CUÁNTICA Y HUMANIDADES

Las ruedas de la ciencia

Sonia Fernández Vidal



Tiempo y tecnología. Conceptualización: Luisa Quiroga

“Cuando nuestros genes no pudieron almacenar toda la información necesaria para la supervivencia, inventamos lentamente los cerebros. Entonces llegó el momento, hace quizás diez mil años, en qué necesitamos saber más de lo que podía contener adecuadamente un cerebro. De esta manera aprendimos a acumular grandes cantidades de información fuera de nuestros cuerpos.
Según creemos, somos la única especie del planeta que ha inventado una memoria comunal que no está almacenada ni en nuestros genes, ni en nuestros cerebros. El almacén de esta memoria se llama biblioteca.
Un libro se hace a partir de un árbol. Es un conjunto de partes planas y flexibles, denominadas todavía hoy hojas, impresas con signos de pigmentación oscura. Hay bastante con echarle un vistazo para escuchar la voz de otra persona que quizás murió hace miles de años. El autor habla a través de los milenios de manera clara y silenciosa, dentro de nuestra cabeza, directamente a nosotros.
La escritura es, probablemente, el invento humano más importante. Un invento que une personas, ciudadanos de épocas distantes, que nunca se conocieron entre sí. Los libros rompen las ataduras del tiempo, y demuestran que el hombre puede hacer cosas mágicas”.

CARL SAGAN [1]

Al recibir el encargo de escribir sobre física y literatura, estas palabras de Carl Sagan acudieron a mi mente. Hasta ahora no he encontrado una descripción que se ajuste más, y al mismo tiempo sea tan poética, sobre aquello que los libros han significado para nuestra civilización. Probablemente por el énfasis que pone al autor en su potencial para la

transmisión de conocimiento. Precisamente, en el campo del conocimiento moderno, hay un área que despierta tanta pasión como temor: la teoría cuántica. Temor, ya que se ha utilizado como bisagra y expresión coloquial para poner dentro del mismo saco todo aquello que suena complicado. Pasión porque su extrañeza consigue fascinar y atrapar nuestra imaginación como si se tratara de un agujero negro. Así pues, es totalmente comprensible que esta apasionante área de la investigación moderna se alce como la mejor candidata para que la literatura haga su juego de magia y la utilice como palanca de nuestra imaginación.

¿Sabe física un león?

Cuando empezaba la carrera de Física, una mañana escuché una reflexión brillante de un profesor sobre las dificultades que tenemos para entender la teoría cuántica. Todos hemos disfrutado alguna vez de los fascinantes reportajes sobre el mundo animal. Una escena común en estos documentales es la de un león que intenta cazar una rápida gacela. Con el corazón en un puño, vemos cómo la gacela empieza a ganar distancia con respecto a su depredador hasta que, finalmente, el león se para resignado y deja escapar a su presa. Si nos paramos a pensar sobre este hecho aparentemente simple, nos daremos cuenta de que mientras el felino está en plena carrera, realiza unos cálculos nada triviales: calcula su propia velocidad y la de la gacela, computa el resto vectorial entre ambas y, cuando se da cuenta que el módulo —es decir, la distancia entre depredador y presa— aumenta, entonces se da por vencido y reserva sus fuerzas para otra caza.

No obstante, cualquier estudiante de física de bachillerato tendría dificultades para plasmar sobre el papel estos cálculos. Y aquí surge la pregunta: ¿puede ser que los leones sean expertos en física? La respuesta es que sí. Los leones, igual que los otros animales —incluidos los humanos— han desarrollado a lo largo de su evolución una manera intuitiva de utilizar la física en su día a día. Sin la física, nosotros tampoco sobreviviríamos a la jungla de asfalto. Lo que denominamos *física clásica* surgió de nuestra observación cotidiana del mundo que nos rodea. Podíamos prever los ciclos lunares a partir de la observación del cielo, o definir la trayectoria de un tiro parabólico al analizar lo que sucedía al lanzar flechas y piedras.

Sin embargo, cuando nos adentramos en el mundo de la física moderna, nos alejamos de la experiencia ordinaria del ser humano. Es lógico que nos cueste entender qué sucede cuando nos movemos a velocidades próximas a la de la luz, cuando la velocidad más rápida a la cual se pudo llegar a principios del siglo XX era de unos 100 kilómetros por hora. ¿Cómo podemos comprender intuitivamente el principio de incertidumbre de un electrón, si nuestros ojos no han evolucionado para percibir esta diminuta partícula?

> Los átomos juegan con unas reglas muy diferentes de las que estamos acostumbrados a ver y hacen cosas que nos parecen imposibles

La mecánica cuántica analiza fenómenos que quedan fuera del rango ordinario de la experiencia humana, alejados de nuestra visión intuitiva de la realidad. Hasta ahora nunca lo hemos necesitado para sobrevivir. Pero esta misma limitación queda fragmentada por nuestra capacidad de imaginar los escenarios más inverosímiles, tan propios del género de la ciencia-ficción o la fantasía. Este es el terreno en el cual la literatura puede ayudarnos, quizás no a transmitir con exactitud las vicisitudes cuánticas, pero sí a encender la llama de la curiosidad que nos impulsa a seguir aprendiendo.

¿Qué es la física cuántica?

Desde la noche de los tiempos, el ser humano ha sentido la necesidad de comprender el universo. La cúspide de esta búsqueda, en el campo de la física actual, se organiza alrededor de dos grandes teorías: la cuántica y la relatividad. Mientras la relatividad nos describe el mundo macroscópico y los movimientos de las galaxias, la teoría cuántica nos revela la enigmática conducta de los átomos y sus diminutos constituyentes, los ladrillos que forman todo aquello que nos rodea… e incluso a nosotros mismos. Estas partículas diminutas juegan con unas reglas muy diferentes de las que estamos acostumbrados a ver en nuestro día a día. Hacen cosas que nos parecen imposibles: pueden aparecer de la nada, estar en dos lugares a la vez, comportarse como onda o como corpúsculo dependiendo de cómo se las mire, atravesar paredes, compartir *conexiones fantasmales* (en palabras del mismo Einstein) y muchas otras aparentes extravagancias.

La nueva física nos invita a desafiar nuestras creencias y a reformularnos preguntas de gran belleza intelectual: ¿existe una realidad única y objetiva? ¿Está la Luna en el cielo cuando no la miramos? ¿Seguimos un guion determinado en nuestra existencia o lo escribimos a medida que vamos viviendo? Aunque la física cuántica sigue inquietando a quien pretenda comprenderla racionalmente, su radio de acción supera el abstracto y alejado terreno de las ideas. Podríamos caer en el error de pensar que esta ciencia es de dudosa credibilidad y está basada sólo en especulaciones. Pero lo cierto es que es la teoría más precisa que ha tenido entre manos la ciencia. No se conoce, hasta ahora, ningún experimento que la desmienta ni ninguna predicción fallida. Ante la teoría cuántica, tenemos dos opciones: la primera, “calcula y calla” para obtener todo tipo de avances tecnológicos. La segunda, atreverse a interpretar lo que el universo nos está intentando decir.

Si optamos por la primera aproximación, no viviremos la confusión inquietante a la que no lleva la física cuántica y sus paradojas. Pero si queremos ir más allá de las ecuaciones para sumergirnos en los provocadores misterios del mundo cuántico, cruzaremos las fronteras de la física para adentrarnos en el territorio de la filosofía, incluyendo la metafísica —etimológicamente: más allá de la física. Sobre esto, existe una anécdota sobre un estudiante que se atrevió a preguntar al premio Nobel, Richard Feynman: “Qué es realmente la función de onda cuántica”?. El profesor se limitó a responder: “Chiss, antes cierra la puerta.”

Pequeñas grandes preguntas

En mis charlas sobre iniciación a la física, me gusta empezar preguntando: ¿qué es la ciencia para ti? A menudo veo muecas de tensión en las caras de la audiencia. Seguramente sus mentes se trasladan a la época estudiantil, cuando se enfrentaban a aquellas diabólicas ecuaciones matemáticas, llenas de números y extraños símbolos que poco —o nada— les conseguían transmitir. Como resultado de aquellas experiencias, la gran mayoría de personas asocian la ciencia a una cosa complicada, aburrida, alejada de su día a día y de sus preocupaciones cotidianas. Sin embargo, la ciencia puede aportar mucho más a nuestra vida que estas fórmulas crípticas que sólo unos cuantos consiguen entender. Nos abre las puertas a un mundo fantástico en el cual la imaginación y los sueños atraviesan las fronteras de lo imposible para sorprendernos al convertirse en realidad. ¿Conseguiremos algún día teletransportarnos? ¿Tendremos un DeLorean —el coche de *Regreso al futuro*— aparcado en el garaje para viajar en el tiempo? ¿Podremos explorar galaxias lejanas desafiando la velocidad de la luz? ¿Llegaremos a disfrutar de capas de invisibilidad como la de Harry Potter?

Son preguntas que nos hacemos de niños, pero cuando maduramos nos van convenciendo de que la fantasía se tiene que quedar en el mundo de los sueños y no en el del práctico día a día. Hace poco leía que un niño de 4 años se hace una media de 473 preguntas al día. Empezamos nuestra vida siendo pequeños exploradores y desinhibidos investigadores, sin miedo al fracaso. Un buen ejemplo de eso lo describe la anécdota de un compañero al explicarle a su hija pequeña la teoría de la relatividad: “La pasada noche le expliqué que la velocidad de la luz es el límite de velocidad del universo. Me quedé mudo cuando me preguntó: entonces papa… cuál es la velocidad de la oscuridad”? Las preguntas que nos hacen los más pequeños pueden parecernos engañosamente sencillas, pero a menudo son las que han conseguido transformar nuestra visión del cosmos. ¿Por qué a medida que crecemos dejamos de formularlas?

Los adultos —quizás porque estamos ocupados con nuestras cábalas diarias, o quizás porque arrastramos nuestros propios miedos al fracaso— no sabemos enfrentarnos a preguntas como la siguiente: “Si la luna da vueltas en torno a la Tierra, y la Tierra da vueltas en torno al Sol… En torno a qué da vueltas el Sol”? Muy a menudo nos quedamos paralizados y respondemos una cosa parecida a: ¿“no quieres salir a jugar un rato? Así no molestas los grandes”. No existe manera más efectiva de cortar las alas que permiten volar a nuestros pequeños exploradores. Sin embargo, si aceptamos la invitación que nos brinda un niño al hacernos esta pregunta, podemos llegar a descubrir una cosa sorprendente.

> La física cuántica analiza fenómenos que quedan fuera del rango ordinario de la experiencia humana y nos invita a desafiar nuestras creencias y a reformularnos preguntas de gran belleza intelectual: ¿existe una realidad única y objetiva?

Si viajamos a 26.000 años luz de nuestro planeta, nos encontraremos con el centro de la Vía Láctea. Alguna cosa muy potente tiene que habitar allí a fin de que todas las estrellas, incluido nuestro Sol, giren a su alrededor. Y, efectivamente, es así: nos encontramos un agujero negro supermasivo, que pesa millones de veces más que nuestro Sol. Y eso no sólo sucede en nuestra galaxia, sino en la mayoría de las galaxias observadas por los astrofísicos. Estos monstruosos agujeros han resultado no ser sólo destructores cósmicos, sino que tienen un papel fundamental en la creación de las galaxias y, por lo tanto, en nuestra propia existencia. Fueron ellos los encargados de agrupar el polvo interestelar, de crear las estrellas y los sistemas solares. Son un elemento decisivo para crear todo lo que ilumina el firmamento. ¡Dirigen los bailes de las galaxias!

Somos polvo de estrellas

Hay una inmensa potencialidad de la ciencia a menudo desperdiciada: ofrecernos un contexto y un significado a la vida. Cuando enseñamos ciencia a los niños, enseguida nos centramos sólo en los detalles. En resolver una ecuación o en los componentes de esta o aquella célula. Si no llevamos a los niños más allá de las estrellas, la ciencia se vuelve inerte. Pero si la comunicamos mostrándoles las grandes ideas que surgen —cómo nos permite viajar a nuevos mundos, explicar por qué calienta el Sol, o como el hierro de nuestra sangre, el calcio de nuestros huesos y el oxígeno de nuestros pulmones se forjan en las explosiones de las estrellas— entonces la ciencia toma vida. Entonces nos hacemos conscientes de que somos herederos del legado de 14.000 millones de años del universo. Dicen que la astronomía es formadora de carácter. Entender nuestro pequeño lugar, en este instante efímero del cosmos, es un viaje de humildad. Los niños son la clave para nuestro futuro, por eso es importante que empiecen a explorar las cosas grandes desde pequeños. Eso hace imperativo centrar nuestros esfuerzos en que tengan a su alcance la ciencia, y no hay mejor vehículo que la literatura.

Señales de alarma

Por descontado, los más pequeños no son los únicos en quien tenemos que centrar nuestra atención. Como dice un buen amigo: los cuentos sirven para dormir a los niños y despertar a los adultos. Y los momentos que pasamos son lo bastante tortuosos. Vivimos unos días nada sencillos en el ámbito económico; en los periódicos y telediarios no paramos de recibir informaciones sobre la fuga de talento. Nuestros jóvenes, el valor futuro de nuestra sociedad, nos abandonan. En el caso de la ciencia, son alarmantes los deficitarios presupuestos en investigación. Mientras la media europea se sitúa en el 2,32% del PIB, en España nos situamos a lo lejos, con un presupuesto de 1,41% en el 2020 (aunque el efecto de caída del PIB a causa de la pandemia ayudó a aumentar la cifra). [2]

Es cierto, sin embargo, que en épocas duras y de recortes, viviendo como lo hacemos en una democracia, es justo que sea la sociedad, que seamos todos, los que decidimos donde invertir nuestro dinero y cuáles son nuestras necesidades principales. Precisamente por eso es importante que tengamos la información y el conocimiento necesarios para poder tomar estas decisiones. Que seamos conscientes de las ventajas de invertir en talento,

conocimiento e investigación. Según el Índice de Innovación de Bloomberg, los 10 países del mundo que muestran más niveles de bienestar son también los más innovadores. El punto que tienen en común es que invierten en investigación, desarrollo e innovación (I+D+i) entre el 2% y el 3% de su PIB.

La inspiración se paga a sí misma

Esta imagen, conocida como “Salida de la Tierra”, fue fruto de un gran esfuerzo de investigación: el Apolo 8 daba la vuelta por detrás de la Luna. Fue hecha hace casi 48 años, la nochebuena del 24 de diciembre de 1968.



La Tierra vista desde más allá de la superficie lunar. Fuente: NASA

En relación a esta imagen, Bill Anders, de la NASA, afirmó: “Después de todo el entrenamiento y las investigaciones que hemos desarrollado en los astronautas para llegar a la Luna y devolverlos sanos y salvos, a fin de que los humanos exploremos la órbita lunar, lo que realmente hemos descubierto es el planeta Tierra.” Sin embargo, una cosa que no se tiene en cuenta tan a menudo sobre la exploración espacial del programa Apolo es la contribución económica que supuso. Es decir, al mismo tiempo que podemos argumentar como fue de maravilloso este gran hito que nos dio fotografías como esta, nos preguntamos: ¿Costó un dineral, verdad? Se han hecho muchos estudios sobre la eficiencia del impacto económico de Apolo. El más importante fue el del año 1975, hecho por Chase Econometrics. El estudio demostró que, por cada dólar gastado en el proyecto Apolo, 14 dólares retornaron a la economía norteamericana. El proyecto Apolo se pagó a sí mismo en motivación para avanzar, en ingeniería, en descubrimientos. La inspiración se pagó a sí misma.

No es que los países más ricos inviertan en ciencia; los países son más ricos porque

invierten en ciencia. Tal como muestra el informe del Círculo Cívico de Opinión del 2012, si España hubiera invertido en I+D el mismo porcentaje que el resto de países de la OCDE desde 1970, el año 2005 habríamos sido un 20% más ricos por cabeza. El desconocimiento de los avances y de lo que suponen a fin de que sigamos evolucionando como seres humanos lo podemos llegar "a pagar caro". Como decía Carl Sagan: "Creo que nuestro futuro depende del conocimiento de nuestro cosmos, en el cual flotamos como una mota de polvo por la mañana."

Dieta mental

La gran pregunta que hay que poner sobre la mesa en estos momentos es la siguiente: ¿qué es lo que nos interesa como sociedad? Demasiado a menudo es aquello que los medios de comunicación y las diferentes marcas están potenciando. La mayoría de nosotros reconocemos sin dudar a personajes como Cristiano Ronaldo, Silvio Berlusconi, Justin Bieber, Karmele Marchante, Victoria Beckham, David Beckham, Jorge Javier Vázquez, Carmen Alcayde, Maradona, Kobe Bryant o Arnold Schwarzenegger, ya que son famosos y millonarios. Nos interesa saber qué ropa llevarán, qué coches conducirán y dónde han ido de vacaciones.

Pero hay otras personas que dejarán una huella mucho más duradera. ¿Sin embargo, cuántos científicos y científicas conocemos de entre nombres como Alexander Fleming, Manuel Elkin Patarroyo, Marie Curie, Richard Feynman, Sir Timo Berners-Lee, Wilhem Conrad Röntgen, Elizabeth Blackburn, Carl Sagan, Wojciech Hubert Zurek, Anton Zeilinger o Juan Ignacio Cirac?

Este grupo representa un colectivo que quizás no es rico ni famoso, pero son las personas que más nos han hecho evolucionar. Nos han dado la penicilina, nos han vacunado contra la malaria, luchan contra el cáncer, nos han permitido conectarnos a internet, tener aparatos de rayos X o de resonancia magnética, y una infinidad más de regalos a la humanidad. Tenemos que revisar nuestro sistema de valores y creencias que establece quién son nuestros héroes y modelos a seguir.

> Si queremos ir más allá de las ecuaciones para sumergirnos en los provocadores misterios del mundo cuántico, cruzaremos las fronteras de la física para adentrarnos en el territorio de la filosofía

De la misma manera que cuidamos los alimentos que comemos diariamente, es esencial que cuidemos de nuestra dieta mental y seamos conscientes de los contenidos que ingerimos. Quizás Jean de la Fontaine tenía razón cuando afirmaba: "Todos los cerebros del mundo son impotentes contra cualquier tontería que esté de moda." Al principio sentí aversión hacia esta afirmación. Me resistía a reconocer como es, de acertada. Después me resigné a aceptar la verdad que reflejaban sus palabras. Pero la resignación evolucionó y me dije:

¿por qué no giramos la tortilla? Si tiene que ser así, utilicémoslo a favor nuestro. Podemos conseguir que la ciencia despierte interés, que sea divertida; potenciemos el conocimiento. ¡Pongamos la ciencia de moda!



La Biblioteca de la Tierra

Podemos evolucionar como civilización o bien podemos llegar a la autodestrucción. Evitar la segunda opción pasa por hacer llegar el conocimiento a todos los seres humanos del planeta. Es nuestra responsabilidad como científicos hacer de la ciencia algo comprensible, y es responsabilidad de los organismos de educación transmitirla con pasión en las aulas. A su vez, los medios de comunicación tienen la responsabilidad de escoger de manera responsable sus programaciones, y los políticos tendrían que destinar presupuestos decentes a la investigación y a los cerebros brillantes que tenemos en nuestro país y que no tienen más remedio que marcharse al extranjero. Pero lo más importante: es nuestro derecho, el derecho de todos nosotros, disfrutar del conocimiento, ya que es el conocimiento el que nos llevará, como civilización, a conseguir todos nuestros sueños.

REFERENCIAS Y NOTAS

1 — Sagan, Carl (1980). *Cosmos*. Random House
2 — Datos extraídos de la web Bancomundial.org



Sonia Fernández Vidal

Sonia Fernández Vidal es escritora, investigadora, emprendedora y divulgadora científica. Es doctora en Óptica e Información Cuántica por la Universidad Autónoma de Barcelona, donde imparte docencia y académica numeraria de la Real Academia Europea de Doctores (RAED). Ha trabajado y colaborado con algunos de los centros más reputados, como la Organización Europea para la Investigación Nuclear (CERN), el Laboratorio Nacional Los Alamos o el Instituto de Ciencias Fotónicas (ICFO). En el mundo empresarial, es cofundadora de la empresa Gauss & Neumann. En 2017 fue seleccionada por la revista Forbes como una de las cien personas más creativas del mundo. Es autora del libro *La puerta de los tres cerrojos*, traducido a 12 idiomas. También ha escrito *Quantic Love*, novela ambientada en el CERN, y *Desayuno con partículas,* un ensayo sobre los orígenes del universo.