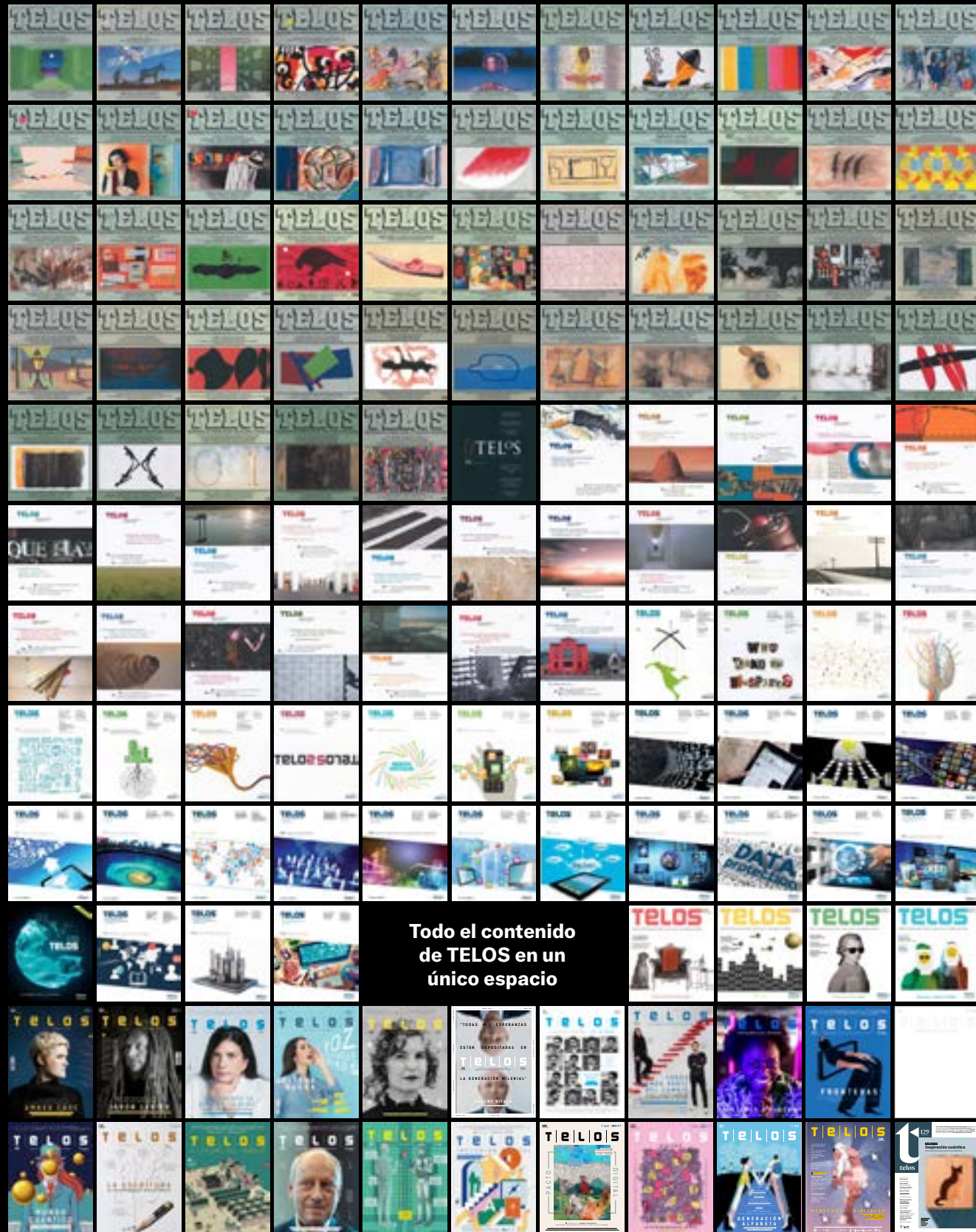


129 NÚMEROS A TU ALCANCE

CANTERA



Todo el contenido de TELOS en un único espacio

telos.fundaciontelefonica.com

Un territorio apenas explorado, un futuro inimaginable, una de las ramas de la ciencia más deslumbrantes y raras de la historia. No es extraño que la cuántica atraiga talentos jóvenes a la liga de la física. Ramón Aguado, profesor de investigación del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) en el Instituto de Ciencia de Materiales de Madrid, y Carmen García Almudéver, investigadora del grupo de Arquitecturas Paralelas de la Universitat Politècnica de València (UPV), nos han asesorado en la selección de la cantera cuántica de TELOS.

Marta Pita Vidal



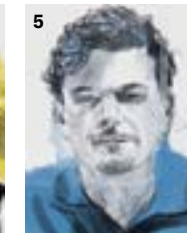
Sergio Revuelta Martínez

Pau Escofet i Majoral



Natalia Ares

Carmen Rubio Verdú



Jaime Vidal Tejada

CUESTIONARIO

- 1 ¿Quién eres y qué te llevó a la física cuántica?
- 2 ¿Cuál es tu investigación o trabajo actual y por qué te gusta especialmente?
- 3 ¿Cómo te ves a ti y a la cuántica dentro de 20 años?

TEXTO: LUIS ZURANO
ILUSTRACIÓN: JEFF BENEFIT

Talento emergente

CUÁNTICA

Marta Pita Vidal

1

TRAS EL SECRETO DE LOS CÚBITS

Marta Pita Vidal, investigadora gallega de 31 años especializada en computación cuántica. Hizo el PhD en TU Delft (Países Bajos). En la actualidad, trabaja en IBM, en el desarrollo de cúbits superconductores.

1 Me formé en centros públicos en Santiago de Compostela y continué mi formación universitaria cursando los grados de Ingeniería Física y Matemáticas a través del centro de formación interdisciplinar CFIS de la UPC, en Barcelona. Después, hice una estancia de investigación experimental de un año en el Massachusetts Institute of Technology (MIT), en Boston, donde investigué las propiedades eléctricas del grafeno. A continuación, continué especializándome en la computación cuántica. Durante mis estudios de máster y mi estancia en el equipo de Microsoft en California, trabajé en el desarrollo de cúbits topológicos implementados con nanohilos de arseniuro de indio. El doctorado lo hice en Delft, donde desarrollé un nuevo tipo de cúbit híbrido que combina las ventajas de dos tecnologías, las de los cúbits semiconductores y los superconductores, en un mismo dispositivo. Posteriormente, realicé un breve posdoctorado en IBM, en el que me centré en el desarrollo de cúbits semiconductores a base de germanio. Hoy, trabajo como investigadora en IBM, en Zúrich, desarrollando un ordenador cuántico basado en cúbits superconductores.



Marta se formó en centros públicos en Santiago de Compostela.

de vista intelectual es algo que me parece muy atractivo y que me sigue inspirando cada día.

Trabajo como investigadora en un laboratorio, desarrollando chips cuánticos a base de cúbits superconductores. Es un área que me parece particularmente atractiva, ya que requiere que muchísimos elementos diferentes funcionen y se coordinen a la perfección. En los últimos años, la computación cuántica con circuitos superconductores ha avanzado a una velocidad impresionante. Formar parte de este desarrollo es un trabajo muy dinámico y requiere estar siempre al tanto de los desarrollos en la comunidad científica. Si pestañas, te pierdes avances muy importantes.

2 Trabajar en el área de la computación cuántica permite seguir profundizando en conceptos de física cuántica fundamentales en el día a día y, a la vez, desarrollar una tecnología que tendrá impacto directo en muchos ámbitos de la sociedad. Esto siempre me pareció una combinación única, muy difícil de encontrar en otras áreas. Participar en el desarrollo de una tecnología tan puntera sin renunciar a investigar un tema superinteresante desde el punto

3 Dada la velocidad tan acelerada a la que progresa este área de investigación, es muy difícil saber exactamente adónde habremos llegado en 20 años. Seguramente, a esas alturas la computación cuántica ya estará más que establecida en muchas áreas de la industria, y se seguirá perfeccionando para tener procesadores cuánticos cada vez más potentes. Desde luego, a mí me encantaría seguir contribuyendo a este desarrollo e investigando temas tan estimulantes intelectualmente. No me gustaría nunca perder la cercanía con conceptos científicos fundamentales de la física.

“En cuántica, si pestañas, te pierdes avances muy importantes”

1 Soy Sergio Revuelta, tengo 32 años y soy científico posdoctoral en el Instituto Max Planck de Óptica Cuántica. En 2025, recibí la Nobel Laureate Fellowship, un reconocimiento a jóvenes talentos de la Sociedad Max Planck. Gracias a esta distinción, formo parte del grupo “Attoworld” liderado por el profesor Ferenc Krausz, galardonado con el Premio Nobel de Física en 2023 por sus métodos experimentales que generan pulsos de luz de attosegundos para el estudio de la dinámica de electrones en la materia. Mi interés por la física viene de lejos; ya desde el colegio me interesaba todo lo relacionado con ella, especialmente aquello que tenía que ver con el espacio. Luego, ya en el grado en Física, a medida que iba cursando asignaturas, me fue llamando más la atención la interacción entre la luz y la materia. A partir de ahí, he ido enfocando mi carrera en el campo de la fotónica/óptica.

2 Mi trabajo actual consiste en el desarrollo de nuevas tecnologías que, mediante el uso de luz infrarroja, puedan analizar con mucha precisión la composición molecular de muestras de sangre. Cuando la luz infrarroja interactúa con los compuestos orgánicos presentes en la sangre (como las proteínas), los hace vibrar. Estas vibraciones, cuya duración es del orden de los femtosegundos (1 femtosegundo es para un segundo, lo mismo que 1 segundo para 32 millones de años), nos proporcionan información sobre la composición molecular de la sangre. Por poner un ejemplo, si cogemos una copa de cristal y la golpeamos levemente, esta empezará a vibrar, emitiendo un sonido que podemos escuchar fácilmente. Dependiendo de la calidad de la copa, el sonido será distinto, de forma que podemos extraer información de ella gra-

“El desarrollo de estas tecnologías es vital para la detección de enfermedades”



En 2025, Sergio fue galardonado con la prestigiosa Nobel Laureate Fellowship, nominado por el propio Ferenc Krausz.

turo de la física cuántica lo veo prometedor. Los avances en los últimos años —muchos de ellos conseguidos por físicos españoles como Ignacio Cirac o Pablo Jarillo-Herrero— están logrando que pasemos de una fase teórica a la vida cotidiana, con aplicaciones que repercuten en nuestro día a día.

cias a su vibración. Nosotros hacemos algo muy parecido, pero con luz en lugar de dar golpes, y moléculas en lugar de una copa. El desarrollo de este tipo de tecnologías es vital para mejorar la detección de enfermedades, como algunos tipos de cáncer o desórdenes metabólicos, sobre todo, cuando los biomarcadores asociados con las mismas caen por debajo de los límites de detección de las tecnologías actuales.

3 Si soy sincero, no sé dónde me veo en 20 años. Me gustaría seguir con mi carrera científica, realizando proyectos que puedan tener un alto impacto en la sociedad. El futuro de la física cuántica lo veo prometedor.

Sergio Revuelta Martínez, destacado investigador posdoctoral español de 32 años, que trabaja en la División de Física de Attosegundos en el Max Planck Institute of Quantum Optics (MPQ) en Garching (Alemania) bajo la dirección del Premio Nobel de Física 2023, el profesor Ferenc Krausz.

LA LUZ QUE HACE VIBRAR LA SANGRE

Sergio Revuelta Martínez

2

1 Al margen del laboratorio, mi principal vía de escape es el deporte en la montaña, ya sea corriendo o haciendo rutas. Más allá de las cumbres, uno de mis próximos objetivos personales es dar el salto a una disciplina distinta y participar en un triatlón. Siempre he sentido una gran curiosidad por la física, especialmente por aquellos fenómenos de la cuántica que resultan completamente antintuitivos para nuestra lógica cotidiana. Al graduarme en Ciencias de la Computación, vi la oportunidad de unir mi formación técnica con esa pasión que tenía desde pequeño a través de un doctorado en computación cuántica. Lo que más me motiva de investigar en este ámbito es que nos encontramos en una etapa donde todo está por hacer; existe un abanico enorme de áreas en las que contribuir, desde la propuesta de nuevos algoritmos hasta el diseño de las plataformas físicas que deben ejecutarlos. Esta flexibilidad me ha permitido elegir los temas que más me interesaban y construir mi tesis doctoral alrededor de ellos.

2 Mi investigación actual se centra en la arquitectura de los ordenadores cuánticos. Para poder ejecutar algoritmos de forma robusta y útil, necesitamos máquinas con un número de cúbits muy superior al que ofrecen los prototipos actuales. Esto se debe a que los cúbits son extremadamente sensibles al ruido y al error, lo que nos obliga a implementar técnicas de corrección de errores que aumentan por varios órdenes de magnitud la cantidad de cúbits físicos necesarios. Mi objetivo es diseñar arquitecturas que permitan alojar estos cúbits de manera que la computación sea fiable, eficiente y, sobre todo, escalable. Al igual que ocurrió con la arquitectura de computadores clásica, es muy probable que debamos tran-



Pau figura en la lista Nova 111 como uno de los diez mejores estudiantes de informática de España en 2022.

“Siento gran curiosidad por los fenómenos de la cuántica más antintuitivos”

sicionar hacia sistemas distribuidos para gestionar tal volumen de cúbits.

3 El futuro de la computación cuántica depende de la resolución de varios frentes abiertos que deben converger para desbloquear todo el potencial de este nuevo paradigma. En los próximos años, veremos cómo las tecnologías de fabricación de cúbits mejoran significativamente, logrando dispositivos con menores tasas de error y mayor tiempo de coherencia. A medida que el *hardware* madure, surgirán nuevos métodos de comunicación que serán la pieza clave para operar sistemas cuánticos distribuidos y permitirán que diferentes módulos trabajen de

forma coordinada como una única unidad de procesamiento. Esta evolución tecnológica irá acompañada de nuevos métodos de corrección de errores, mucho más eficientes que los actuales. La convergencia de estos avances dará lugar a arquitecturas cuánticas de nueva generación, capaces de ejecutar con solvencia tanto las aplicaciones que ya hemos teorizado en química o criptografía, por ejemplo, como un abanico de nuevas posibilidades que aún están por descubrir.

A sus 27 años, **Pau Escofet i Majoral** está en el tercer año de su PhD en la Universitat Politècnica de Catalunya-BarcelonaTech (UPC). Es visitante de posgrado en la Universidad de Princeton (2025-2026), donde trabaja con la profesora Margaret Martonosi en el diseño de arquitecturas de computación cuántica escalables, modulares y tolerantes a fallos.

LA ESCALADA CUÁNTICA

Pau Escofet i Majoral

3

Natalia Ares

CÓCTEL DE IA Y CUÁNTICA

Natalia Ares, 39 años, experta en machine learning aplicado a la cuántica. Es investigadora en la Universidad de Oxford. Tiene una beca de la Royal Society, del Consejo Europeo de Investigación, y ha puesto en marcha una empresa de tecnología cuántica, QuantrolOx.

1 Nací y me crié en Argentina y soy profesora asociada de ingeniería en la Universidad de Oxford, donde también estoy afiliada al New College. En mi laboratorio, investigamos la intersección entre la física cuántica y la inteligencia artificial. Buscamos mejorar el control de los dispositivos cuánticos y permitir su funcionamiento a mayor escala. En el horizonte está, entre otras tecnologías, el ordenador cuántico. También estudiamos cómo se aplican las leyes de la termodinámica a estos dispositivos a escala nanométrica. Conocí la física cuántica gracias a una profesora de física (en la secundaria) y a un curso para estudiantes que ofrecía la CNEA (Comisión Nacional de Energía Atómica) en Argentina. Este curso, “Laboratorio Cero”, estaba organizado por estudiantes universitarios e incluía charlas de físicos, matemáticos, biólogos y químicos. Fue ahí donde descubrí que yo también podía dedicarme a la ciencia como profesión.

2 Soy física experimental: me gustan los laboratorios y comprobar por mí misma cómo la física cuántica desafía toda la intuición que desarrollamos al interactuar con el mundo macroscópico. La termodinámica a escala nanométrica es fascinante. Surgió durante la Revolución Industrial e ignora las pequeñas escalas, pero son precisamente esas escalas las que cobran importancia en los dispositivos cuánticos. Así que combinamos ingeniería y física para, entre otras cosas, construir motores capaces de procesar información de manera mucho más eficiente de lo que permiten las leyes de la física clásica. También me resulta



Natalia es cofundadora de una empresa de tecnología cuántica.

muy interesante la relación entre la inteligencia artificial y la cuántica: no solo podemos aplicar la IA para ayudar a desarrollar estas tecnologías, sino que también podemos preguntarnos si las tecnologías cuánticas pueden ayudarnos a crear una IA mejor y más eficiente. Actualmente, estamos llevando a cabo un experimento en el que evaluamos el potencial del *hardware* cuántico para el desarrollo de una IA más eficiente. Nuestros resultados sugieren que el ruido inherente a estos dispositivos puede, en ciertos casos, favorecer el proceso de aprendizaje. Me interesa especialmente entender cómo la naturaleza es capaz de desarrollar sistemas de aprendizaje y computación tan eficientes, y poner la mirada en los límites fundamentales de estos procesos.

Además, soy cofundadora de una empresa de tecnología cuántica, QuantrolOx, que se centra en el desarrollo de métodos automáticos de calibración para *hardware* cuántico.

3 En 20 años, espero seguir teniendo el privilegio de ampliar los límites de la tecnología, formar a nuevas generaciones y desarrollar las líneas de investigación del futuro. Me gustaría ver cómo muchas de las tecnologías cuánticas que estamos desarrollando dan sus frutos y sentirme satisfecha de haber sido parte de ello.

“El ruido de los ordenadores cuánticos podría servir para mejorar la IA”

EN EL ÁNGULO MÁGICO

Carmen Rubio Verdú, investigadora del Instituto de Ciencias Fotónicas (ICFO), es experta en materiales cuánticos. Ha sido galardonada con una Starting Grant del Consejo Europeo de Investigación (ERC, por sus siglas en inglés), una de las oportunidades de financiación más competitivas y respetadas en Europa para jóvenes investigadores.

1 Estudiaba Química y, en tercero de carrera, descubrí la química cuántica. Me di cuenta de que la física era lo que de verdad me apasionaba. Continué con un máster en Ciencia de Materiales, donde tuve mi primer contacto con un microscopio de efecto túnel, una técnica que permite estudiar las propiedades electrónicas a escala atómica. Tanto me gustó que, a día de hoy, es la herramienta principal de mi investigación. Hice el doctorado en Física en CIC nanoGUNE, centrada en el magnetismo a nivel atómico y la superconductividad. En 2018, se publicó el primer trabajo experimental sobre grafeno rotado y pedí una beca posdoctoral Marie Skłodowska-Curie para trabajar en Estados Unidos. Pasé tres años en la Universidad de Columbia investigando estos materiales, seguidos de un año más en la Freie Universität de Berlín. En 2023, con 34 años, me incorporé a ICFO, donde lidero mi propio grupo de investigación.



Carmen estudia una nueva familia de materiales cuánticos llamados materiales *moiré*.

Mi línea de investigación es muy fundamental: estudio una nueva familia de materiales cuánticos llamados materiales *moiré*. Se construyen apilando materiales bidimensionales, capas de un solo átomo de grosor, como el grafeno. Al colocar una capa sobre la otra y rotarlas, se produce un patrón de *moiré*. Resulta que, en ciertas condiciones, el material desarrolla propiedades que las capas individuales no tienen: se vuelve superconductor. En mi grupo realizamos experimentos para entender por qué ocurre esto. Me parece fascinante poder observar el comportamiento del material a nivel atómico y utilizarlo para entender cómo

emerge una fase cuántica macroscópica como es la superconductividad.

3 En 20 años, me gustaría estar liderando un grupo en el que disfrutemos del laboratorio cada día, que nos impulse la curiosidad y las ganas de entender el porqué de las cosas —y que haya espacio para probar ideas arriesgadas—. Respecto al futuro de la cuántica, hay muchísimas posibilidades. Su destino es, en cierto modo, como la propia cuántica: impredecible.

2 Creo que esa semilla existía ya desde muy pequeña. Recuerdo estar siempre preguntándome el porqué de las cosas: el comportamiento de los animales, la luz, el tiempo... Tuve profesores maravillosos de Química y Matemáticas en el instituto, Fernando Diego y José Mora, de los que aprendí muchísimo y que me contagiaron su pasión. También disfrutaba mucho las clases de Filosofía de José Luis Oliver. Supongo que, en el fondo, es lo mismo: distintas formas de buscar el conocimiento y cultivar el pensamiento crítico. Estoy muy orgullosa del sistema público de educación que me ha traído hasta aquí.

“El futuro de la cuántica es como la propia cuántica: impredecible”

“Trabajar con la teoría que hay detrás de estas aparentes ‘locuras’ es fascinante”

1 En los últimos meses, he estado trabajando e investigando con algoritmos cuánticos, ejecutándolos en *hardware* real de IBM Quantum, explorando cómo estos modelos de computación pueden aplicarse a problemas concretos. Fuera de lo técnico, disfruto de una buena tarde de videojuegos y música, aunque siempre he sido un apasionado del baile. Mi próximo reto personal es profundizar en la investigación sobre la optimización del cómputo mediante algoritmos cuánticos.

Desde pequeño, mostraba una curiosidad muy marcada por entender cómo funcionaban las cosas. Eso me llevaba, con bastante frecuencia, a desmontar mis propios juguetes. No era un gesto destructivo, sino una forma de aprendizaje. Con el tiempo, esa inquietud no desapareció, sino que evolucionó. Durante la adolescencia empecé a trasladarla al entorno digital, explorando internet en busca de respuestas a preguntas más amplias sobre la realidad y el mundo en el que vivimos. En ese proceso, la física cuántica aparecía de forma recurrente como un marco capaz de abordar muchas de esas incógnitas. A través de los canales de divulgación que comencé a seguir, descubrí por primera vez experimentos como el famoso gato de Schrödinger o la doble rendija, entre otros, que plantean situaciones difíciles de reconciliar con la intuición. ¿Cómo puede algo estar, en cierto sentido, en dos estados a la vez? Poder trabajar con la teoría que hay detrás de estas aparentes “locuras” es fascinante.

2 Actualmente, me centro en preparar mi propuesta de tesis, orientada a estudiar la eficiencia en la optimización cuántica de subrutinas clásicas mediante modelos híbridos. La idea es integrar algoritmos cuánticos en estructuras básicas de la computación, como los autómatas, la validación de datos o los problemas de búsqueda.



Jaime está ahora preparando su tesis doctoral.

relevantes, ya que permiten aplicar estas ideas en sistemas reales a pequeña escala.

3 No sabemos con certeza qué investigaciones se traducirán en aplicaciones prácticas cuando la tecnología madure. El futuro de la computación cuántica es un misterio. Plantea muchas preguntas abiertas y algunas de sus mayores aplicaciones aún no han sido imaginadas. El camino hacia esas respuestas resulta fascinante.

Jaime Vidal Tejada, de 31 años, es estudiante de programación de 42 Madrid Fundación Telefónica. Trabaja como desarrollador en Telefónica Tech para doctorarse en cuántica próximamente.

EN BUSCA DE AUTÓMATAS

Jaime Vidal Tejada