

Por si esto fuera poco, la luz artificial que hoy acompaña la vida de todos también está afectando

nuestra salud y la de especies de la naturaleza, desde mamíferos y aves nocturnas hasta microorganismos. Las luminarias están generando efectos nocivos sobre la biodiversidad. Un estudio reciente publicado en la revista *Science* analiza la evolución de la contaminación lumínica a partir de imágenes satelitales del último lustro. Los resultados son alarmantes y muestran un crecimiento de más de un 2 % anual, en la extensión y brillo de las zonas iluminadas artificialmente, que va de la mano con el crecimiento del producto interno bruto (PIB) de los países desarrollados.

Si no creamos conciencia sobre esta problemática, la noche seguirá siendo cada vez más luminosa, especialmente en épocas como la de fin de año, en las que hay un gran derroche de energía. Qué emocionante sería poder tener alguna vez celebraciones en las que nuestras ciudades estuvieran adornadas con estrellas de verdad, con esas que nos iluminan desde cientos y miles de años luz de nosotros.

A photograph of two astronauts in space suits floating in a starry space environment. One astronaut is in the foreground, looking towards the camera, while another is slightly behind and to the right. The background is filled with numerous bright stars of varying sizes and colors, creating a deep space atmosphere.

## El espacio en el ciberespacio

La “llegada” a Plutón en el 2015 representa un paso más en el acercamiento de los seres humanos a la exploración y el conocimiento de nuestro vecindario cósmico. Este hito también aproximó las maravillas del cosmos a la sociedad global y multicultural que habita la Tierra.

El origen de la carrera espacial se dio en medio de una lucha de poderes entre las grandes potencias, Rusia y Estados Unidos. Los objetivos eran claros: ser el primero en explorar con satélites el espacio exterior, poner humanos en el espacio y pisar la Luna. La puesta en órbita del primer satélite artificial, el Sputnik 1, en 1957, dio inicio a la era espacial. Fue el punto de partida no solo para la exploración del espacio, sino también para el desarrollo de las comunicaciones. Solo 10 años después, 400 millones de personas disfrutaron de la primera producción de televisión satelital en la historia, cuyo cierre estuvo a cargo de Los Beatles, que compusieron su famosa canción *All You Need is Love* para la ocasión. Y luego vendría el gran éxito televisivo de la llegada a la Luna, hace 46 años, con 530 millones de espectadores en los cinco continentes.

El mundo de las comunicaciones nos ha traído en este milenio a la llamada era digital o ciberespacial. Las aventuras de exploración espacial son tendencias o “trending topics”, y atrás quedó el mito de que la ciencia es aburrida y no le interesa a nadie. Así se vivió hace pocos años con la misión Rosetta, que llevó al robot Philae a posarse sobre un cometa. La cuenta de Twitter de Philae tiene casi medio millón de seguidores. El doble de seguidores suma la astronauta italiana Samantha Cristoforetti, quien volvió a la Tierra en el 2015 tras romper, con 200 días, el récord femenino de permanencia en el espacio, el cual mantuvo hasta el 2017.

La interacción del público con los científicos está cambiando la forma de relacionarse con la ciencia. La NASA tiene un programa especialmente dirigido a promover oportunidades para sus seguidores en redes sociales (55 millones en Twitter) y ya ha organizado casi un centenar de eventos. Hoy el espacio conquista las redes sociales y aumenta su número de seguidores.

## Medir el tiempo antes del reloj mecánico

Durante las 24 horas de un día repartimos nuestro tiempo en diferentes actividades gracias a un instrumento que pasa desapercibido, pero que nos acompaña desde tiempos muy remotos: el reloj. Es a los antiguos egipcios a quienes debemos esa división del día. Seguramente fueron motivados por la cultura religiosa, ligada también a la relación mitológica con el universo, en la que el término “hora” era entendido como “deber sacerdotal”, pero también hacía referencia a “vigia de las estrellas”. El movimiento de los astros, principalmente del Sol, establecía intervalos de tiempo dentro del día, que luego fueron registrados con mayor precisión desde el 1500 a. C. con el *sechat*, un pequeño reloj solar transportable que medía el tiempo usando como referencia la longitud de sombras que cambiaban a lo largo del día, dependiendo del ángulo de incidencia del Sol.

Los obeliscos –se conocen más de 30 erigidos en el antiguo Egipto–, que se siguen construyendo para adornar las plazas principales de muchas ciudades modernas como símbolos conmemorativos, eran la versión gigante de relojes de Sol. Además de marcar unidades de tiempo con su sombra, que iba desplazándose sobre el suelo, indicaban los solsticios (los días más largo y más corto del año). El problema de estos relojes era que, evidentemente, solo funcionaban de día. Para las noches existía otro instrumento llamado *merjet*, un reloj estelar que, de manera similar a lo que luego se llamaría astrolabio, servía para ubicar la posición de



estrellas. Un diseño sencillo con una plomada y una barra horizontal lo hacía posible.

Una muestra más de la innovación de los antiguos egipcios fue el invento del reloj de agua. La clepsidra, como se le conoce, comenzó siendo una simple vasija de cerámica con agua en su interior y con marcas para registrar la disminución del nivel del líquido a medida que iba saliendo lentamente por un orificio. Esta idea tan sencilla, pero ingeniosa, perduró durante varios siglos. El reloj de agua fue el preferido por romanos, chinos, persas y muchas otras civilizaciones hasta que el reloj mecánico comenzó a ser el protagonista en el siglo XVII.

## Los observatorios, templos para estudiar el cosmos

Pensar en un observatorio astronómico es traer a la mente un edificio en forma de torre cilíndrica culminada por una cúpula semiesférica que durante las noches abre una pequeña ventana. Desde el interior, un avanzado telescopio, como un gran ojo mirando a través de esa abertura, espía las noches despejadas adentrándose en los misterios del cosmos. En realidad los observatorios astronómicos son muy antiguos y fueron establecidos por un gran número de civilizaciones en varias partes de la Tierra mucho antes de la invención del telescopio a comienzos del siglo XVII. Se cree que Stonehenge en Inglaterra y las pirámides de Egipto eran usadas como observatorios para la contemplación y estudio del firmamento, y que su disposición y funciones estaban regidas por movimientos y ubicación de astros. Al igual que allí, en culturas de la América prehispánica, por ejemplo, los mayas, se observaban movimientos de cuerpos celestes como el Sol, la Luna, y Venus. Estos emplazamientos tenían una función más cercana a templos ceremoniales y políticos, e incluso se usaban como lugar de residencia de los gobernantes. Bagdad en el siglo VIII a. C y Alejandría en el siglo III a. C vieron surgir los que probablemente son los primeros observatorios con dedicación exclusiva al estudio y conocimiento del cielo. En Europa durante el imperio romano se estancó el desarrollo y construcción de observatorios, pero a partir de 1472 la situación cambió. Pocos años antes de que Galileo

apuntara un telescopio por primera vez al cielo (1609), se destinaba una isla danesa para albergar un sofisticado observatorio con los más avanzados instrumentos de la época para el estudio del cosmos, de la mano de uno de los más grandes observadores del cielo, Tycho Brahe. Uraniborg (Castillo de los cielos), como se llamó, fue inaugurado en 1580, pero después de la muerte de Tycho, en 1601, se destruyó.

Es increíble pensar como un sistema de lentes (y posteriormente espejos) marcaron una gran revolución en nuestra concepción del universo a partir del siglo XVII, y no era para menos, pues significaba pasar de ver a ojo desnudo unos pocos cientos de estrellas a descubrir miles de ellas junto a planetas, nebulosas, galaxias. Vinieron entonces observatorios destacados como el de Greenwich y el de Paris, y otros en cada uno de los países europeos en donde se movía la ciencia después del Renacimiento. En América el primer observatorio astronómico fue fundado en 1803, y es el Observatorio Astronómico Nacional de Colombia (OAN). Este fue fruto de la Expedición Botánica y encomendado por el naturalista José Celestino Mutis, el OAN fue incorporado en 1936 a la Universidad Nacional de Colombia. Hoy la humanidad cuenta con avanzados observatorios en tierra, pero también en el espacio, y dentro de poco verá la luz una nueva generación para seguir descubriendo los secretos que encierra la luz que viaja incluso miles de millones de años para llegar a ser recogida por sus enormes espejos.

OBSERVATORIO DE BOGOTÁ

## Halloween y su relación con el cielo

Mientras en la actualidad cuando se aproxima el fin del mes de octubre una buena parte del mundo se prepara para Halloween, hace 25 siglos, en las islas británicas, los pueblos celtas se alistaban para comenzar el año nuevo y para pasar de un período de luz a uno de oscuridad. La celebración, llamada *Samhain*, que significa “final del verano”, establecía la última cosecha del año (lo que decantaría en la tradición de las calabazas) y el comienzo del invierno. Esta era una época temida porque, según sus creencias, se abría una brecha entre nuestro mundo y el mundo sobrenatural por la que los muertos llegaban a cometer fechorías y a dañar las cosechas. Para los celtas, la ventana hacia el mundo sobrenatural era un grupo de estrellas jóvenes y azuladas que cuando se posaban justo sobre sus cabezas en lo alto del firmamento (el cenit) a la medianoche marcaban el comienzo del *Samhain*. Este grupo de estrellas es el conocido cúmulo de las Pléyades, que se aprecia a simple vista y que está a un lado de la constelación de Tauro, a 440 años luz de la Tierra.

En nuestra noche de Halloween no tenemos a las Pléyades en el cenit por dos razones: la primera es que nuestra latitud en Colombia, muy cerca del

ecuador terrestre, es diferente a la latitud media en el hemisferio norte (de unos 50 °), en donde vivían esos pueblos celtas. La segunda es que el eje de rotación de la Tierra se bambolea como un trompo y da una vuelta cada 26.000 años, lo que hace que cambie la posición en la que vemos los astros en el cielo.

Pero Halloween tiene más relación con los movimientos de la Tierra. Recordemos que la traslación de la Tierra en su órbita elíptica alrededor del Sol define momentos en los que el planeta se encuentra en los puntos extremos del eje mayor –solsticios– y del eje menor –equinoccios–. Estos momentos definen las estaciones en la Tierra, entre las cuales están las llamadas fechas interestacionales. Halloween es precisamente una fecha interestacional, pues se da aproximadamente en la mitad entre un equinoccio y un solsticio. Para los habitantes del hemisferio norte, el invierno comenzará unos 45 días después de Halloween, pero para los antiguos celtas desde ese momento se marcaba el comienzo de los días más cortos, adentrándose en la época más oscura, hasta la llegada de *Beltine*, el primero de mayo, otra fecha interestacional en la que regresan la luz y la vida.

## La vida sin cables

Acercarnos a la observación del universo puede impactar de maneras inimaginables a la humanidad. Así le sucedió a John O'Sullivan, un ingeniero eléctrico, parte de una plantilla de más de 6000 empleados de CSIRO, la agencia estatal para la investigación científica en Australia. En la década de los 70, John lideraba un pequeño grupo de radioastronomía, rama de la astronomía a través de la cual se pueden investigar propiedades del cosmos captando la radiación en el rango de las ondas de radio que emiten estrellas en formación, galaxias activas y muchos otros cuerpos. Las ondas de radio son en realidad luz, pero con un tamaño –longitud de onda– mayor que la luz visible que vemos con nuestros ojos. Ya desde los años 30, se habían comenzado a estudiar las emisiones en radio del universo; primero del centro de nuestra galaxia, y luego del Sol. Este tipo de radiación se detecta con radiotelescopios, instrumentos que generalmente tienen la forma de platos, o con antenas como las que usábamos en los antiguos televisores.

John y su equipo trataban de mejorar la recepción de esas señales provenientes de diferentes rincones del cosmos, eliminando, por ejemplo, el ruido que introducían las emisiones de la galaxia, cuando se dieron cuenta de una aplicación práctica que podía

mejorar hasta mil veces el desempeño del sistema de transmisión inalámbrico local de información (wireless LAN), que era poco práctico y precario en ese momento. La forma de hacer el sistema más eficiente era esencialmente dividiendo la señal en “pedazos” para poder transmitirla rápidamente, y luego volver a ensamblarla una vez recibida. El sistema usado para limpiar las señales del cosmos era también perfecto para asegurar que la transmisión de ondas de radio en la Tierra no tuviera interferencias, producidas, por ejemplo, por el rebote de señales en las paredes del sitio donde nos encontramos. En 1996 patentaron su desarrollo, se abrieron las puertas de la tecnología “Wi-Fi”, que seguramente usted estará usando en este momento y que hoy está presente en cerca de 3 mil millones de teléfonos celulares, tabletas y consolas de juegos, transformando la vida de nuestra actual sociedad tecnológica. John sigue motivado por el universo y se encuentra trabajando en el SKA (Square Kilometre Array), un mega proyecto de radioastronomía que contará con cerca de 3000 radiotelescopios de 15 metros de diámetro cada uno, cubriendo un área de un kilómetro cuadrado, y que en la próxima década nos permitirá, entre otras cosas, detectar planetas similares a la Tierra a miles de años luz de nosotros.

## La historia del año bisiesto

Febrero, el mes más corto del año, gana un día en los años bisiestos debido a un ajuste necesario para poder compensar las cerca de 6 horas que se pierden anualmente según la comparación de las medidas del tiempo cronológico y el astronómico, debido al movimiento orbital terrestre. La Tierra tarda 365.242 días en dar una vuelta completa alrededor del Sol, lo que se conoce como año trópico, por eso, sumando un día cada cuatro años queda prácticamente ajustado el valor para que cuadren las cuentas y estemos sincronizados con la órbita del planeta, pudiendo mantener la referencia de las estaciones en las fechas establecidas año tras año. Sin la corrección, las fechas de los solsticios de verano e invierno podrían intercambiarse en pocos siglos, por desfase de horas año tras año.

La historia de los calendarios ha tenido muchos ires y venires. El emperador Julio César en el 46 a.C. encarga al astrónomo Sosígenes de Alejandría para calcular la duración de una revolución solar. Se introduce una reforma en el calendario romano que añade un día entre el 24 y el 25 de febrero cada cuatro años. El 24 de febrero era entonces el sexto día antes del primer día de marzo, de donde proviene el nombre bisiesto (*bi sextum*). Dieciséis siglos después, el papa Gregorio XIII, con la ayuda de sus astrónomos de cabecera, introduce una nueva reforma en el calendario para tener en cuenta un pequeño error en los cálculos de Sosígenes. En realidad el año trópico tiene 365 días, 5 horas, 48 minutos y 45.25 segundos (11.25 minutos más corto que los antiguos cálculos del astrónomo alejandrino).

Pasamos del calendario juliano al gregoriano, lo cual significó un salto directo del jueves 4 de octubre de 1582 al viernes 15 de octubre de 1582 para corregir los 10 días sobrantes que se habían acumulado durante los 1600 años desde la reforma juliana (Santa Teresa de Jesús murió aquel 4 de octubre y fue enterrada al día siguiente, 15 de octubre). La reforma gregoriana estableció las reglas para los años bisiestos, que se resumen en la siguiente especie de trabalenguas matemático: si un año es divisible por 4, entonces será bisiesto; pero no lo será si es divisible por 100, excepto que sea divisible por 400. Aunque frecuentemente se piense que cada cuatro años es bisiesto, lo anterior implica que no siempre es el caso; así, el 2096 será bisiesto, pero el 2100 no (es divisible por 4, es divisible por 100, pero no es divisible por 400). En contraste, el 2000 fue bisiesto (es divisible por 4, 100, 400). Sin embargo, las cosas aún no son perfectas, y el actual calendario sigue teniendo un pequeño desfase. Se estima que alrededor del 3330 se habrá acumulado un día de retraso, por lo cual probablemente en ese año nuestros futuros descendientes puedan vivir un 30 de febrero. Hay varias anécdotas con el calendario que han ocurrido en algunos momentos de la historia de la humanidad en este particular mes. Durante 1712, los habitantes de Suecia tuvieron un febrero con 30 días, tratando de ajustar las fechas para poder finalmente adoptar el calendario gregoriano, que se mantiene actualmente, en 1753. Igualmente, Rusia pasó por un 30 de febrero en 1930 y 1931.

# Descubrimientos astronómicos a nuestro alcance

Cuando Hanny van Arkel, una profesora de música de un colegio de primaria holandés, se sentaba frente a su computador para revisar la página web de Brian May, guitarrista de Queen y uno de sus ídolos musicales, jamás imaginó que en poco tiempo conocería personalmente a este virtuoso artista ni que su nombre quedaría estampado en el cielo para siempre.

Corría el año 2007 y Hanny van Arkel repartía su tiempo entre sus alumnos, tocar la guitarra y Janey, su perra pastor alemán. Mientras tanto Brian terminaba su doctorado en Astrofísica, que había retomado luego de 30 años de haber tenido que abandonar su investigación sobre el reflejo de la luz solar en el polvo interplanetario del sistema solar, debido a la popularidad de Queen a mediados de 1970. Aquella tarde de 2007, Hanny leyó la información que cambiaría su vida. Se trataba de Galaxy Zoo, una nueva iniciativa que Brian destacaba en su página, en la cual cualquier persona podía contribuir para ayudar a los científicos mientras exploraba bellas imágenes del universo. Hanny sintió curiosidad y de inmediato entró a forma parte de los cientos de personas del común que a través de una herramienta en internet ([www.galaxyzoo.org](http://www.galaxyzoo.org)) echaban una mano clasificando galaxias según su forma. Comenzó así a diferenciar entre galaxias con brazos espirales, con barra, con disco, y poco a poco fue aprendiendo, contribuyendo y asombrándose más y más con las imágenes reales de todo lo que hay allí afuera. Hasta que un día vio

en una de las imágenes algo extraño que le llamó la atención. Cerca a una galaxia aparecía una mancha verdosa, como un objeto “fantasmagórico”, que acompañaba a la solitaria galaxia espiral IC2497. Esta galaxia había sido observada un siglo atrás desde el sur de Francia en el gran Observatorio de Niza por el astrónomo Stephane Javelle. En la época de Javelle ni siquiera existía el concepto de galaxia. Pero lo que estaba viendo Hanny era algo que nadie había visto antes, algo que llamó la atención de los científicos implicados en Galaxy Zoo. De inmediato se despertaron toda clase de propuestas sobre lo que era aquel gran destello luminoso. Después de un tiempo, los más importantes observatorios del mundo y los telescopios en el espacio confirmaron que este era un nuevo descubrimiento. El “objeto Hanny”, como fue llamado, parece corresponder a una nube de gas que brilla debido a un cono de radiación que es expulsada de un gran agujero negro en el centro de la galaxia IC2497 cuando la materia cae en su interior. Sin embargo, aún hay propuestas que postulan que la galaxia tuvo un estallido en el pasado y que esa luz es la que ilumina a la nube. Hanny conoció a su ídolo Brian May, sigue clasificando galaxias, y ha recorrido varias partes del mundo contando la historia de su descubrimiento, motivando a niños y jóvenes a nunca dejar apagar su curiosidad, esa misma curiosidad que cambió su vida y que la llevó a poner su nombre en un objeto a 650 millones de años luz de la Tierra.

## La ciencia nos toca a todos

Aún no salimos del asombro con el reciente descubrimiento directo de pequeñísimas perturbaciones en el espacio y el tiempo, un triunfo de la mente humana: la de Albert Einstein, quien predijo su existencia dentro su teoría general de la relatividad, y la de miles de seres humanos inspirados por el conocimiento de nuestro entorno cósmico y sus múltiples manifestaciones. Un siglo de intensa búsqueda culmina con la detección directa de las ondas gravitacionales y nos abre una insospechada puerta para tratar de entender el funcionamiento físico de nuestro universo desde una nueva perspectiva. Sin embargo, una vez más se alzan las voces que sentencian el elevado costo de estas aparentes “extravagancias” de la ciencia y su poca aplicación en el día a día de las personas, pese a que gracias a la teoría general de la relatividad podemos hoy tener los sistemas de posicionamiento global (GPS), entre otros avances tecnológicos de uso diario. Los 600 millones de dólares que ha costado en total LIGO, el proyecto que detectó ondas gravitacionales, en el que por 20 años han trabajado 1000 científicos y que ha desarrollado sorprendentes avances tecnológicos en el campo de los materiales, detectores, sistemas de aislamiento vibracional, procesamiento de señales, última generación en desarrollos láser, entre muchos otros que ni siquiera alcanzamos a imaginar, son equivalentes

al ingreso en taquilla de la película “El despertar de la fuerza” de la saga *La guerra de las galaxias* en su primer fin de semana de estreno.

En la mayoría de los casos, la apremiante sociedad en que vivimos reclama a la ciencia resultados visibles, aplicados, y beneficios inmediatos del conocimiento científico, olvidando que la paciencia, la curiosidad y la minuciosidad han sido a lo largo de la historia cualidades propias del quehacer científico suficientemente valiosas por sí mismas. La observación detallada, la muchas veces obstinada, pero diligente tarea de resolver desafiantes interrogantes, los eternos cuestionamientos sobre lo que sucede a nuestro alrededor son atributos con los que nacemos y crecemos de niños y que poco a poco se van perdiendo en los afanes del mundo moderno.

Pero para los que aún crean que este tipo de investigaciones solo representan un gasto multimillonario para satisfacer los caprichos de unos cuantos científicos y sin ninguna aplicación directa, bien vale recordar que en 1831 el físico Michal Faraday hacía público su descubrimiento de que al mover un imán cerca de un alambre se generaba una corriente eléctrica en el alambre. Faraday fue cuestionado por la sociedad de la época sobre sus “absurdas” investigaciones. Casi dos siglos después, la electricidad mueve al mundo. Y es que la ciencia, queramos o no, nos toca a todos.

## Espejos, de simples vasijas de agua a reflectores del universo

Ver nuestra imagen en un espejo, un acto tan simple, común y cotidiano, involucra a la luz y a las leyes físicas de la reflexión. Los primeros espejos fueron simples vasijas con agua, en las que hace más de 5000 mil años nuestros antepasados vieron sus reflejos. Luego se pasó a usar superficies metálicas de bronce, cobre o acero, en Babilonia, Grecia y China antiguas. Los espejos que usamos actualmente se originaron hace unos dos siglos, gracias al desarrollo de técnicas para depositar finas capas de plata en superficies de vidrio, lo que revolucionó incluso la observación del universo, al aplicarse a telescopios reflectores –inventados por Isaac Newton– que hasta entonces usaban espejos de metal pulido.

Dependemos tanto de estos objetos en nuestra vida diaria que quitarlos sería complicado. Para el conocimiento del universo, los espejos son imprescindibles. Lejos de ser objetos que no han evolucionado, los espejos se siguen actualizando para tener superficies más lisas (con errores de pulido de la milésima parte del grosor de un cabello humano), finas, resistentes, así como para poder aumentar su capacidad de reflexión, ganando diversas aplicaciones en investigación científica. Hace tan solo unos meses eran protagonistas del descubrimiento directo de ondas gravitacionales, pues son parte fundamental del diseño del instrumento LIGO, el cual detectó las deformaciones en el espacio-tiempo emitidas por un par de agujeros negros en colisión.

El futuro de la exploración del cosmos dependerá de los espejos. Hace poco se completó la colocación de los espejos del próximo telescopio espacial, el James Webb –que será lanzado en el 2021–, que hace parte de la siguiente generación de telescopios espaciales después del exitoso Hubble. Su funcionamiento se basa en un rompecabezas de 18 espejos hexagonales de berilio, con un recubrimiento de oro equivalente a una pelota de golf, que en conjunto suman 6,5 metros de diámetro. Una vez en órbita, el espejo se mantendrá a 220 °C y será capaz de detectar la formación de las primeras galaxias y estrellas. Además, nos permitirá, entre otras cosas, descubrir un gran número de planetas a enormes distancias en el universo.

Hoy incluso los espejos están “vivos” y pueden deformarse en tiempo real cientos de veces por segundo para ser usados en observaciones astronómicas, ayudando a corregir el efecto adverso de la turbulencia atmosférica que afecta las imágenes captadas por un telescopio. Esto es parte del sistema que se conoce como óptica adaptativa y que en este milenio está revolucionando la astronomía observacional desde telescopios en la Tierra, pues estos espejos ayudan a la obtención de imágenes nítidas casi como las que lograría un telescopio ubicado en el espacio.



## En búsqueda de los vestigios astronómicos de nuestros antepasados

Dentro de nuestra historia precolombina, rica en culturas y tradiciones, algunas de las cuales se mantienen hasta nuestros días, se destacan los muisca, pertenecientes a la familia lingüística de los chibchas, habitantes de la parte central de la actual Colombia, un territorio dominado por grandes altiplanicies. Los muisca se destacaron gracias a su desarrollo agrícola, que tenía como uno de sus pilares fundamentales el uso de calendarios y una fuerte conexión con Sua, dios del Sol. Una de sus fechas más importantes era la que correspondía al día más largo del año, el solsticio de verano, en donde el pueblo se daba cita en el templo del Sol en Suamox (hoy Sogamoso).

Parece ser que la observación astronómica era parte esencial del quehacer diario de una sociedad, en la que la luna (Chía) y las estrellas representaban importantes deidades que protagonizaban sus principales cosmogonías. Pese a que, en general, no hay muchos vestigios de construcciones que pudieran darnos más datos sobre elementos astronómicos de culturas ancestrales en territorio colombiano, hay un lugar cerca de la población de Villa de Leyva, Boyacá, llamado Saquenzipa, que puede tratarse de un emplazamiento astronómico para el registro de eventos

celestes. Estudios arqueológicos establecen en más de 2000 años la antigüedad de este complejo, lo cual indica que su construcción sería incluso anterior a la llegada de los muisca a la zona en el siglo VI a.C. En este lugar se erigen tres decenas de columnas de piedra de cerca de 2 metros de altura (megalitos) y varias otras columnas pequeñas distribuidas en un terreno de 450 metros cuadrados. Se cree que las sombras generadas por las columnas a lo largo del año están relacionadas con los períodos estacionales regidos por el Sol, pero también hay indicios de que algunas alineaciones tienen vínculo con el registro de eventos cíclicos, como los eclipses. Se sabe que los muisca tenían un sistema de medición del tiempo, un año de 354 días, con períodos de invierno y verano, y que usaban también los ciclos de lluvias. Dividían el año solar en cuatro épocas, delimitadas por los períodos de invierno y verano, que a su vez se subdividían de acuerdo con los cambios en la Luna. Tuvieron así un contacto con la astronomía y la meteorología que vale la pena destacar, como lo hiciera el notable científico Alexander von Humboldt luego de sus viajes de exploración a Colombia a comienzo del siglo XIX. La arqueoastronomía nos permite rescatar el conocimiento astronómico de nuestros antepasados.

## El día del asteroide

El 30 de junio de 1908 el miedo y la confusión invadieron a los habitantes de una apacible región en la remota Siberia Rusa, en las cercanías del Río Podkamennaya Tunguska. Faltaban aún casi cuatro décadas para la detonación de la primera bomba atómica, durante la Segunda Guerra Mundial, pero se estima que el impacto conocido como “el Evento Tunguska” tuvo una potencia equivalente a doscientas bombas como la lanzada sobre la ciudad de Hiroshima (Japón) y con la magnitud de la explosión más potente efectuada por el ser humano, la bomba de hidrógeno “Tsar Bomba”, lanzada por los rusos en 1961. Para conmemorar el mayor impacto de un asteroide en la historia reciente de la humanidad, se celebra cada 30 de junio, desde el 2015, el Día del Asteroide. Esta es una iniciativa liderada por el músico (guitarrista de la banda Queen) y astrofísico Brian May con el objetivo de sensibilizar a la sociedad sobre el conocimiento de estos objetos y estar preparados para una inesperada y catastrófica visita. Científicos del mundo coinciden en que a través de todos los telescopios disponibles en el mundo se tiene registro de más de un millón de asteroides que potencialmente ponen en riesgo al planeta y agregan que solo se ha descubierto el uno por ciento.

¿Qué causó la descomunal explosión que literalmente lanzó de sus sillas a personas a 400 kilómetros a la redonda y arrasó con el bosque en un área mayor que la de una ciudad capital como Bogotá?

Pese a la especulación inicial, los estudios científicos en la zona no comenzaron hasta dos décadas después del suceso, cuando exploradores pudieron llegar y testimoniar la magnitud de la devastación, los casi 100 millones de árboles derribados a la redonda, en la zona que marcaba el epicentro del desastre. Los testimonios hablaban de un destello cegador en el cielo y de cómo la tierra temblaba. Los estudios científicos apuntan a que el responsable provenía del espacio exterior. Una enorme roca de unos 50 metros de diámetro, 100 mil toneladas de peso y que viajaba a 60 veces la velocidad de un avión comercial habría logrado abrirse camino desde algún lugar del sistema solar hasta la Tierra. La fricción con la atmósfera terrestre durante su entrada hizo que alcanzara una temperatura de 25 mil grados centígrados antes de golpear el suelo y se fragmentara por la presión y el calor. La explosión generó una onda expansiva que causó la destrucción. Hablar del “Evento de Tunguska” es volver a elevar nuestra mirada al firmamento para recordar lo vulnerable que se encuentra el planeta a ser impactado por asteroides. Es bueno recordar que la evidencia apunta a que uno de ellos habría sido el causante de la desaparición de los dinosaurios y otras especies hace 65 millones de años. Algunos asteroides se clasifican como potencialmente peligrosos, de hecho, existe una escala que los cataloga: escala de Turín. Se estima que en promedio cada 300 años se presentará un fenómeno como el de Tunguska.



## Avances de la ciencia en los Juegos Olímpicos

Las olimpiadas de la era moderna han cambiado mucho desde su primera versión en 1896 celebrada en Atenas. No solo el número de deportistas y países involucrados, o la inclusión de multitud de nuevas disciplinas deportivas, sino el establecimiento de marcas cada vez más difíciles de superar.

Al hacer un rápido recorrido por algunas de las disciplinas más emblemáticas encontramos resultados sorprendentes. Si en esa primera competición olímpica le hubieran dicho al griego Spiridon Louis, ganador del oro en la maratón con un tiempo de 2:58:50, que no volvería a ganar un compatriota suyo, al menos en las siguientes veintisiete versiones, le hubiera costado creerlo. Pero jamás habría imaginado que su marca sería pulverizada década tras década hasta ser reducida en casi una tercera parte: 2:08:01 en Londres 2012.

Las demás competencias atléticas no han sido la excepción. En los cien años que separan las Olimpiadas de Atenas 1896 y 1996, la medalla de oro en la prueba de salto con garrocha (o pértiga) tiene una diferencia cercana a los 3 metros, pasando de 3,30 a 5,95 metros. Detrás de esos records modernos, hay importantes adelantos tecnológicos en ciencia de materiales, que se usan en la indumentaria y elementos deportivos. Tenis, raquetas, pértigas, balones, entre otros; cada

uno de estos implementos deportivos exige años de investigación y desarrollo. Sin embargo, más allá de eso, la ciencia está permanentemente implicada en las jornadas de entrenamiento, con aparatos para monitorizar, evaluar y mejorar las condiciones corporales de los deportistas. Aquellos que pueden acceder a la gran variedad de desarrollos científicos aplicados al deporte tienen ventaja. No es casualidad que los que desde ya lideran la tabla de medallería en Río 2016 sean justamente aquellos países con un preponderante desarrollo científico y tecnológico como Estados Unidos, China y Japón. En el ámbito comercial, se habla inclusive de los logros de la ingeniería y las ciencias en los éxitos deportivos, algo que mueve un mercado cada vez más jugoso para las empresas privadas.

Los deportistas paralímpicos tampoco son ajenos a esto. A comienzo de este siglo, un atleta amputado conseguía un histórico registro en los 100 metros al bajar de 11 segundos, con la ayuda de una avanzada prótesis. El lado oscuro está representado por el dopaje, un efecto colateral del desarrollo de la bioquímica y sus nefastas aplicaciones en el deporte, algo que en realidad no es nuevo, pues desde los Juegos Olímpicos de la Grecia clásica algunos ya usaban extractos de plantas para mejorar su rendimiento.



## La ciencia en los conflictos

Si se pudiera recabar alguna consecuencia positiva de las guerras, seguramente estaría ligada a los desarrollos tecnológicos y científicos que han permitido a uno y otro bando tener mayor dominio sobre su enemigo. En Colombia, con contadas excepciones, este no ha sido el caso. El largo conflicto armado del país no ha dejado tan siquiera un número apreciable de frutos visibles en innovación tecnológica de los cuales ahora podemos sentirnos orgullosos. El ansia de poder y dominio de los grandes imperios de la humanidad ha implicado desarrollos en tecnología que contribuían al avance económico y social, en muchos casos aplastando de manera despiadada a los rivales. Al tiempo que se hacían inventos para protegerse del enemigo, como los tanques, basados en principios físicos, también se avanzaba en otras investigaciones e invenciones. Las sonadas conquistas de Alejandro Magno seguramente no habrían tenido tanto impulso sin el tejido científico de su época. El descubrimiento de Roger Bacon de las aplicaciones de la pólvora para fines militares en el siglo XIII revolucionó el campo de batalla, y son también famosos los inventos de Leonardo da Vinci para intimidar al enemigo, que incluían vehículos blindados. En la actualidad, los desarrollos científicos que tuvieron su cuna en la Primera y Segunda Guerra Mundial, y que surgieron a partir de ánimos destructivos, permiten mejoras en la sociedad e incluso salvan vidas.

Algo alentador, al volver a mirar hacia una de las épocas más conflictivas de la humanidad, es ver, por ejemplo, las primeras versiones de simuladores de vuelo, el submarino, la fotografía aérea, la tecnología aeronáutica para la conquista de los cielos, las bases tecnológicas para llevar el hombre a la Luna y los aportes al entendimiento de la física de las estrellas a partir del proceso de fusión.

Los avances para crear y transmitir información mediante la fabricación de transmisores y receptores de radio mucho más potentes catapultaron el área de las comunicaciones y fueron cruciales para conectar a la humanidad. Después de la guerra, la radio se popularizó en todo el planeta. En el campo de la química y la medicina se generó toda una revolución: síntesis de nuevos compuestos y medicamentos, cirugía plástica, transfusiones y bancos de sangre, sistemas ortopédicos, vacunas, unidades móviles de radiografías lideradas por Marie Curie y hasta la ambulancia.

Volviendo a Colombia, el enorme gasto en compra de armamento y tecnología poco ha dejado para el surgimiento científico local. Una pérdida más asociada al conflicto, que nos ha hecho tecnológicamente dependientes. El país debe ahora buscar con urgencia la mejor manera de aprovechar el tiempo perdido, procurando adoptar la innovación científica en el postconflicto. Un buen ejemplo de ellos son los avances tecnológicos para el desminado con técnicas nucleares de detección.

# Hollywood va al planetario

Los planetarios son sin duda lugares fascinantes en los cuales podemos superar las limitaciones que tenemos en las ciudades –debido principalmente a la contaminación lumínica– para poder disfrutar de una noche despejada y deleitarnos con la majestuosa imagen del firmamento estrellado. La cinematografía tampoco se escapa al encanto de estos sitios, que nos acercan al conocimiento del universo recreando la bóveda celeste y cuya primera función se remonta al año 1923 en la ciudad de Jena, Alemania, usando un proyector Mark I de la compañía Carl Zeiss.

La película *La la land* del año 2016 igualó el récord de mayor número de nominaciones al premio Oscar, con 14 nominaciones, y fue vista por millones de espectadores para quienes hay una escena que no pasó inadvertida, aquella en que Mia y Sebastián comienzan un romance rodeados de estrellas. Si algo me atrae de esta película es, sin duda, su trasegar por bellos e icónicos parajes en la ciudad de Los Ángeles. De las 48 locaciones de esta ciudad californiana y meca del cine norteamericano en donde fue filmada, una de las escenas más atractivas sucede en el interior de un planetario, es precisamente aquella en que sus protagonistas se elevan cogidos de la mano hacia el domo hasta adentrarse en el universo plagado de estrellas, nubes de gas y polvo, con el majestuoso proyector optomecánico con forma de hormiga gigante de testigo.

La escena rinde tributo a la película *Rebelde sin causa*, protagonizada por el célebre James Dean en 1955, que tuvo al Observatorio de Griffith como escenario de varias escenas. En una de ellas, que transcurre en el interior del domo del planetario, el protagonista comenta a su joven amigo Platón uno de sus pensamientos que da a entender la majestuosidad del universo, mientras aprecia la constelación de Orión (el cazador) proyectada por un Zeiss Mark II que funcionó hasta 1964. Un modelo Mark VI, construido en 1967, y de los cuales solo hay otros dos funcionando en el mundo, está montado en el interior del Planetario de Bogotá y se erige como una reliquia de este hermoso aparato (el siguiente de estos modelos es de 1993 y ya no tiene la clásica forma de hormiga) de 2.5 toneladas que contiene más de 160 proyectores.

Los planetarios son lugares mágicos que se deben visitar alguna vez en la vida, lugares que se siguen renovando para tener ahora experiencias digitales y muchas más actividades. Aunque en Colombia hay planetarios en Bogotá, Medellín, Pereira, Cartagena, Bucaramanga, Cali y Barranquilla todavía se cuentan con los dedos de las manos y aún hacen falta muchos más, estando lejos de países como Japón, que cuentan con más de 300 de estos espacios, vitales para la cultura científica de la sociedad.



## La ciencia detrás de la pantalla chica

Desde finales del siglo XIX, cuando se dieron los primeros pasos para la revolución que significó luego la llegada de la televisión a millones de hogares, este genial invento ha ido de la mano con profundos desarrollos en varios campos de las ciencias. Múltiples partes de estos aparatos son fabricados gracias a la química y a sus avances en el desarrollo de aleaciones y polímeros; por su parte, las leyes del electromagnetismo hacen posible las transmisiones televisivas. El invento surgió a raíz de una “simple” idea del joven y curioso estudiante Paul Nipkow, quien en 1883 se imaginó usar un disco plano con pequeñas perforaciones para dividir una imagen en una colección de puntos y líneas. Con el tiempo se fue perfeccionado el Disco de Nipkow y tras varias pruebas el físico John Logie Baird hizo su demostración pública en Londres en 1926 usando un disco rotante emisor y otro como receptor para transmitir de forma electromecánica la figura de una marioneta llamada Stooky Bill, a la que bien podríamos considerar como el primer “actor” de la pantalla chica. Al año siguiente ya se estaban probando transmisiones entre Londres y Nueva York, y en 1935 la BBC británica comenzaba a hacer programas abiertos al público.

Nuevas adaptaciones tecnológicas estaban por llegar, como el uso de pantallas de vidrio recubiertas de fósforo y plomo sobre las cuales impactaba un

chorro de electrones que viajaba por un tubo al vacío. El llamado tubo de rayos catódicos comenzó a ser protagonista en los televisores en la década de 1940, aunque ya había sido inventado medio siglo antes, y fue clave en el estudio de la naturaleza de protones y electrones.

Durante otro medio siglo, los televisores de tubos fueron testigos de la llegada de imágenes en color y de la masificación de las comunicaciones hasta que comenzaron a ser remplazados por televisores más livianos y con delgadas pantallas de cristal líquido y de plasma. Una vez más, la ciencia detrás de estos sorprendentes adelantos.

Los televisores de plasma cuentan con pequeñas celdas en donde una mezcla de gases (neón, xenón y argón) pasa a estado plasmático al recibir descargas eléctricas, lo que conlleva la emisión de luz ultravioleta que, a su vez, estimula un revestimiento fosforescente que finalmente produce las imágenes luminosas. Más recientemente la tecnología LED entró a dominar el mercado de los televisores, permitiendo tener pantallas de enormes tamaños con muy bajo consumo. Los que durante años fueron usados solo como pequeños bombillos “decorativos” en aparatos electrónicos, se constituyen ahora en toda una revolución. El premio Nobel de Física del 2014 se otorgó por el invento del LED azul.

## El maniquí de madera que marcó el comienzo de la revolución informática

En el mundo moderno estamos rodeados de tecnología, y el uso de computadores o celulares con extraordinarias capacidades de procesamiento ya no sorprende a casi nadie. Algo muy diferente sucedía hace un par de siglos en la época de Charles Babbage, considerado como el bisabuelo de la computación. Diseñar e implementar una máquina capaz de realizar cálculos y de ejecutar programas se convirtió en una obsesión para este matemático y aficionado al ajedrez. En 1822 salen a la luz sus primeras ideas y comienza a trabajar en la fabricación de una calculadora mecánica, cuyo diseño contenía cerca de 25 mil piezas y pesaba varias toneladas, pero que nunca llegaría a terminar.

Babbage soñó también con crear una máquina autómatas que fuera capaz de jugar un juego de nivel intelectual, justamente como el ajedrez. Esta suerte de reto posiblemente vino a su mente después de perder una partida de ajedrez contra “El Turco”, un maniquí de madera que se convertía en la sensación y era exhibido por todo el mundo. El Turco hizo su debut en Viena en 1770, en la corte de los Habsburgo, cuando fue presentado por el inventor Wolfgang von Kempelen. Consistía en un maniquí con túnica y turbante sentado frente a una mesa o cajón que parecía contener un complicado sistema mecánico en su interior, y sobre

el cual reposaba un tablero de ajedrez. Los contrincantes eran desafiados para jugar una partida contra el supuesto autómatas y veían como El Turco movía las fichas con su brazo mecánico, que recorría el tablero para realizar jugadas magistrales. Destacadas personalidades como Benjamin Franklin sucumbieron ante “El Turco”. Incluso Napoleón Bonaparte pudo ver en 1809 como perdía la batalla cuando “El Turco” tiraba las piezas del tablero luego de una jugada ilegal del temido emperador francés.

Durante varias décadas el funcionamiento del extraño jugador fue un misterio hasta que después de pasar por varios propietarios se quemó en un incendio 85 años después de su construcción. Pero el secreto no se pudo guardar para siempre: detrás de “El Turco” había un ser humano, un buen jugador de ajedrez que era capaz de esconderse habilidosamente en la máquina. Hasta 15 jugadores pudieron haber pasado por el encierro en el cajón de madera. Babbage seguramente siempre tuvo claro que era un simple truco de magia, pero “El Turco” le sirvió para preguntarse e inspirarse sobre el tipo de autómatas que podría jugar ajedrez, lo que lo hizo diseñar su máquina analítica con los principios esenciales de una computadora moderna.

## El universo plasmado en banderas

Algo aparentemente tan sencillo como mirar al cielo ha despertado algunos de los interrogantes más grandes de la humanidad y ha enriquecido multitud de áreas del conocimiento a lo largo de nuestra andadura por el planeta. Sin embargo, no solo la ciencia se nutre del estudio del cosmos, algo tan aparentemente desconectado como el diseño de banderas se ha servido de nuestro contacto con el universo. Desde mediados del siglo XX, el estudio de las banderas recibe el nombre de vexilología, (término que deriva del latín *'vexillum'* –estandarte– y del griego *'logos'* –conocimiento–). La presencia de la Luna, planetas, estrellas, constelaciones, instrumentos de observación y diversas representaciones astronómicas embellece las banderas de cerca de medio centenar de países. Las estrellas son, sin lugar a dudas, las principales protagonistas en la “carga” astronómica de muchas banderas, y en casi todos los casos representan la observación real de firmamento.

Es común en varios países del hemisferio sur que sus banderas contengan la constelación más famosa de sus cielos, y una de las principales de entre las 88 constelaciones del firmamento, la Cruz del Sur. Pese a ser la más pequeña de las constelaciones, esta se destaca en las banderas de Australia y Nueva Zelanda.

La Cruz del Sur fue definida a comienzos del siglo XVI por el gran navegante Américo Vespucio en su expedición a Suramérica y permite determinar el punto cardinal sur prolongando una línea recta imaginaria desde el eje principal de la cruz. Pero si a simbología astronómica nos referimos, la bandera de Brasil es uno de los mejores ejemplos. Se destaca en ella un gran círculo central que representa la bóveda celeste y contiene 9 constelaciones, incluyendo la Cruz del Sur. La disposición de las constelaciones se corresponde con el cielo que se vio en Brasilia, capital del país, el día de su independencia (15 de noviembre de 1889). Por su parte, en el hemisferio norte la referencia por excelencia es la estrella polar, o *polaris*, la estrella más brillante en la constelación de la Osa Menor, que prácticamente coincide con la posición del polo norte celeste. Justo a su lado la Osa Mayor se destaca en los cielos del norte, y la bandera de Alaska le da protagonismo a esta agrupación de estrellas con forma de sartén gigante.

La astronomía que esconden multitud de banderas ondeantes a lo largo y ancho del planeta nos recuerda la importancia que han tenido los asuntos del cielo en nuestras sociedades terrestres.



## Los telescopios del papa

Los misterios del universo no son ajenos a la Santa Sede. Pese a que encontramos a lo largo de su historia posturas marcadas por un claro rechazo a importantes contribuciones científicas, el Vaticano ha establecido también relaciones con la ciencia, particularmente con la astronomía. La implementación del calendario gregoriano, promulgado en 1582 por el Papa Gregorio XIII, es uno de los ejemplos más significativos para evidenciar la conexión directa del pontificado con el uso de datos astronómicos. Para este propósito, se construyó en 1580 la llamada Torre Gregoriana, en donde se promovió el estudio de la astronomía, acompañado de minuciosas observaciones de la posición aparente del Sol en el cielo.

La que sería una de las instituciones de investigación astronómica más antiguas del mundo recibe actualmente el nombre de Specola Astronomica Vaticana o el Observatorio Vaticano y tiene su sede principal en la residencia veraniega del papa en el Palacio de Castel Gandolfo –a unos 25 kilómetros al sureste de Roma– desde que en la década de los años 30 del siglo pasado el Papa Pío XI decidiera moverlo de la Ciudad del Vaticano, debido a los altos niveles de polución y contaminación lumínica que impedían realizar en buena forma las observaciones. En este lugar

trabajan investigadores de la orden de los jesuitas que se han formado en áreas científicas, principalmente con doctorados en astronomía, y que llevan a cabo investigaciones en diversas áreas del conocimiento del entorno cósmico.

Tan solo tres décadas después de su llegada a Castel Gandolfo los mismos problemas para la observación surgieron en esta nueva locación y, por ello, se decidió tener al grupo de investigación del Vaticano en el Observatorio Steward, una sede internacional de la Universidad de Arizona en Estados Unidos. Sin embargo, la necesidad de tener un instrumento propio llevó al Vaticano a completar en 1993 el Telescopio Vaticano de Tecnología Avanzada (VATT por sus siglas en inglés), situado en el Monte Graham en Arizona. Importantes investigaciones han sido llevadas a cabo en este lugar, incluyendo el descubrimiento de los llamados objetos astrofísicos masivos de halo compacto en la Galaxia de Andrómeda y la caracterización de un centenar de objetos transneptunianos (que habitan regiones más allá del planeta Neptuno). La sede principal en Castel Gandolfo sigue activa y es reconocida entre la comunidad académica por realizar cada dos años una escuela de verano en donde estudiantes de astronomía se forman en diversas áreas de la investigación del universo.

## Ciencia básica versus ciencia aplicada



La aventura del conocimiento nos ha permitido a los humanos construir un camino para avanzar en el entendimiento de la naturaleza que nos rodea, desde el mundo microscópico al universo macroscópico, y de los procesos que en ella ocurren. Esa exitosa experiencia nos ha llevado a encontrar leyes que constituyen herramientas poderosas para explicar la realidad, pero que a su vez transforman profundamente la vida de nuestras sociedades mediante desarrollos tecnológicos y aplicaciones por doquier. Por un lado, tenemos entonces a la denominada ciencia fundamental o básica, que enriquece el conocimiento de la naturaleza, y, por otro, a la ciencia aplicada, que promueve las investigaciones que dan solución a necesidades de la sociedad, generan tecnología y crean productos.

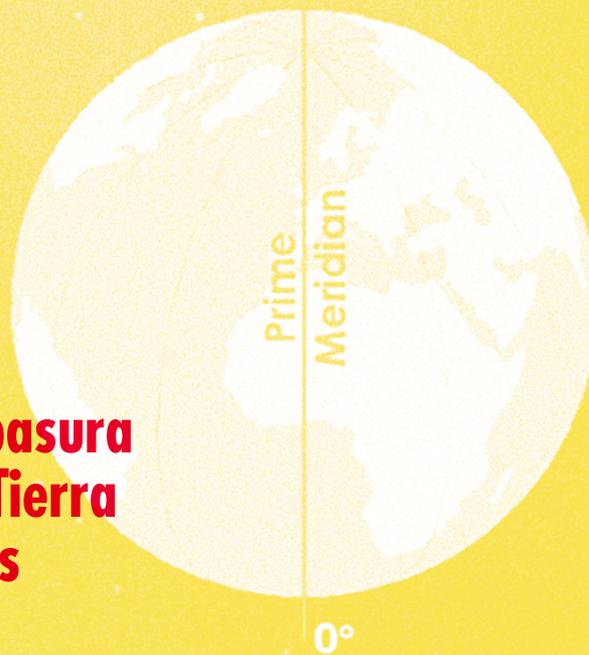
La primera se hace sin un aparente beneficio directo para la humanidad y sin utilidad práctica, esencialmente porque es interesante y despierta nuestra curiosidad como seres racionales. La segunda está basada en generar aportes que beneficien al ser humano y su relacionamiento con el entorno –diagnosticar y curar enfermedades, avances en la industria, mejorar el transporte, la alimentación y diversos aspectos que nos afectan en el día a día-. Pese a que las investigaciones básicas y las aplicadas tienen diferentes focos de acción,

sus metodologías son muy similares, pues están basadas en el método científico. La experiencia ha demostrado que la ciencia básica tarde temprano da lugar a la generación de aplicaciones, al punto que es prácticamente imposible encontrar algún desarrollo tecnológico que no haya surgido como resultado de ella, lo que deja en evidencia que ambas son igualmente necesarias.

Sin ir muy lejos, Albert Einstein, reconocido como el personaje más destacado del siglo XX, realizó trabajos fundamentales que después de varias décadas fueron indispensables para el desarrollo del láser, los computadores, tecnología GPS, paneles solares, las cámaras digitales, el microondas y la lista continúa. Sin embargo, algo preocupante parece estar sucediendo. El apoyo a la ciencia básica es cada vez menor, cuando debería reforzarse, puesto que representa las bases fundamentales para que todo lo demás pueda surgir, son los cimientos que mantienen firme la estructura científica y que posibilitan la innovación. Además, la ciencia básica propicia el desarrollo de la potencialidad creativa de los jóvenes y les permiten adquirir un conocimiento de las vías para tener un razonamiento lógico más vigoroso, eficiente y certero.

Sin la ciencia básica, la ciencia aplicada se estanca.

## La caneca de basura que divide la Tierra en dos mitades



La superficie de la Tierra está atravesada por líneas imaginarias que son indispensables para ubicar un punto sobre el planeta y, de esta manera, poder orientarnos fácilmente. Son los conocidos como meridianos y paralelos, que todos aprendimos en nuestras clases de geografía y que forman una red o sistema de coordenadas geográficas. Los meridianos, pasan por los polos norte y sur del globo terráqueo y sirven para tener una referencia de las horas en diferentes lugares del planeta. Su denominación proviene del latín y significa “mediodía”, ya que mientras la Tierra da vueltas sobre sí misma (rotación), el Sol atraviesa un determinado meridiano a medio camino entre su salida (amanecer) y su puesta (anochecer).

El más famoso de los 360 meridianos es el del Greenwich, que divide a la Tierra en los hemisferios oriental y occidental. También es conocido como el meridiano cero y debe su nombre al distrito londinense por el cual pasa y donde se encuentra el Real Observatorio de Greenwich, construido en 1675. El meridiano de Greenwich es la base del sistema horario desde octubre de 1884, cuando tuvo lugar en Washington D. C. (Estados Unidos) la Conferencia

Internacional del Meridiano. En aquella reunión, a la que asistieron delegados de 26 países, se acordó unificar el sistema horario y determinar un meridiano para ser empleado como referencia común y como estándar de tiempo en todo el mundo.

Uno de los recuerdos típicos de millones de turistas cuando visitan Londres es ir al famoso meridiano y tomarse una foto con un pie en cada mitad del mundo. Lo que pocos sabrán es que esa ubicación original no representa la verdadera línea que divide al planeta en dos. El error se debe a que con la tecnología satelital actual (GPS) el cálculo es mucho más preciso que el registrado a finales del siglo XIX a partir de observaciones astronómicas por telescopio. Cualquiera que se encuentre en el Parque Greenwich y use el localizador de su teléfono celular se decepcionará al comprobar que el punto cero de referencia (longitud cero) se encuentra a 102 metros del lugar donde la línea marcada en el suelo es el escenario de las fotografías de los viajeros. La decepción será mayor al encontrarse con una simple caneca de basura justo al lado de la verdadera línea imaginaria que divide a la Tierra en dos mitades.

# Índice onomástico

**Abd Al-Rahman Al Sufi.** *Astrónomo de origen persa (903 - 986).*

**Albert Einstein.** *Físico alemán de origen judío (1879 -1955).*

**Alejandro Magno.** *Rey de Macedonia (356 a.C. - 323 a. C.)*

**Alexander von Humboldt.** *Polímata alemán (1769 -1859).*

**Alexei Leonov.** *Piloto, ingeniero y cosmonauta ruso (1934 - 2019).*

**Américo Vespucio.** *Comerciante, explorador y cosmógrafo florentino (1454 - 1512).*

**Anatoly Solovyev.** *Piloto y cosmonauta ruso (1948 -).*

**Andrew Douglass.** *Astrónomo estadounidense (1867 - 1962).*

**Annie Jump Cannon.** *Astrónoma estadounidense (1863 - 1941).*

**Antony Hewish.** *Radioastrónomo británico (1924 -).*

**Aristarco de Samos.** *Astrónomo y matemático griego (310 a. C. - 230 a. C.).*

**Aristóteles.** *Filósofo y polímata griego (384 a. C. - 322 a. C.).*

**Arthur C. Clarke.** *Escritor y científico británico (1917 - 2008).*

**Arthur Eddington.** *Astrofísico británico (1882 - 1944).*

**Barack Obama.** *Político estadounidense (1961 -).*

**Benjamin Franklin.** *Político, polímata, científico e inventor estadounidense (1706 - 1790).*

**Brian May.** *Músico, compositor y astrofísico británico (1947 -).*

**Bruce Balick.** *Astrónomo norteamericano (1943 -).*

**Carl Friedrich Gauss.** *Matemático, astrónomo, geobotánico y físico alemán (1777 - 1855).*

**Carl Linneus.** *Científico, naturalista, botánico y zoólogo sueco. (1707-1778).*

**Carl Sagan.** *Astrónomo, astrofísico, cosmólogo, astrobiólogo, escritor y divulgador científico estadounidense (1934 -1996).*

**Caroline Lucretia Herschel.** *Astrónoma alemana que vivió también en Inglaterra (1750 - 1848).*

**Charles Babbage.** *Matemático y científico de la computación británico (1791 - 1871).*

**Charles Messier.** *Astrónomo y cazacometas francés (1730 - 1817).*

**Claude Lévi-Strauss.** *Antropólogo, filósofo y etnólogo francés (1908 - 2009).*

**Clemente VIII.** *231.er papa de la Iglesia católica (1536 - 1605).*

**Constantino I el “Grande”.** *Emperador de los romanos (272 - 337).*

**Cristobal Colón.** *Navegante, cartógrafo, almirante, virrey y gobernador general de las Indias Occidentales al servicio de la Corona de Castilla (1451 - 1506).*

**David Scott.** *Astronauta retirado de la NASA (1932 -).*

**Didier Queloz.** *Astrónomo suizo (1966 -).*

**Dmitri Mendeléyev.** *Químico ruso (1834 - 1907).*

**Donald Flickinger.** *Militar estadounidense (1906 - 1997).*

**Dwight D. Eisenhower.** *Militar y político estadounidense (1890 - 1969).*

**Eddie Redmayne.** *Actor, cantante y modelo británico (1982-).*

**Edgar Allan Poe.** *Escritor, poeta, crítico y periodista romántico estadounidense (1809 - 1849).*

**Edmund Halley.** *Astrónomo, matemático y físico inglés (1656 - 1742).*

**Edward Harrison.** *Profesor emérito de Física y de Astronomía en la Universidad de Boston de origen británico (1919 - 2007).*

**Edwin Hubble.** *Astrónomo estadounidense (1889 - 1953).*

**Elon Musk.** *Físico, emprendedor, inventor y magnate sudafricano (1971 -).*

**Eratóstenes.** *Matemático, astrónomo y geógrafo griego de origen cirenaico (276 a. C. - 194 a. C.).*

**Eugene Cernan.** *Aviador naval, ingeniero eléctrico, ingeniero aeronáutico, piloto de combate y astronauta estadounidense de la NASA (1934 - 2017).*

**Eugene Parker.** *Astrofísico estadounidense (1927-2022).*

**Evangelista Torricelli.** *Físico y matemático italiano (1608 - 1647).*

**Fausto Verancio.** *Humanista, científico, lexicógrafo e historiador croata (1551 - 1617).*

**Federico Cesi.** *Científico y naturista italiano (1585 - 1630).*

**Federico Guillermo IV de Prusia.** *Hijo mayor y sucesor de Federico Guillermo III (1795 - 1861).*

**Federico II de Dinamarca.** *Rey de Dinamarca y de Noruega* (1534 - 1588).

**Francesco De Vico.** *Jesuita y astrónomo italiano* (1805 - 1848).

**Francisco I.** *Papa de la Iglesia católica desde 2013* (1936 -).

**Francisco José de Caldas.** *Científico, ingeniero militar, geógrafo, botánico, astrónomo, naturalista y periodista, prócer de la independencia de Colombia* (1768 - 1816).

**François Arago.** *Matemático, físico y astrónomo francés* (1786 - 1853).

**Franz Reichelt.** *Sastre franco-austriaco* (1879 - 1912).

**Friedrich Bessel.** *Matemático y astrónomo alemán* (1784 - 1846).

**Fritz Zwicky.** *Astrónomo y físico suizo de origen búlgaro* (1898 - 1974).

**Galileo Galilei.** *Astrónomo, filósofo, ingeniero, matemático y físico italiano* (1564 - 1642).

**Garik Israelian.** *Astrofísico y científico armenio* (1963 -).

**George Mullen.** *Astrofísico estadounidense* (c. 1935).

**Gerard O'Neill.** *Físico americano* (1927 - 1992).

**Geraldyn Cobb.** *Aviadora norteamericana* (1931 - 2019).

**Giordano Bruno.** *Astrónomo, filósofo, teólogo, matemático y poeta italiano* (1548 - 1600).

**Giovanni Schiaparelli.** *Astrónomo e historiador de la ciencia italiano* (1835 - 1910).

**Gregorio XIII.** *Papa n.º 226 de la Iglesia católica* (1502 - 1585).

**Gueorgui Dobrovolski.** *Piloto y cosmonauta soviético* (1928 - 1971).

**Hanny van Arkel.** *Astrónoma aficionada neerlandesa* (1984 -).

**Harold Clayton Urey.** *Químico y profesor universitario estadounidense* (1893 - 1981).

**Heinrich Olbers.** *Médico y astrónomo alemán* (1758 - 1840).

**Herbert George Wells.** *Escritor y novelista británico* (1866 - 1946).

**Hermann Ebbinghaus.** *Filósofo y psicólogo alemán* (1850 - 1909).

**Hermanos Lumière.** *Inventores del cinematógrafo. Auguste Marie Louis Nicolas Lumière* (1862 - 1954) *y Louis Jean Lumière* (1864 - 1948).

**Hermanos Wright.** *Aviadores, ingenieros e inventores estadounidenses. Wilbur Wright* (1867 - 1912) *y Orville Wright* (1871 - 1948).

**Hiparco.** *Astrónomo, geógrafo y matemático griego* (190 a. C. - 120 a. C.).

**Hipatia de Alejandría.** *Filósofa y maestra neoplatónica griega, natural de Egipto* (360 - 415).

**Isaac Newton.** *Físico, teólogo, inventor, alquimista y matemático inglés* (1643 - 1727).

**James Dean.** *Actor estadounidense* (1931 - 1955).

**James Maxwell.** *Científico escocés* (1831 - 1879).

**James Peebles.** *Físico canadiense, ganador del Premio Nobel de Física* (1935 -).

**James Van Allen.** *Físico estadounidense* (1914 - 2006).

**James Webb.** *Político socialista de origen británico* (1859 - 1947).

**Jean Bernard Léon Foucault.** *Físico francés* (1819 - 1868).

**Jocelyn Bell Burnell.** *Astrofísica norirlandesa* (1943 -).

**Johannes Kepler.** *Astrónomo y matemático alemán* (1571 - 1630).

**John Dobson.** *Divulgador de astronomía* (1915 - 2014).

**John Glenn.** *Astronauta, piloto militar y político estadounidense* (1921 - 2016).

**John O'Sullivan.** *Ingeniero eléctrico australiano* (1947 -).

**John Wheeler.** *Físico teórico estadounidense* (1911 - 2008).

**José Celestino Mutis.** *Sacerdote, botánico, geógrafo, matemático, médico y docente español* (1732 - 1808).

**Joseph von Fraunhofer.** *Astrónomo, óptico y físico alemán* (1787 - 1826).

**Joseph-Nicolás Delisle.** *Astrónomo y geógrafo francés* (1688 - 1768).

**Julio César.** *Político y militar romano del siglo I a. C.* (100 a.C. - 44 a. C.).

**Julio Verne.** *Escritor, poeta y dramaturgo francés* (1828 - 1905).

**Karl Jansky.** *Ingeniero de radio estadounidense* (1905 - 1950).

**Kip Thorne.** *Físico teórico estadounidense, ganador del Premio Nobel de Física* (1940 -).

**Leonardo Da Vinci.** *Polímata florentino del Renacimiento italiano* (1452 - 1519).

**Luca Parmitano.** *Astronauta italiano* (1976 -).

**María Mitchel.** *Astrónoma estadounidense* (1818 - 1889).

**Marie Curie.** *Científica polaca nacionalizada francesa* (1867 - 1934).

**Mario Benedetti.** *Escritor, poeta, dramaturgo y periodista uruguayo* (1920 - 2009).

**Mark Kidger.** *Astrónomo británico* (1960 -).

- Mark Shuttleworth.** *Informático y empresario sudafricano (1973 -).*
- Maximiliano I.** *Rey de Baviera de 1805 a 1825 (1756 - 1825).*
- Michael Faraday.** *Físico y químico británico (1791 - 1867).*
- Michel Mayor.** *Físico suizo (1942 -).*
- Napoleón Bonaparte.** *Militar y estadista francés (1769 - 1821).*
- Nathan Rosen.** *Físico israelí (1909 - 1995).*
- Numa Pompilio.** *Rey de Roma (753 a.C. - 674 a. C.).*
- Pablo Neruda.** *Poeta chileno (1904 - 1973).*
- Parecelso.** *Alquimista y médico suizo (1493 - 1541).*
- Paul Nipkow.** *Ingeniero e inventor alemán (1860 - 1940).*
- Paul Van Hoeydonck.** *Pintor y escultor belga (1925 -).*
- Pedro Paulet.** *Ingeniero peruano (1874 - 1945).*
- Percival Lowell.** *Astrónomo estadounidense (1855 - 1916).*
- Pierre Jules Janssen.** *Astrónomo francés (1824 - 1907).*
- Pío XI.** **259.º** *papa de la Iglesia católica (1857 - 1939).*
- Pitágoras.** *Filósofo y matemático griego (569 a.C. - 475 a. C.).*
- Platón.** *Filósofo griego (427 a.C. - 347 a. C.).*
- Posidonio.** *Político, astrónomo, geógrafo, historiador y filósofo estoico griego (135 a. C. - 51 a. C.).*
- Ptolomeo.** *Astrónomo, químico, geógrafo y matemático griego (100 - 170).*
- Randolph Lovelace.** *Médico estadounidense (1907 - 1965).*
- Rene Descartes.** *Filósofo, matemático y físico francés (1596-1650)*
- Robert Brown.** *Médico, cirujano y botánico escocés (1773 - 1857).*
- Robert Weryk.** *Astrofísico y astrónomo canadiense (1981 -).*
- Roger Bacon.** *Filósofo y teólogo escolástico inglés (1214 - 1294).*
- Roy Sullivan.** *Guardabosques estadounidense (1912 - 1983).*
- Sally Ride.** *Física y astronauta estadounidense (1951 - 2012).*
- Santa Teresa de Jesús.** *Monja española (1515 - 1582).*
- Sergei Korolev.** *Ingeniero ruso (1907 - 1966).*
- Sofía Gómez.** *Apneísta e ingeniera civil colombiana (1992 -)*
- Sosígenes.** *Astrónomo y filósofo alejandrino (siglo I a. n. e. - siglo I a. n. e.).*
- Spiridon Louis.** *Corredor griego (1873 - 1940).*
- Stanley Miller.** *Científico estadounidense (1930 - 2007).*
- Stephen Hawking.** *Físico teórico, astrofísico, cosmólogo y divulgador científico británico (1942 - 2018).*
- Subrahmanyan Chandrasekhar.** *Físico teórico, astrofísico y matemático estadounidense de origen indio (1910 - 1995).*
- Teodorico de Freiberg.** *Físico alemán (c.1250 - c.1310).*
- Teofrasto.** *Filósofo griego (c. 371 a. C. - c. 287 a. C.).*
- Tycho Brahe.** *Astrónomo danés (1546 - 1601).*
- Umberto Eco.** *Escritor, filósofo y profesor universitario de origen italiano (1932 - 2016).*
- Valentina Tereshkova.** *Cosmonauta, política e ingeniera rusa (1937 -).*
- Vera Rubin.** *Astrónoma estadounidense (1928 - 2016).*
- Viktor Patsayev.** *Ingeniero y cosmonauta kazajo soviético (1933 - 1971).*
- Vladimir Komarov.** *Piloto de pruebas, ingeniero aeronáutico y cosmonauta soviético (1927 - 1967).*
- Wei Boyang.** *Escritor y alquimista chino de la dinastía Han del Este, entre 25 d. C. y 220 d. C. (nacimiento y muerte desconocidos).*
- Werner Arber.** *Microbiólogo suizo (1929 -).*
- Wernher von Braun.** *Ingeniero mecánico y aeroespacial alemán (1912 - 1977).*
- William E. Boeing.** *Fundador de la compañía Boeing, pionero de la aviación (1881 - 1956).*
- William Herschel.** *Astrónomo y músico germano-británico (1738 - 1822).*
- William Whewell.** *Teólogo, filósofo y científico británico (1794 - 1866).*
- Wolfgang von Kempelen.** *Escritor e inventor húngaro (1734 - 1804).*
- Xibelly Eliseth Mosquera.** *Astrónoma colombiana (1992 -).*
- Yuri Gagarin.** *Cosmonauta soviético, primer ser humano en viajar al espacio exterior (1934 - 1968).*
- Zecharia Sitchin.** *Escritor y pseudocientífico israelí (1920 - 2010).*

# Bibliografía

El contenido de este libro agrupa algunas de las columnas que el autor ha publicado en el periódico *El Tiempo* (Colombia) desde julio de 2014 y que se han basado en las referencias que se listan a continuación.

**N. Bassols Batalla**, *Galileo ingeniero y la libre investigación*. (Colección Popular, México, 1995).

**G. Bordeleau**, *Flags of the Night Sky* (Springer, EEUU, 2014).

**B. Bryson**, *Una breve historia de casi todo* (RBA Libros, España, 2005).

**P. Davis**, *El universo desbocado* (Salvat Editores, España, 1986).

**C. Galfard**, *El universo en tu mano* (Blackie Books, España, 2016).

**B. B. Greene**, *El universo elegante* (Booket, España, 2012).

**S. Hawking**, *Historia del Tiempo* (Grijalbo, Buenos Aires, 1988).

**M. D. Heifetz**, W. Tirion, *Un paseo por las estrellas* (Akala, España, 2019).

**S. Hislop**, *Atlas de las constelaciones: Las historias que nos cuentan las estrellas* (Errata Naturae Editores, España, 2017).

**G. Holton**, *Las falsas imágenes de la ciencia* (septiembre 2012).

**C. Impey**, *The Living Cosmos* (Cambridge University Press, UK, 2011).

**E. Keppler**, *Sol, lunas y planetas* (Salvat Editores, España, 1986).

**R. Kippenhahn**, *Cien mil millones de soles* (Salvat Editores, España, 1986).

**R. D. Launius**, *Historia de la exploración espacial* (Grijalbo, España, 2019).

**J. Lovelock**, *La venganza de la Tierra* (Planeta, España, 2012).

**S. Majid Ed.**, *On Space and Time* (Cambridge University Press, UK, 2010).

**B. May, P. Moore**, C. Lintott. *Bang, The Complete History of the Universe* (Carlton Books, UK, 2006).

**L. Randall**, *La materia oscura y lo dinosaurios* (Acantilado, España, 2016).

**C. Sagan**, *Los dragones del Edén* (Grijalbo, España, 1980).

**C. Sagan**, *Cosmos* (Editorial Planeta, España, 1982).

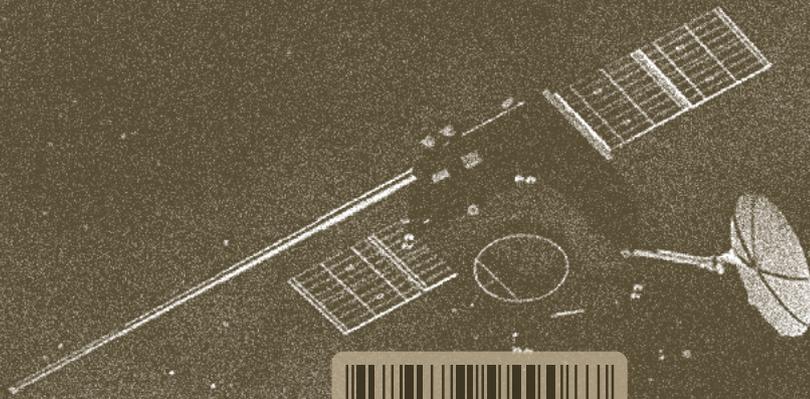


*Historias del cosmos* fue editado por el Centro Editorial de la Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá. Se utilizaron como fuentes principales Paperback 12 y Futura. Se terminó de encuadernar e imprimir en Editorial Gente Nueva, en julio de 2022, con un tiraje de 250 ejemplares.



En este libro el lector podrá embarcarse en un cautivador recorrido por historias en las que la ciencia es la gran protagonista. Historias que abarcan una amplia variedad de personajes y épocas, y que son un reflejo del triunfo del intelecto humano en su deseo por desentrañar los misterios del cosmos.

Las sorprendentes vidas de algunos de los personajes más célebres que abonaron el terreno hacia el conocimiento astronómico; la respuesta a grandes preguntas sobre nuestro asombroso universo; la descripción de espectaculares fenómenos que ocurren en la Tierra, el cielo y más allá de nuestro planeta; el arduo camino que nos ha llevado adentrarnos en la exploración del espacio; y la ciencia que se esconde a nuestro alrededor son los temas centrales que el autor presenta con rigurosidad, pero también con la pasión necesaria para hacer una placentera lectura de este libro, que no deja indiferente a los fanáticos del cosmos y a quienes quieren comenzar a descubrir sus maravillas.



978-958-794-908-7