



EL ECO

DEL PLANETA

La publicación en los medios del descubrimiento de las *ondas gravitacionales* ha confirmado de nuevo el interés por la ciencia, cada vez más presente en nuestra sociedad. La tecnología, el universo o las energías alternativas son algunos de los temas que atraen a un público que, en general, desconoce estos avances. ¿Por qué se ha puesto de moda lo científico?

TEXTO *Héctor L. Mancini, profesor emérito de Física de la Universidad de Navarra*
FOTOGRAFÍA Y ESCULTURAS EN PAPEL *Rogan Brown, Matthew Shlian y Loris Cecchini*

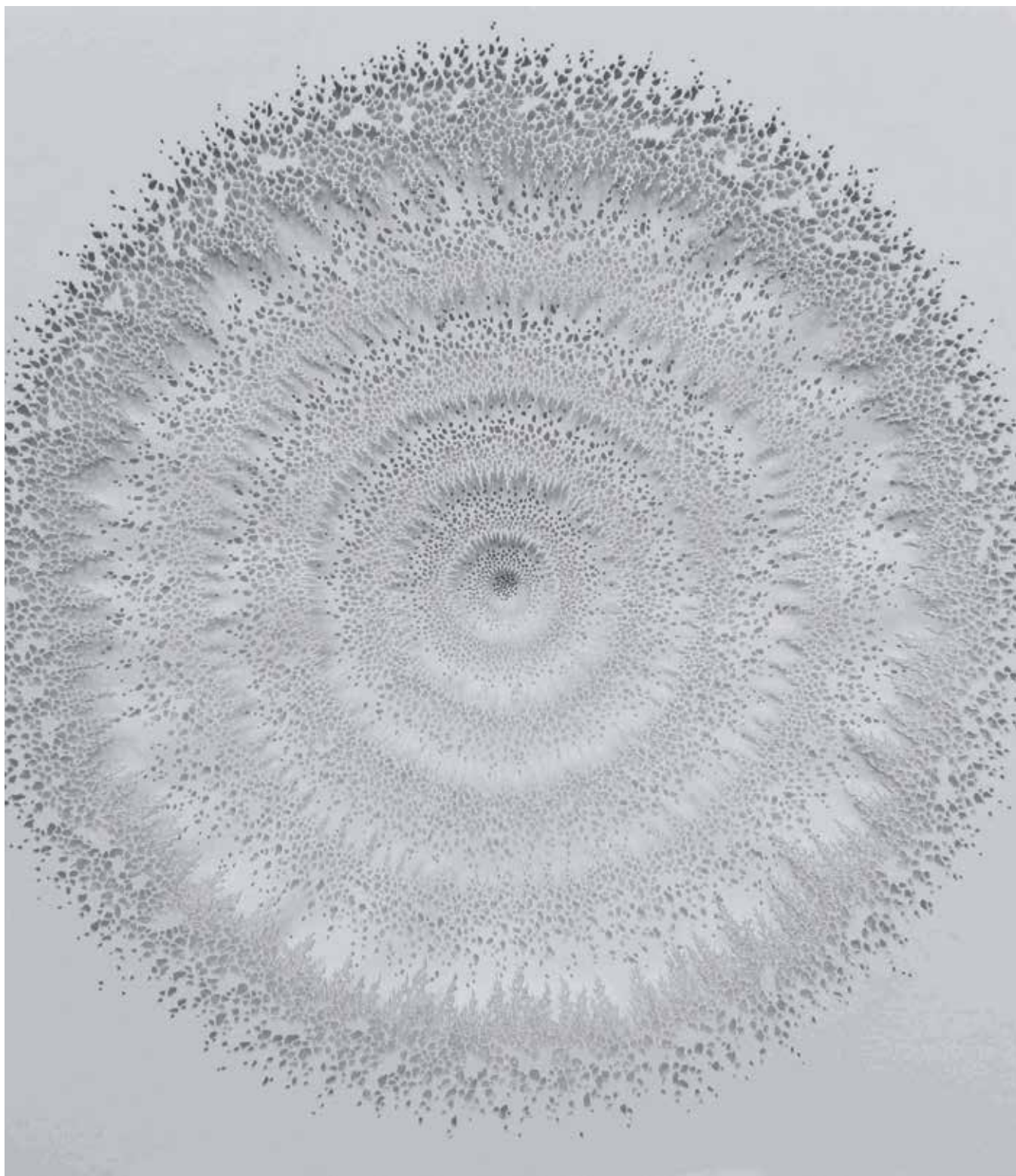
CADA DÍA NOS ENCONTRAMOS NOTICIAS redactadas con palabras propias de la investigación científica más avanzada, como *ondas gravitacionales, gravedad cuántica o materia oscura*. Podríamos seguir la lista con otras que también aparecen con frecuencia, como *Relatividad general, supernovas, Teoría de cuerdas, quarks, gluones, caos, redes complejas, etcétera*. Todas ellas tienen un significado científico preciso y, a la vez, poca gente podría explicarlas. Sin embargo, son noticia en los medios y ya forman parte del

vocabulario común. La comunicación de la ciencia ha mejorado mucho, y resultados novedosos de, por ejemplo, la Física encuentran un lugar en la información que consume un público con ciertos conocimientos de base, pero sin formación especializada.

Parece así inevitable preguntarse por qué interesan estos temas. ¿Le interesan a la gente común? O, más sorprendente aún, por qué se aceptan afirmaciones que contienen conclusiones generales repetidas y absolutas como «Esto va a

cambiar completamente nuestra manera de ver el universo».

Para que una persona de cultura media pueda comprender las investigaciones contemporáneas, alguien ha tenido que «traducir» el lenguaje científico a conceptos comprensibles. Solo de este modo el tema en cuestión podrá ser divulgado con posibilidades de éxito. Aunque ese objetivo se haya logrado, no explica por qué algunos temas se ponen de moda y otros no, a pesar de ser todos tan lejanos a la vida cotidiana.



—**Escultura de Rogan Brown.** Las ondas gravitacionales pueden compararse con las ondas que se mueven en la superficie de un estanque o las del sonido en el aire. Deforman el tiempo y el espacio y, en teoría, viajan a la velocidad de la luz.

LOS TEMAS «DE MODA» EN LA FÍSICA.

Si revisamos la prensa encontramos que las noticias científicas que se mantienen en primer plano durante más tiempo suelen estar relacionadas con algunos asuntos particulares de la investigación. Dentro de la Física ocupan un nivel destacado las que explican el desarrollo de nuevas tecnologías y nuevos materiales. Sobre todo cuando tienen perspectivas de aplicación novedosa, aunque sea remota. Así ocurrió con las nanotecnologías, con los nuevos materiales como el grafeno o con la generación de energías alternativas, más económicas y renovables.

También concitan interés las investigaciones relacionadas con nuevos conocimientos sobre el universo. Saber que habitamos un espacio finito y en expansión supuso en su día un gran descubrimiento. Desde entonces, conocer nuevos detalles sobre su evolución desafía permanentemente nuestros conocimientos.

La *Teoría de los temas cosmológicos* proviene de dos capítulos de la Física desarrollados en la primera mitad del siglo xx: la *Relatividad general* y la *Mecánica cuántica*. En los años setenta aún se hablaba de la preocupación de **Einstein** por construir una *Teoría del campo unificado*; una hipotética teoría que unificaría las cuatro interacciones fundamentales de la naturaleza.

El unificar las fuerzas en el comienzo del universo ha sido siempre una aspiración de los físicos, pero la *Relatividad* y la *Mecánica cuántica* parecen irreconciliables. Periódicamente, se proponen nuevas teorías para fundamentar una *Gravedad cuántica* (como las *Teoría de cuerdas*), pero aún siguen sin evidencia experimental alguna.

La *Teoría del campo unificado* —como se solía llamar a esa aspiración entre 1950 y 1970—, alcanzó relevancia social después de la Segunda Guerra Mundial, cuando se comenzaron a discutir los alcances éticos de la ciencia y el papel del científico en la sociedad.

En este marco tendríamos que recordar la famosa carta que le enviaron **Einstein** y su amigo **Leo Szilard** al presidente **Roosevelt** apoyando el «Proyecto Man-

hattan» que, como se sabe, desarrollaba una bomba atómica en los Estados Unidos con el objetivo de tenerla antes que la Alemania nazi. Los científicos, y en general toda la sociedad occidental, temían el poderío militar del Tercer Reich, que hasta 1942 parecía imbatible.

Construida la bomba en julio de 1945, y después de los ataques de Hiroshima y Nagasaki, los científicos se convencieron de las consecuencias de liberar un poder destructivo desconocido hasta entonces, la energía atómica, para dejarlo en manos de quienes podían usarlo tanto para hacer el bien como para destruir el planeta.

Muchos científicos entonces se manifestaron públicamente contra el uso militar de la tecnología nuclear y el crecimiento imparable de la carrera armamentística, que duró toda la Guerra Fría. La militancia pacifista de científicos como **Einstein**, **Oppenheimer** y tantos otros, no disminuía la responsabilidad ética que habían contraído previamente al participar en investigaciones de consecuencias impredecibles.

El dramaturgo **Bertolt Brecht** publicó entonces una obra, *Terror y miserias del Tercer Reich*, que incluía una interesante discusión sobre el papel de los físicos en la sociedad, luego tratado con amplitud en su posterior *La vida de Galileo*, escrita en pleno debate sobre la bomba atómica. **Brecht** no presenta a **Galileo** como una víctima, sino como un hombre que atraviesa un cambio de época, y eso le acerca mucho a la sociedad actual. El argumento de fondo es, precisamente, la responsabilidad de la ciencia en un mundo cambiante.

El éxito de la obra nos demuestra que las noticias científicas logran más impacto si investigadores célebres —de **Albert Einstein** a **Stephen Hawking**— aparecen, con sus anhelos y contradicciones, en la divulgación de las novedades científicas. Por eso los periodistas destacan siempre su participación, ya sea para alabarles o para finalizar sus artículos con una frase como «y este fue el mayor error de **Einstein**».

Demostrar que uno de los grandes se equivocó en algo ha resultado ser un

motor notable para nutrir el interés de algunos periodistas especializados y, por extensión, del público en general.

Los diarios de mayor tirada ya incluyen secciones dedicadas a la divulgación científica, bien es verdad que con perfiles muy diversos. Por eso, nos centraremos aquí en los grandes proyectos internacionales. No solo los que impacten por su tamaño y su coste, sino porque en sus fundamentos también aparezca el científico más famoso de la historia contemporánea: **Albert Einstein**.

LA MAGIA DE LA CIENCIA. Más allá del interés histórico dentro de la Física, sorprende que una teoría —aunque posea un enorme valor y belleza matemática y se encuentra formulada hace un siglo— se convierta en una noticia de interés general. Se atribuye al escritor **Jorge Luis Borges** la afirmación «En el mundo no hay nada más viejo que el diario de ayer», algo que podemos verificar todas las mañanas. Entonces, ¿por qué una noticia tan vieja como la *Teoría de la relatividad* aún interesa tanto?

Por un lado, los científicos que no cejan en el empeño de diseñar un dispositivo para refutar a **Einstein**, al que el imaginario público considera un genio incomparable. Sin embargo, un somero repaso histórico mostraría que la ciencia, y en particular la Física moderna habitual, ha sido y es principalmente el fruto del esfuerzo colectivo de una comunidad de investigadores mucho menos famosos.

En palabras de **Thomas Kuhn**, físico y filósofo de la ciencia, las grandes aportaciones individuales (como las que se atribuyen a **Newton** o a **Einstein**), ocurren en momentos «de un cambio de paradigma». Es decir, cuando un conjunto de nuevas ideas se elevan a la categoría de principios. Estos proporcionan un marco de trabajo del que nacerá, metodológicamente, un enfoque novedoso de la realidad, pero basado en ideas anteriores que aún sobreviven. Cada nuevo paradigma que se propone nos permite explicar la realidad de una manera más eficaz.

La mayoría de los científicos que ha conocido la Humanidad ha trabajado en



—*Escultura de Rogan Brown*. Las frecuencias de algunas ondas coinciden con las del sonido, por lo que pueden traducirse para que se perciban en forma de leves pitidos.

extraer todas las consecuencias posibles de ese conjunto de ideas novedosas. Lo podemos comprobar revisando los archivos periodísticos. Por ejemplo, ocurrió con la presentación pública del proyecto LIGO [*Laser Interferometer Gravitational-Wave Observatory*] para la detección de *ondas gravitacionales*. En un primer momento crearon una fuerte expectativa gracias al anuncio de la detección directa de *ondas gravitacionales*. Se confirmaba así una de las predicciones implícitas en las ecuaciones de campo de la *Relatividad general* de **Einstein**.

La historia del proyecto LIGO se nutrió de los elementos que hemos citado como necesarios para tener una noticia científica: un gran proyecto, el nombre de **Einstein** involucrado y un resultado positivo largamente buscado. En este caso, además, relacionado con el origen del universo. ¿Qué más se puede pedir?

En la Física, incluyendo la Astrofísica y las observaciones astronómicas, destacan algunas investigaciones que, por su envergadura, sobrepasan las posibilidades de financiación de un solo país. Existen muchos ejemplos, que van desde las exploraciones para obtener energía nuclear de fisión de dos núcleos ligeros, hasta los grandes aceleradores de partículas o los observatorios para la detección de neutrinos, situados bajo tierra, en las antiguas minas.

Los grandes proyectos de la Física nuclear se asocian a los aceleradores (lineales o en anillo), que a su vez reúnen varios proyectos derivados para la detección de las partículas producidas. Entre ellos el famoso ALICE [*A Large Ion Collider Experiment*] o el LHC [*The Large Hadron Collider*], que ha logrado detectar por primera vez el célebre *bosón de Higgs*, que sería el responsable de dotar a la materia de la propiedad llamada «masa».

Los grandes observatorios astronómicos terrestres, como los de Canarias, Chile, Mauna Kea o Hawái, también se han convertido en una fuente de novedades que completan nuestro conocimiento sobre el universo. Las últimas décadas del siglo xx vieron nacer, como consecuencia de la llamada «carrera espacial», una lí-

nea de proyectos de observación científica que nos ha proporcionado buena parte de la información más valiosa que hoy tenemos sobre el universo. Entre ellos, los satélites, las sondas enviadas a explorar el sistema solar (por ejemplo, *Pioneer*) o los equipos de medición y experimentación que se destinan a la Estación Espacial. Y, principalmente, telescopios espaciales como el *Hubble*, y otros menos conocidos, como el *Spitzer*, lanzado en 2003.

Conseguir que uno de estos proyectos se ubique en un país supone un logro político notable. No se trata solo de garantizar la viabilidad tecnológica o discutir las aportaciones económicas de cada participante, sino también asegurar una logística adecuada. Por esa dificultad, muchos centros de diferentes países se asocian para conseguir un intercambio permanente, tanto instrumental como científico, derivado del proyecto principal.

MÁS ALLÁ DE LOS SENTIDOS. La invención del telescopio se atribuye a **Hans Lippershey**, fabricante alemán de lentes, y tendría motivación militar: detectar al enemigo a la mayor distancia posible. De hecho, su primer nombre fue «lente espía». Informado **Galileo** del invento, construyó el suyo en 1609, con el que descubrió cuatro de las lunas de Júpiter o las manchas de la Luna. Con un telescopio, el hombre supera los límites impuestos por su evolución biológica.

Conocemos el resultado de la historia y sus consecuencias. Con la observación astronómica a distancias cada vez a mayores, se supo que muchos principios universalmente aceptados estaban desconectados de la realidad, por lo que perdieron vigencia. Una vez más, la tecnología modificó el pensamiento humano.

Ernesto Sábato, físico y escritor argentino, en su primer libro, *Uno y el Universo*, definió el telescopio como aquel «dispositivo que sirve para observar las estrellas y refutar a **Aristóteles**».

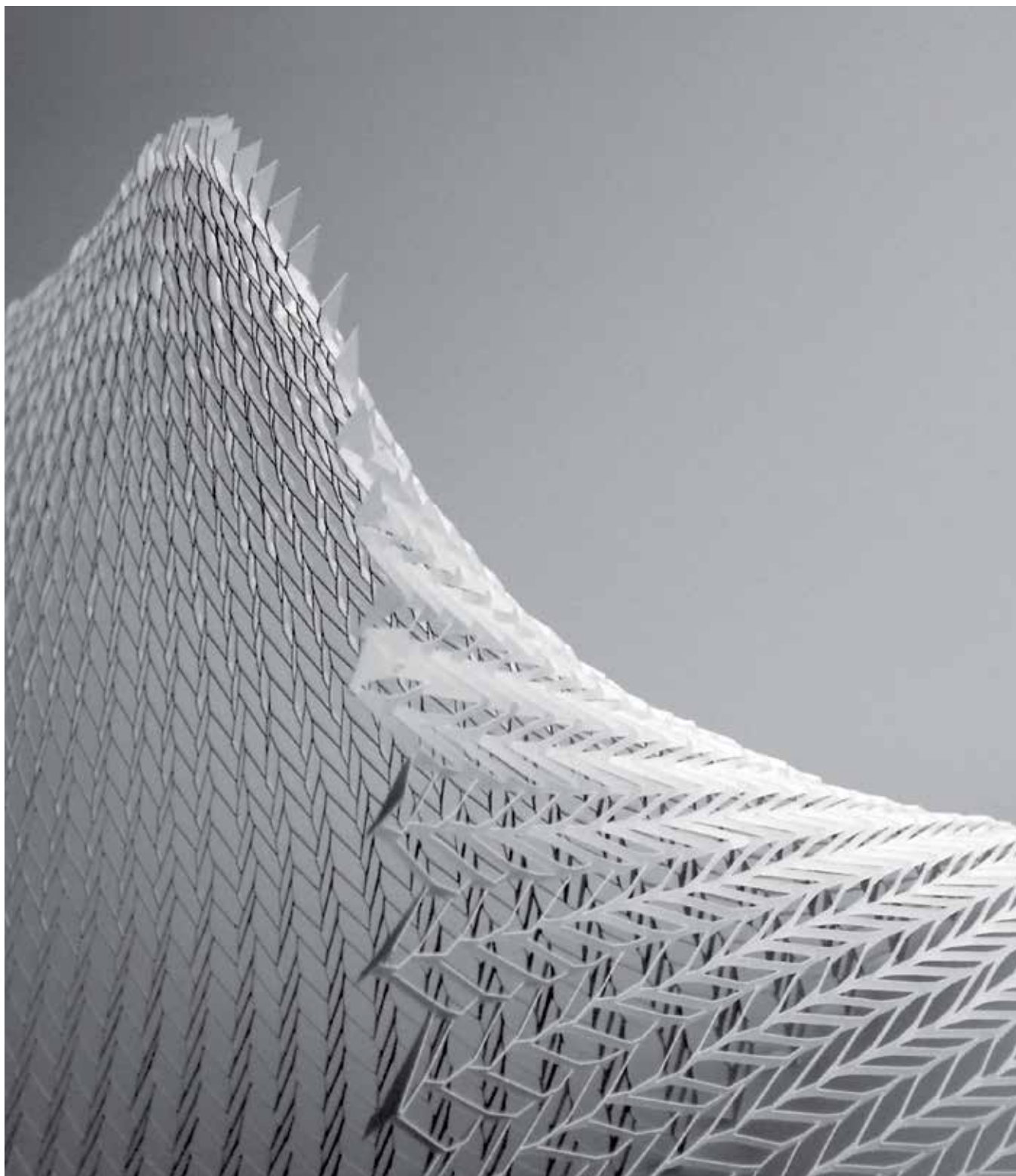
Más allá de toda connotación filosófica, **Sábato** expresaba el nacimiento de un nuevo paradigma, la ciencia moderna, y la muerte de la cosmovisión anterior. Hablaba de una pre-ciencia de

contenido fundamentalmente especulativo a los avances técnicos para observar la naturaleza.

Con **Newton** aparecen por primera vez tres características que ya no faltarán en la evolución de la Física: el reduccionismo metodológico, el lenguaje matemático y el experimento como criterio para establecer la verdad de una afirmación científica. Según confesó el mismo **Newton**, él se apoyaba sobre gigantes —**Galileo**, **Kepler** y **Copérnico**—. La aportación de mejores telescopios, la aplicación del método experimental y la observación directa de la naturaleza transformaron lentamente todo el pensamiento occidental. Gracias a esta evolución, los astrónomos aprendieron que, para tener mayor resolución y aumentar el alcance, los telescopios tenían que ser más grandes. Una gran apertura permitía también mayor direccionalidad o separar objetos que parecen uno, como por ejemplo las estrellas dobles.

Con todo, la transformación más profunda comienza recién empezado el siglo xx, cuando los telescopios dejaron de estar basados en el *cannocchiale* de **Galileo** —un telescopio refractor basado en combinaciones de lentes— y pasaron a tener un espejo como principal componente —el telescopio reflector o newtoniano—, más sencillo de construir en grandes tamaños. De este modo, la apertura de salida del ojo astronómico pasó de unos pocos centímetros en 1650 a los dos metros y medio de los primeros telescopios reflectores, como el de Monte Wilson, o los cinco metros el de Monte Palomar, ambos en California.

A partir de los años veinte, los telescopios se ubicaron lejos de la contaminación lumínica de las grandes ciudades, en concreto en sitios montañosos, con muchos días de cielo despejado, y en alturas suficientes para que las fluctuaciones atmosféricas influyeran menos. En el telescopio de Monte Wilson, utilizado por *Hubble*, se observaron por primera vez las galaxias exteriores a la Vía Láctea. Utilizando el efecto doppler, el *Hubble* pudo comprobar la fuga de las galaxias y medir su velocidad, lo que demostró que



—**Escultura de Matthew Shlian.** Las ondas gravitacionales nos aportan un sentido más y permiten saber qué está pasando allí donde hasta ahora no veíamos nada, por ejemplo en un agujero negro.

las predicciones teóricas de **Aleksandr Friedmann** y del sacerdote católico **Georges Lemaître** sobre la expansión del universo eran más que una hipótesis.

En 1946, el físico teórico norteamericano **Lyman Spitzer** escribió un trabajo titulado *Las ventajas astronómicas de un observatorio con base en el espacio* y fijó una meta científica de alcance insospechado. Paulatinamente se fueron cumpliendo etapas hasta que, por fin, se conquistó el sueño de viajar a la Luna imaginado por **Julio Verne**. ¿Se cumpliría también el sueño de **Spitzer** de instalar esos nuevos ojos de exploración del universo más allá de la superficie de la Tierra?

En 1965, mientras realizaban mediciones con antenas de microondas, los estadounidenses **Arno Penzías** y **Robert Wilson** comprobaron la existencia del llamado «fondo cósmico de microondas» (CMB, por sus siglas en inglés) y dieron comienzo a la exploración cosmológica con microondas. Verificaron que la temperatura medida coincidía con los cálculos que realizó el soviético **George Gamow** en 1949, y confirmaron la existencia de esa especie de «explosión» inicial que llamamos Big Bang: la *Teoría del átomo fundamental* pronosticada por **Lemaître** dos décadas antes.

Los grandes telescopios terrestres fueron la semilla de los grandes observatorios que hoy conocemos, donde suelen coexistir varios tipos simultáneamente. Ellos son los nuevos ojos del planeta para observar el universo, un paso más en la construcción de un dispositivo cada vez mejor que refute a **Einstein**.

En 1962, justo cuatro años después del congreso donde se proyectó la creación de la agencia espacial norteamericana (la famosa NASA), la Academia Nacional de Ciencias pidió a un grupo de astrofísicos estudiar la instalación de un gran telescopio espacial. Una meta a largo plazo que, sin embargo, se alcanzó antes de terminar el siglo xx con *Hubble*. Hasta hoy, este telescopio espacial sigue prodigando las mejores imágenes del universo de las que disponemos.

En la actualidad tenemos magníficas imágenes de cuerpos y procesos astrofí-

sicos provenientes de muchos telescopios, situados tanto en la superficie de la Tierra como en el espacio, que han ampliado nuestra capacidad de observación, prácticamente, a todo el espectro electromagnético. La NASA ha mejorado su sistema con un trío de ellos en el espacio: el Observatorio *Compton* de Rayos Gamma, el Observatorio *Chandra* de Rayos X y el citado telescopio *Spitzer* para radiación infrarroja de entre tres y 180 micrones de longitud de onda. La Agencia Espacial Europea (ESA), con su laboratorio espacial *Herschel*, completa la visión del infrarrojo lejano —entre 55 y 672 micrones— y cubre el rango entre el *Spitzer* y las instalaciones terrestres de radiofrecuencias.

HASTA DONDE ALCANZA LA VISTA.

Las ondas electromagnéticas nos han permitido ver el universo con todos sus colores, más allá de los del arcoíris que detectamos con nuestros propios ojos. Observar a distancias cada vez mayores nos permite ver cómo viaja la luz por el espacio con una velocidad limitada, algo que equivale a retroceder en el tiempo. ¿Cuál es el límite de distancia que podríamos observar? Si quisiéramos retroceder en el tiempo para estudiar el universo en los primeros instantes después del Big Bang... ¿hasta dónde podríamos llegar?

Para hacernos una idea sobre el tiempo transcurrido desde el origen, necesitamos poder recordar que la luz viaja por el vacío con una velocidad de casi 300 000 kilómetros por segundo. Esto significa que la luz que nos llega desde la Luna se emitió un segundo antes del momento en el que la vemos. La que proviene del Sol tarda unos ocho minutos y medio en llegar pero la luz desde la estrella más cercana al Sol —Próxima Centauri— necesita unos cuatro años. La procedente de la galaxia más cercana, Andrómeda, más de dos millones de años. Si en un tiempo menor a los citados alguno de esos objetos hubiera desaparecido, no lo sabríamos hasta transcurrido ese periodo.

La radiación más antigua que tenemos registrada es el citado «fondo cósmico

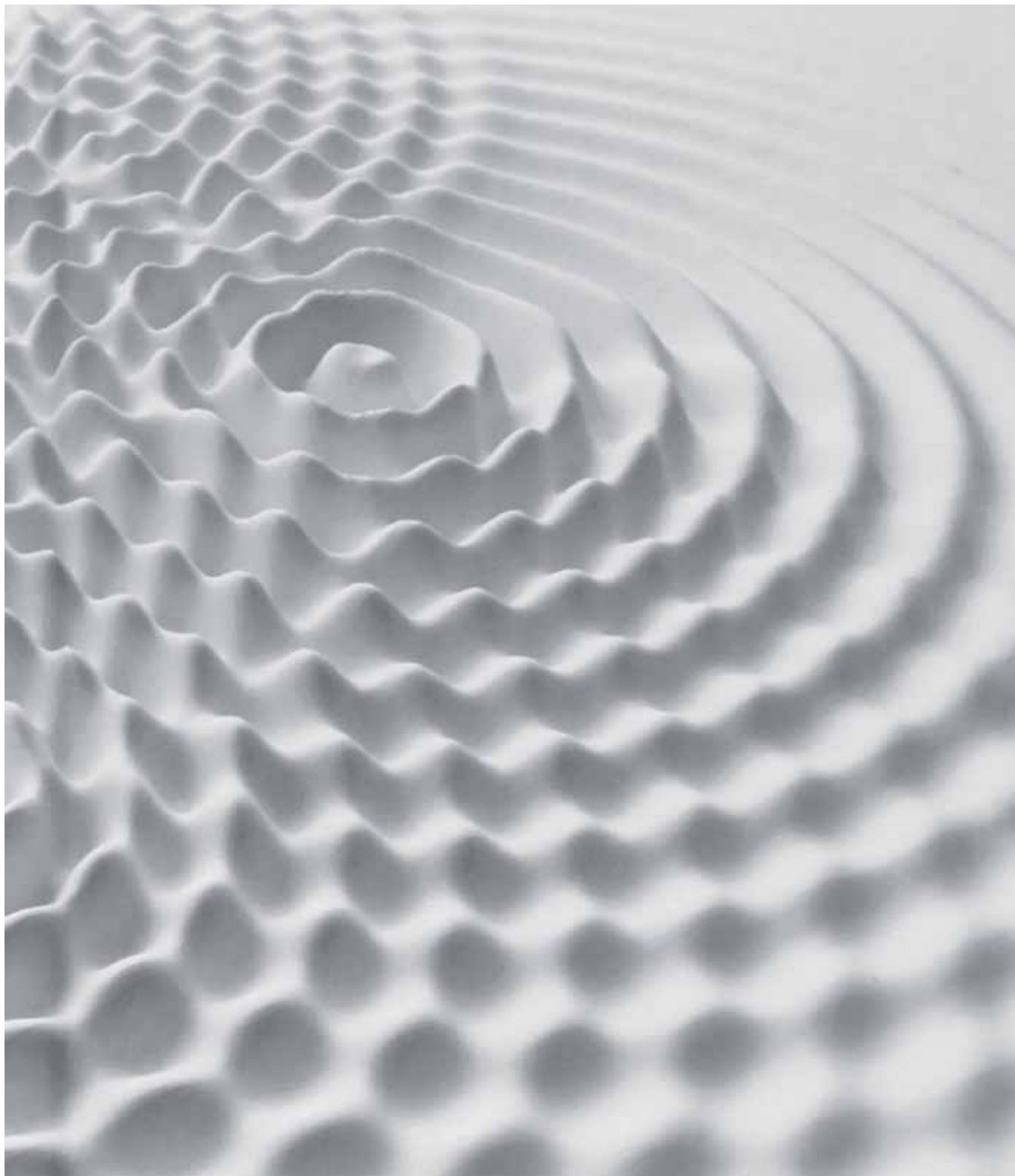
de microondas» (CMB), producido unos 380 000 años después del Big Bang. Es decir, hace unos 13 000 millones de años. Antes de ese momento, el universo era completamente oscuro a la radiación electromagnética y los telescopios no servirían para una observación directa.

LAS ONDAS GRAVITACIONALES. ¿Cómo debemos mirar para observar lo que ocurrió en los primeros instantes del universo? Evidentemente, necesitamos conocer «algo» que haya ocurrido entonces y buscar una manera de detectarlo. De nuevo aparece **Einstein** con una consecuencia de su *Teoría de la relatividad* que, recordemos, es una teoría sobre la gravedad.

Desde que **Einstein** presentó sus ecuaciones de campo hace cien años se supo que existía la posibilidad de que grandes masas aceleradas pudieran alterar el espacio-tiempo. Según la *Relatividad*, estas ondas deberían producirse en regiones del espacio donde existieran enormes masas aceleradas. El primer caso se da en el propio *Big Bang*. Luego, por ejemplo, en la fusión de dos agujeros negros o de galaxias, en parejas de estrellas de neutrones, supernovas, etcétera. Las masas aceleradas emitirían una radiación gravitatoria en forma de ondas que se propagaría por el espacio-tiempo a la velocidad de la luz en el vacío. Cualquier objeto con masa alcanzado por esas ondas vería alterada su posición o, en el caso de un haz de luz propagándose, su camino óptico. Si midiendo esas alteraciones pudiéramos «ver» esas ondas, tendríamos un método para detectar el origen.

El mismo **Albert Einstein** dudaba de la posibilidad de verificación al tratarse de un fenómeno muy débil a causa de las enormes masas necesarias y la gran distancia a la que podrían producirse esos fenómenos masivos. La dificultad, por tanto, se encontraba en la comprobación experimental de su teoría.

Hace unas semanas se anunció que los investigadores del proyecto LIGO habían podido realizar la primera observación directa de ese tipo de ondas. Es decir, han



—**Escultura de Loris Cecchini.** Para cuando las ondas gravitacionales llegan a nuestro vecindario, son tan débiles, que detectarlas constituye uno de los mayores retos tecnológicos a los que se ha enfrentado la Humanidad.

transcurrido cien años para contar con las técnicas que posibilitaran el experimento, además de haberse producido la maduración teórica y de los métodos numéricos de simulación necesarios. Y sobre todo conseguir la invención y el desarrollo de los láseres, que son los sensores utilizados en este tipo de observaciones.


SABER MIRAR DE NUEVO. Medir propiedades del universo a través de la fuerza de gravedad, como es el caso de la detección directa de ondas gravitacionales, amplía nuestras posibilidades de percepción. Con ellas se puede determinar la posición del origen, la distancia, etcétera. Esto nos proporciona una fuente de información alternativa a las observaciones astronómicas conocidas en el campo electromagnético. Por eso su confirmación supone una gran ayuda en la observación del cosmos.

Para conseguirlo ha sido necesario construir el instrumento de observación óptica más grande y preciso, basado en la interferometría láser. Para hacernos una idea de su precisión, digamos que es capaz de detectar una diferencia de unas diez milésimas en el diámetro de un núcleo atómico. El proyecto lo iniciaron en 1983 dos universidades estadounidenses muy conocidas hoy: CalTech [California Institute of Technology] y el MIT, en las que participan más de mil investigadores de quince países. Gracias a ese equipo se pudo construir el LIGO, un instrumento formado por dos detectores idénticos desplegados a tres mil kilómetros uno del otro.

Con estos pocos datos podemos imaginar la enorme magnitud de ese proyecto, que ha detectado una señal procedente de una fusión sucedida hace nada menos que 1 300 millones de años. En concreto, la violenta reunión de dos agujeros ne-

gros, cuya masa es treinta veces mayor que la solar. Los dos agujeros colapsaron en uno, y liberaron una energía equivalente a tres masas solares que fue despedida en forma de ondas gravitacionales en una fracción de segundo.

El LIGO, sin embargo, no es el único experimento dedicado a esta tarea observacional. Existen iniciativas europeas, como el proyecto VIRGO o el LISA Pathfinder, un programa para situar estas observaciones en el espacio, su ámbito natural.

En resumen, contamos con todos los ingredientes para que las investigaciones científicas sean noticia, una vieja aspiración que poco a poco se va alcanzando gracias a la mejora de la divulgación. Con ella, la sociedad ha adquirido una nueva sensibilidad hacia la ciencia, capaz ahora de desentrañar el universo gracias a un megaproyecto que lleva el nombre de **Einstein** unido a su futuro. 

DATOS

Interés científico en España

La imagen que los españoles tienen de la ciencia y la tecnología ha mejorado en últimos años. Al 15 por ciento de los ciudadanos le gusta los temas relacionados con la actualidad científica. Mientras que hace diez años no llegaba al 7 por ciento. Un dato que se ve favorecido por el uso generalizado de internet. Se trata de cifras reflejadas en la séptima encuesta de Percepción Social de la Ciencia y la Tecnología, presentados en 2015 por la Secretaria de Estado de Investigación, Desarrollo e Invocación, **Carmen Vela**, y el director general de la

Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología (FECYT), **José Ignacio Fernández Vera**. La población española conoce más y muestra mayor interés en temas relacionados con la ciencia y la tecnología. Además, un 59,5 por ciento afirma que la ciencia ofrece más beneficios que perjuicios, lo que supone un aumento del 12,2 por ciento. Solo el 5,3 por ciento de la sociedad opina lo contrario, una circunstancia relevante si se considera que un 23 por ciento de los españoles aumentaría el gasto público en el sector de la ciencia, casi

la misma cifra de los que piden aumentar el gasto destinado a la vivienda o la Administración de Justicia. Los datos entre la población joven son los más favorables. El 24,6 de los jóvenes de 15 a 24 años manifiestan ese interés, «una excelente noticia», según **Carmen Vela**. Sin embargo, no todos los datos son buenos. Por ejemplo, la brecha de género: actualmente el número de hombres interesados en la ciencia y la tecnología duplica al de mujeres, incluso en los más jóvenes. Según la FECYT, se trata de uno de nuestros principales retos.

En cuanto a las fuentes de información científica, internet ocupa el primer lugar para un 39,8 por ciento de los ciudadanos. El 30,7 por ciento usa las redes sociales como canal de información: el 91 por ciento a través de Facebook, el 47,7 por ciento se informa en Twitter y el 21,5 por ciento en Instagram. España se sitúa entre los países más tolerantes con temas tan polémicos como la modificación genética. Por último, el estudio revela que uno de cada cuatro españoles no está interesado en los temas científicos, principalmente porque no los entiende.