

Computación cuántica

DOI: 10.29236/sistemas.n173a5

Daniel Sierra Sosa y Juan Guillermo Lalinde Pulido, editores técnicos, fueron los moderadores del encuentro.

Antes de abordar el temario a tratar, cada uno de los invitados hizo un breve resumen de su trayectoria profesional:

Alberto Maldonado, doctorado del Centro de Investigación en Computación del Instituto Politécnico Nacional (CIC IPN) de México; Qiskit Advocate @ IBM Quantum; | Mentor @ QOSF Mentorship Program and Womanium in quantum; | Ambassador @ Unitary Fund y | Admin @ Quantum Universal Education.

Diego Emilio Serrano, Director de Ingeniería en Panasonic, USA, Promotor y divulgador de la com-

putación cuántica por diversos medios, incluido su propio canal en YouTube.

Y Gonzalo Mejía Jaramillo, EPM, Medellín, Colombia. Arquitecto de TI que lidera el proyecto de utilización de Computación Cuántica para detectar *outliers* en telemedidas.

Juan Guillermo Lalinde

¿Qué relación tiene con la computación cuántica en su trabajo? ¿En su desarrollo profesional?

Alberto Maldonado

En cualquiera de mis actividades diarias hago uso de la computación cuántica. Organizando eventos,

dictando charlas y en revisorías técnicas. Mi tesis es sobre Quantum Machine Learning, asuntos sobre los que giran mis proyectos. Se trata de abordar problemas de Quantum Machine Learning, Quantum Optimization, y Quantum Chemistry aplicadas a hardware. En la actualidad también soy asesor de alumnos de maestría.

Diego Serrano



En Panasonic, estamos explorando cómo aplicar la computación cuántica al desarrollo de materiales para baterías, adicionalmente estamos investigando algunos proyectos en el desarrollo de hardware cuántico. Estoy mirando cómo usar la computación cuántica en el desarrollo de materiales para baterías, además de invertir tiempo en unos proyectos de hardware.

La comunicación entre la interfaz que el usuario utiliza para progra-

mar y el chip con los qubits que procesan los algoritmos cuánticos es clave en estos proyectos. A nivel personal, también estoy evaluando ideas similares a las que mencionó Alberto. De hecho, Alberto lidera un programa interesante llamado Quantum Open Source Foundation, donde estudiantes y mentores colaboran en mini proyectos beneficiosos para ambas partes. Estoy considerando participar en uno de esos proyectos, aunque no he tenido mucho tiempo.

Gonzalo Mejía

En nuestra empresa mantenemos la práctica de monitoreo del entorno tecnológico, entonces hemos iniciado un experimento de computación cuántica para analizar medidas o consumos de medidores de energía eléctrica. Actualmente hay cierta cantidad de medidores que se acceden remotamente mediante telemida, de ese universo de medidores tomamos unos 1.800 y consideramos alrededor de 2.700.000 de registros de consumo, la idea es hacer una comparación enfocada en encontrar las diferencias que hay al utilizar algoritmos clásicos versus algoritmos cuánticos. ¿Que es lo que nosotros queremos comprobar en el experimento? Saber si se logran mejoras en tiempos de procesamiento, o se logran mejoras en la calidad de las estimaciones. Con este experimento buscamos hacer la comparación con un tema real, basado en un asunto de negocio, no imaginando datos. Hicimos un equipo de trabajo, con ex-

pertos en ese tema en el tema de computación cuántica e inteligencia artificial, y con el apoyo de la Universidad EAFIT vimos que si era si era posible y aprovechando con un convenio que tenemos con varias universidades y bajo la sombra de ese convenio hicimos un acuerdo ya de trabajo específico para abordar el experimento. Ya tenemos algunas conclusiones y ha sido de mucha utilidad internamente para los directivos nuestros y para los líderes de los procesos.

¿Cómo llegó al mundo de la computación cuántica? ¿Por qué considera que la computación cuántica es importante?

Alberto Maldonado



En mi opinión es importante en muchos aspectos, para procesos complejos como la química y la optimización, y el aprendizaje de máquina.

Para mí, la importancia de la computación cuántica es que podemos ver una perspectiva diferente de la computación y resolver problemas complejos y eso se me hace muy interesante. Yo lo he vivido en la academia como estudiante, siempre está la pregunta de ¿cuál es el beneficio de estudiar geometría, trigonometría? y ahora además computación cuántica?

En términos de recursos el avance nos está dando una ventaja, toda vez que las capacidades de los procesadores lo facilitan. Existe mayor naturaleza en trabajar con circuitos o algoritmos cuánticos, en el momento de codificar algunos problemas. Es más cómodo hacerlo en un circuito cuántico que tratar de ejemplificarlo con una computadora con GPUs.

Diego Serrano

Hay dos aspectos importantes que destacar sobre la computación cuántica.

Primero, la computación cuántica puede ser una herramienta poderosa para enseñar conceptos complejos en física. Para ingenieros como yo, es más intuitivo programar un computador cuántico que intentar implementar experimentos físicos complejos en un laboratorio, como trabajar con partículas, fotones o láseres. En lugar de enfrentarse a las complicaciones técnicas de un laboratorio, uno puede simplemente escribir código en su computador, ejecutarlo en un com-

putador cuántico real, y analizar los resultados. Esto facilita la comprensión de fenómenos físicos de manera más accesible y práctica, lo que considero extremadamente valioso.

Segundo, está demostrado que ciertos algoritmos son significativamente más eficientes en un computador cuántico que en uno clásico. Esto abre un abanico de oportunidades en campos como la optimización, el desarrollo de materiales, y la creación de compuestos químicos. Por ejemplo, en empresas como Panasonic estamos explorando cómo aprovechar esta tecnología para acelerar estos procesos de manera exponencial.

Aunque aún no podemos implementar estas aplicaciones a gran escala, el potencial es enorme. Por esta razón, las universidades de todo el mundo deberían comenzar a enseñar estos temas, ya que representan una oportunidad transformadora para el futuro.

Gonzalo Mejía

La importancia de la computación cuántica yo la veo en temas más complejos de la humanidad, que para el mundo empresarial. Por ejemplo, en los viajes espaciales, en la astronomía, áreas en las que la computación clásica no puede resolver. Así mismo en asuntos de la medicina, sobre todo en lo relacionado con los medicamentos, vacunas, etc. Basta observar lo sucedido en la pandemia período en el

que nos parecía una eternidad encontrar una vacuna. Así mismo, en lo relacionado con el medio ambiente, hay que ir más allá de quemar combustibles. Esto se resuelve con otras tecnologías, otras estrategias, otras prácticas y me parece que la computación cuántica es una buena herramienta para eso.

A nivel personal, yo me voy mucho al mundo de la ciencia ficción, y uno ve que todas esas cosas que uno veía en las películas de los años 80 y 90 son hoy una realidad, por ejemplo, el uso de un celular, o el hacer una conversación con imagen en tiempo real, cosas que uno en esos años lo veía como imposible. Cosas como por ejemplo la teletransportación de objetos o personas, este ir de un planeta al otro planeta como si estuviera yendo de una ciudad a otra, cosas de ese estilo creo que unos años la computación cuántica podría ayudar a que eso sea posible.

Juan Lalinde

¿Cuáles fueron (o son) las principales dificultades que ha encontrado en su proceso de acercarse a la computación cuántica?

Alberto Maldonado

En mi primer acercamiento a esta área no sabía lo que estaba haciendo. En este contexto, el hecho de que alguien te diga "vas bien" o "vas mal" puede ser un verdadero privilegio, especialmente en áreas nuevas como esta.

Cuando decidí estudiar computación cuántica, me surgieron muchas dudas. Como me dijo un amigo una vez: “¿Y qué pasa si lo que entendiste está mal? ¿Qué tal si no era de esa manera?” Esa pregunta me dejó pensando y sembró una inquietud en mí. Imaginé el escenario: estar en mi examen de grado y que me dijeran que había malinterpretado todo, que no era posible lo que planteaba. Esto me llevó a reflexionar y no limitarme a lo que hacía, sino a buscar todos los recursos posibles para validar mi trabajo. Quería que alguien con más experiencia me dijera si estaba en el camino correcto.

Fue en una escuela de verano donde finalmente encontré ese respaldo. Ahí comprendí la importancia de conocer a alguien que pueda orientarte, decirte si vas bien, si te gusta lo que haces, cómo corregir errores y cuáles son las referencias adecuadas. Durante este proceso, aprendí mucho utilizando el *Qiskit Textbook*, y de ahí encontré otros libros, como el de Nielsen & Chuang. Curiosamente, no pasé por el famoso proceso del "Hola Mundo" que muchos mencionan. Para mí, ese "Hola Mundo" fue experimentar directamente con *Qiskit Composer* y jugar con sus herramientas, preguntándome: “¿Por qué hace esto?” y “¿Por qué hace aquello?”. Estudiar de forma empírica es un proceso muy tardado y complejo.

Además, encontrar personas que hablen español en esta área resulta

complicado, especialmente viniendo de un país como México. Curiosamente, siento que conozco a más colombianos que mexicanos en este ámbito. De hecho, irónicamente, de todos los amigos que he conocido en línea, he llegado a conocer más colombianos en persona que mexicanos, y eso que estamos en el mismo país. No sé cómo funciona esto, pero incluso encontrar a alguien en este “mundo cuántico” es un evento raro. Es como si no estuviéramos tanto en el quantum, sino más bien en macrocosmos.

Diego Serrano

Estoy de acuerdo con Alberto en que hacen falta recursos en español sobre computación cuántica. Es difícil encontrar información accesible en este idioma, lo que complica el aprendizaje para quienes no dominan el inglés técnico.

Otro aspecto desafiante para mí fue entender los conceptos básicos necesarios para comenzar en este campo, ya que la computación cuántica requiere conocimientos en áreas que no siempre se aprenden en ciertas carreras. En mi caso, estudié Ingeniería Electrónica y tomé una clase de álgebra lineal durante la universidad, pero no llegué a profundizar en el tema. Al adentrarme en la computación cuántica, me di cuenta de que tenía muchas carencias, especialmente en álgebra lineal y números complejos. Aunque los números complejos se usan bastante en ingeniería elec-

trónica, en computación cuántica se aplican de una manera diferente, lo que requiere adaptarse a nuevos enfoques.

Creo que para quienes tienen experiencia en áreas como Machine Learning o Inteligencia Artificial, tal vez sea más fácil adquirir estos fundamentos. Sin embargo, para personas de otras disciplinas, comenzar en computación cuántica puede ser difícil debido a la falta de conocimientos básicos esenciales. Por ejemplo, conceptos como matemáticas modulares, fundamentales en algoritmos como el de Shor, o temas avanzados de álgebra lineal aplicados en algoritmos como el de Grover, no suelen enseñarse en profundidad en muchas universidades.

Por ello, cualquier universidad o institución que quiera enseñar computación cuántica debería enfocarse primero en desarrollar el aprendizaje de estos fundamentos matemáticos. Sin esta base, es fácil sentirse abrumado y retrasar el progreso en el campo. Personalmente, esta falta de preparación básica fue el principal obstáculo que enfrenté al adentrarme en la computación cuántica.

Gonzalo Mejía

En este tema los conceptos básicos definitivamente son esenciales y en nuestro caso que llevamos más de 30 años en el mundo de la informática clásica es todavía mucho más complejo porque aparte

de que uno no tiene conceptos de mecánica cuántica, y toda esa fundamentación matemática debe salirse de lo que tradicionalmente hace.

Yo me acuerdo de las primeras conversaciones con Juan Guillermo, donde le preguntaba: "¿qué sistema operativo se? ¿Qué lenguaje? ¿Qué base de datos?" Poco a poco fui entendiendo que el estado actual de la computación cuántica no es comparable con la computación clásica. Nos han dicho que la computación cuántica está más o menos en el nivel donde estaba la computación clásica en los años 1950. Entonces, trato de imaginarme en esa época: una persona en una empresa, manejando una nómina o un sistema comercial, y que le hablen de un computador. Seguramente no entendía para qué servía eso. Es decir, entender qué necesidad puede resolver una máquina de computación cuántica hoy en día no es sencillo.

Eso es algo que nos ha costado a nosotros también. Por ejemplo, cuando nuestros directivos o superiores nos preguntan: "Bueno, ¿y qué problema resolvería en nuestra empresa un algoritmo cuántico? ¿Una máquina cuántica?" A veces cuesta responder a esa pregunta. Creo que es una de las grandes dificultades. Además de los conceptos básicos, está el reto de entender qué problemática empresarial se puede abordar hoy con esta tecnología, porque la computación

cuántica todavía está en un mundo muy experimental y de desarrollo.

Yo trato de dividir esto por niveles: una capa física, una capa de sistemas operativos o firmware, una capa de datos, una capa lógica o de software. En la computación clásica, ya estamos trabajando en esas capas superiores. Un ingeniero de sistemas no necesita entender los componentes físicos de una máquina; interactúa con ella a través de un sistema operativo o software.

En cambio, en la computación cuántica, estamos en el nivel físico, manejando puertas lógicas y conceptos que son muy complejos. Esto es algo que desconcierta porque, en la computación clásica, nunca tuvimos que hacerlo. Entonces, adaptarse a este enfoque y comprender por qué es necesario hacerlo en la computación cuántica es un desafío enorme.

¿Es posible trabajar con computación cuántica en Colombia y en América Latina?

Gonzalo Mejía

Yo trato de hacer una distinción. La pregunta fue: ¿es posible que nosotros podamos ayudar a desarrollar y hacer avanzar más la computación cuántica? Ahí es donde uno sí lo duda, especialmente en un país como Colombia o en América Latina.

Ahora bien, si me preguntan si podemos estar ahí como usuarios, co-

mo personas o entidades que adopten todo lo que se está descubriendo alrededor de la computación cuántica, ahí sí no tengo ninguna duda. ¡Claro que sí! Es algo que tenemos que hacer, y entre más rápido adoptemos esa tecnología, mejor nos va a ir y más provecho le vamos a sacar.

Sin embargo, hay que poner sobre la mesa otra situación: en América Latina, los presupuestos que los gobiernos asignan para temas de innovación y desarrollo son mínimos, y las estrategias en torno a la innovación no son claras ni están bien divulgadas. Esto dificulta muchísimo pensar que vamos a ser actores de primera línea en el desarrollo o avance de esta tecnología.

Pero lo que sí podemos hacer es mantenernos monitoreando, estudiando, aprendiendo, y observando cómo se aplica esta tecnología. De esa forma, estaremos listos para adoptar tempranamente todo lo que venga y aprovechar al máximo las oportunidades.

Alberto Maldonado

Ok, yo he tratado de organizar eventos en Latinoamérica, y al menos sé que en Uruguay existe la empresa *QuantumSouth*, que está trabajando en esta área. En Perú tienen el equipo *Quantum* haciendo cosas interesantes, y en Brasil también hay iniciativas. Pero, en general, las situaciones nos permiten avanzar gracias a la globalización y el internet, ya que muchas cosas

sobre computación cuántica se pueden hacer de forma remota.

El problema surge cuando hablamos de obtener un beneficio, especialmente monetario. ¿Alguien realmente nos va a pagar por aprender esto? Es algo complejo, porque llegar con una idea y convencer a alguien de que esto no es *Skynet* ni va a dominar el mundo es todo un reto. Además, explicar que la computación cuántica tiene beneficios reales y no solo implica riesgos futuros también puede ser contraproducente. Entonces, pensar en recibir beneficios tangibles por esto sigue siendo complicado.

Al menos en la academia se ha dado un pequeño paso, pero en la industria es mucho más complejo. Recuerdo que estuve en un bootcamp en Canadá sobre el estado de la computación cuántica, y todo el panorama es como un campo de batalla: ciberseguridad, software, hardware, todos quieren hardware, todos quieren competir. Están Google, IBM, y otros gigantes luchando por liderar, mientras uno apenas sobrevive día a día con su sueldo. Pensar en competir con estos titanes y que alguien invierta millones de dólares para crear una computadora cuántica que compita con IBM o Google parece un sueño distante.

Creo que el principal problema son las oportunidades. Incluso en Estados Unidos no es tan viable como parece. No todos están detrás de la

computación cuántica, y lograr que alguien crea en tu idea y te apoye financieramente es complicado. Sin embargo, creo que algo más accesible es iniciar ayudando a otras personas en otros países, generando colaboración. Crear mi propia startup en países como México, Colombia o Venezuela es un desafío enorme. En Canadá todavía hay oportunidades, pero cuando hablamos del sur, ahí sí se vuelve mucho más complicado.

Diego Serrano

Creo que definitivamente es posible trabajar en computación cuántica en Colombia. Como menciona Alberto, gracias al internet tenemos acceso a computadores cuánticos, lo que abre muchas oportunidades. Además, estamos en un punto del desarrollo de esta tecnología en el que las aplicaciones prácticas aún no existen completamente. Aunque hay ideas sobre cómo usar la computación cuántica para resolver problemas más rápido, la realidad es que los computadores cuánticos actuales presentan muchos errores, lo que limita su aplicación inmediata.

La mayoría del trabajo en computación cuántica hoy en día se concentra en dos áreas principales: el desarrollo de hardware y el desarrollo teórico y académico. El desarrollo de hardware, por su naturaleza, es extremadamente complejo en países como Colombia debido a los recursos inmensos que requiere. Sin embargo, el desarrollo teó-

rico y académico, como la creación de nuevos algoritmos, es igual de importante y puede realizarse desde cualquier parte del mundo, incluyendo Colombia.

Desde un punto de vista académico, hay oportunidades claras que pueden aprovecharse con los recursos disponibles. En cuanto a la parte más aplicada, incluso en países desarrollados el avance es limitado por las condiciones actuales de la tecnología. Sin embargo, esto cambiará con el tiempo. Si países como Colombia comienzan a invertir en educación y en el desarrollo teórico, podrían competir a cierto nivel una vez los computadores cuánticos sean más prácticos y ampliamente utilizables.

Juan Lalinde

¿Qué le recomienda a las personas interesadas en la computación cuántica?

Gonzalo Mejía



Alguien interesado en aplicar la computación cuántica tiene que empezar entendiendo que esto no es un tema para involucrarse por moda. Es imposible que, por seguir una tendencia, uno logre entender, usar, y sacar provecho de la computación cuántica. Si alguien lo aborda sin un propósito claro, lo más seguro es que termine gastando tiempo y recursos en vano.

Yo creo que es fundamental tener muy claro para qué sirve la computación cuántica, qué problemáticas puede resolver. Por ejemplo, uno no puede pretender que, si en mi empresa tengo problemas porque la nómina es lenta para hacer los pagos, simplemente voy a comprar una máquina cuántica, pagarle a alguien para que me haga un algoritmo, y problema resuelto. Eso no es así.

Entonces, lo primero es entender para qué sirve y de dónde viene. Si esto proviene de la física cuántica y las teorías de grandes científicos del siglo XX, hay que empezar por comprender al menos un poco esos fundamentos.

Una vez entendido eso, hay que preguntarse: ¿qué tipo de problemas puede resolver la computación cuántica? Y, solo entonces, decidir si vale la pena involucrarse.

Es clave evaluar si se tienen la motivación, los conocimientos básicos, y la capacidad para avanzar en este campo. Si no se tienen esos

conocimientos, lo primero es empezar a adquirirlos. Pero lo que considero más importante es entender en qué escenarios, situaciones, o casos de uso la computación cuántica es realmente relevante. De lo contrario, creo que los esfuerzos pueden terminar siendo en vano.

Alberto Maldonado

Yo creo que el mayor limitante es la palabra "cuántica", que nos da miedo a todos. Creo que es importante quitarle ese peso o perspectiva intimidante. Como dijeron antes, se puede aprender desde cualquier lugar. Por ejemplo, yo ni siquiera sabía qué era una notación de sombrero, apenas me acordaba de lo básico sobre vectores y matrices, y ahora estoy jugando con eso.

La situación, en mi opinión, es no esperar un tiempo fijo, como pensar que en un año ya voy a hacer algo grande o ser alguien importante en la comunidad. Lo más importante es aprender. Algo que me ha gustado mucho es que hay conceptos correlacionados. Por ejemplo, el *Machine Learning* y la computación cuántica tienen puntos en común, al menos en la parte de álgebra. En algunos aspectos, son muy similares.

Si quieres trabajar en optimización cuántica, necesitas ser experto en optimización clásica y luego aplicar ese conocimiento a la cuántica. Es como pasar al "volumen 2". Primero aprendes computación clásica, y

luego aplicas una nueva versión con la cuántica. Es un proceso que puede ser divertido, pero no sucede de la noche a la mañana. No somos Iron Man o Tony Stark, que se vuelven expertos en una noche.

Aquí, las cosas toman tiempo: te desvelas, estudias, y quizás después de un año o dos logras entender qué funciona.

El punto es que la perspectiva es diferente. A veces incluso parece más fácil aprender computación cuántica sin saber nada de computación clásica o física cuántica, porque no te cuestionas tanto. No te rompes la cabeza preguntándote: "¿Cómo es esto posible?" o "¿Por qué aquí sí sirve y allá no?"

Creo que se trata de tener una perspectiva diferente y enfocarse en el aprendizaje. Y, al final, si no te gusta la computación cuántica, al menos te vuelves experto en otra área. Eso es lo que siempre les digo a mis alumnos: "¿Te gusta *Machine Learning*? Pues mira, aquí puedes trabajar con *reinforcement learning* y luego aplicar un enfoque cuántico. ¿No te gusta la cuántica? Al menos ya eres experto en *reinforcement learning*."

Creo que ese es el aspecto positivo: mientras aprendes computación cuántica, puedes convertirte en experto en una o dos áreas relacionadas. Y si además logras combinar ambas y crear algo nuevo, entonces ya la hiciste.

Diego Serrano

Yo estoy de acuerdo con esa perspectiva porque incluso cuando uno aprende los algoritmos cuánticos, para hacer la comparación uno tiene que aprender los clásicos entonces se vuelve uno también experto en el campo del desarrollo de algoritmos clásicos óptimos.

Juan Lalinde

¿Cuál creen que debería ser la estrategia para desarrollar las capacidades en computación cuántica?

Alberto Maldonado

Yo creo que la situación no es esperar a que venga una empresa a decirnos: "Este es el resultado" o "Esta es la computadora, sigue este proceso". Más bien, se trata de iniciar en cualquier momento, es decir, empezar ahora, especialmente con los jóvenes en la universidad. Por ejemplo, esta mañana tuve que dar una plática sobre computación cuántica a un grupo. Ellos ya están estudiando estos temas, pero como tópicos selectos, no porque lo hayan elegido, sino porque se lo asignaron.

Lo interesante es que, aunque sea de forma muy básica, van aprendiendo. No como uno esperaría, pero sí van entendiendo. Creo que a los jóvenes les resulta más fácil captar estos conceptos. El problema es que para los adultos, ya sea de mediana edad o mayores, es mucho más complicado. Por eso creo que vale la pena apostar por estos jóvenes, que pueden superar

barreras que a nosotros nos parecen insalvables. Es algo positivo porque demuestra cómo la tecnología nos está rebasando constantemente.

Hoy en día, por ejemplo, ya uso más *ChatGPT* que el año pasado. La tecnología siempre nos reta, pero al mismo tiempo nos impulsa. Con la computación cuántica, creo que la ventaja está en enseñar que existe. No se trata de prometerles que habrá un trabajo seguro, pero al menos sembrar la semilla desde la licenciatura.

De hecho, ya existen iniciativas como *Qubit by Qubit*, que apoya a jóvenes desde la preparatoria, o *Womanium Quantum* y *QWord*, que también ofrecen beneficios. *Quantum Open Source Foundation* respalda a personas desde los 15 o 16 años hasta adultos de más de 50.

Recuerdo una plática de la *IEEE Quantum Education Initiative* donde mencionaban algo clave: "Nosotros ya estamos viejos, pero queremos que las nuevas generaciones se interesen en esto. Si no, esta tecnología se quedará sin impulso y podría morir". Este miedo no es exclusivo; también lo comparten en Estados Unidos.

Por eso, creo que la perspectiva debe ser enseñar computación cuántica a las nuevas generaciones, no para que se conviertan en expertos de inmediato, sino para despertar su curiosidad. Que vean

que, aunque no encuentren un trabajo directamente relacionado, al menos habrán aprendido algo valioso, como física o computación. Si logran entrar en la cuántica, excelente; si no, igual tendrán una base sólida en otras áreas.

Personalmente, cuando experimenté con el *Quantum Computing Composer*, me pareció muy sencillo. Estaba programando con bloquitos, como si fuera un juego de LEGO. Ese enfoque me ayudó a entenderlo y me quitó el miedo. Creo que esa es la clave: desmitificar la complejidad de la computación cuántica. No es ciencia ficción; es una oportunidad accesible para todos.

Diego Serrano

Sí, estoy completamente de acuerdo con lo que mencionó Alberto: el desarrollo de la computación cuántica debe comenzar desde el sector académico, probablemente en las universidades. Por ejemplo, en mi caso particular, durante mi último año de universidad, tomé una clase electiva sobre circuitos integrados.

En ese momento, era algo completamente nuevo para mí. Hasta entonces, todos los circuitos que había trabajado eran a nivel de componentes, probándolos en el laboratorio.

Esa clase, dictada por un profesor que decidió introducir el tema, cambió completamente el rumbo de mi carrera. Con una sola materia, lo-

gré desarrollar toda mi trayectoria profesional a partir de ese punto. Esto demuestra que algo tan sencillo como una electiva en computación cuántica podría despertar la curiosidad de los estudiantes. Es un primer paso que permitiría identificar quiénes están interesados y, con el tiempo, expandir esta iniciativa dentro de las universidades.

Eventualmente, esta semilla sembrada en el ámbito académico podría extenderse al campo empresarial, abriendo nuevas oportunidades en el desarrollo y la aplicación de la computación cuántica.

Gonzalo Mejía

Yo, de pronto, me alejo un poco del campo educativo cuando me pongo a pensar en cuál debería ser la estrategia de un país. Me imagino en la posición de una empresa de utilities, como en nuestro caso, o de una empresa de manufactura, o cualquier otra en el mundo empresarial. Y digo que lo primero es preguntarse: ¿el Estado, el país, tiene una estrategia de innovación y tecnología? ¿Tiene realmente una estrategia bien definida en este ámbito?

Si no la tiene, es fundamental crearla y, sobre todo, divulgarla, porque muchas veces creo que estas estrategias existen, pero no se comunican adecuadamente. Ahora bien, si el Estado tiene una estrategia, lo siguiente es preguntarse: ¿hay presupuesto? Porque sin recursos esto no funciona. Y si hay

presupuesto, entonces: ¿hasta dónde alcanza para llegar a las empresas?

En el caso de Colombia, por ejemplo, está el Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (MinTIC) y también el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación. Sin embargo, creo que mucha gente ni siquiera sabe que este último existe. Ese ministerio, en particular, debería velar por que haya una estrategia nacional clara, que existan los recursos necesarios y un presupuesto asignado.

Aunque sabemos que ese presupuesto seguramente no será suficiente, es aquí donde se vuelve clave pensar en qué acciones se pueden tomar para llegar a las empresas y universidades. Es necesario fomentar la integración entre la empresa privada, las universidades y el gobierno. No necesariamente el gobierno tiene que aportar todos los recursos, pero sí debe convertirse en un promotor activo de la estrategia.

Si logramos tener una estrategia clara, un promotor que la divulgue y un presupuesto que puede ser público o privado, creo que se puede avanzar mucho en esta área.

Es crucial darle importancia a la divulgación: divulgar la estrategia, promover proyectos asociativos, e integrar diferentes actores, no solo privados ni exclusivamente gubernamentales, sino una combinación.

Creo que esa debería ser la estrategia de país: una estrategia que una esfuerzos, promueva la colaboración, y garantice que tanto el sector público como el privado trabajen hacia un objetivo común.

Daniel Sierra-Sosa

Cada uno de ustedes tiene un rol diferente y está en un momento diferente de su carrera profesional.

Gonzalo: *¿Como debemos prepararnos para la adopción de estas tecnologías de cara al futuro? ¿como ves el futuro?*

Gonzalo Mejía

Bueno, sí, creo que primero debemos, como decimos por acá, "asincerar" nuestras expectativas. Pensar que una empresa privada en el contexto colombiano pueda ponerse en la tarea de competir con IBM, Microsoft, Google o Amazon en el desarrollo de la computación cuántica no es el camino. Yo insisto en que el camino está en la **adopción temprana**: en aprender, estudiar, y encontrar cómo aplicar y aprovechar los avances de esta tecnología.

Pienso que nuestro rol está más enfocado en ser usuarios y adoptadores de la tecnología cuántica, en lugar de fabricantes de máquinas o desarrolladores de infraestructura. Lo que hacen, por ejemplo, las universidades como la Universidad FIIRD, y todos ustedes que están en el mundo académico, es clave. Es el primer paso: que haya gente

que esté aprendiendo, que sepa para qué sirve esta tecnología y cómo utilizarla. Eso es fundamental, y la empresa privada debe entenderlo.

Por eso vuelvo a insistir en lo que mencioné antes: la idea es que la empresa privada trabaje de la mano con las universidades y el gobierno en proyectos conjuntos. Esa colaboración puede ser el motor para impulsar la adopción y aplicación de la computación cuántica.

En cuanto a posibles escenarios, creo que la clave está en identificar problemas que la computación clásica no puede resolver de manera eficiente o que son demasiado costosos. Muchas empresas tienden a pensar solo en tecnologías que soporten sus procesos empresariales actuales, como sistemas de facturación o gestión humana. Esos problemas ya están resueltos con la tecnología actual: almacenamiento es accesible y barato, procesamiento ni se diga.

La clave está en identificar esos **escenarios específicos** donde la computación cuántica pueda ofrecer una ventaja real. Por ejemplo, en el ámbito de la **gestión humana**, uno de los mayores desafíos es la selección de personal. ¿Podría la computación cuántica desarrollar un sistema que vaya mucho más allá de entrevistas y pruebas técnicas? Un sistema que prediga actitudes, capacidades y ajuste perfecto a los perfiles requeridos, con-

siderando factores psicológicos, médicos y de actitud.

Otro ejemplo podría ser en el desarrollo de **nuevos mercados o productos**. Aunque hoy en día ya se hacen estudios de mercado, la exactitud sigue siendo un problema. Si las herramientas actuales fueran 100% precisas, cada nuevo producto lanzado al mercado tendría éxito asegurado, y sabemos que no es así. Lo mismo ocurre con las estrategias de mercadeo. Aquí es donde la computación cuántica podría marcar la diferencia, aumentando la probabilidad de éxito de un producto o una estrategia hasta acercarse al 100%.

En resumen, creo que la industria tiene mucho potencial para apalancar proyectos donde la computación cuántica ofrezca precisión, predicción y optimización en áreas donde la tecnología clásica tiene limitaciones. Esa es la oportunidad que debemos aprovechar.

Daniel Sierra-Sosa

Diego ¿Cómo ves el impacto de todos estos medios digitales para la computación cuántica en Colombia y en Latinoamérica?

Diego Serrano

Esa es una pregunta muy interesante. La verdad, nunca había reflexionado mucho sobre esto, pero creo que evaluar el impacto es algo relativo. Si comparamos con países como Estados Unidos, obviamente el impacto no es tan signifi-

cativo. Sin embargo, si lo comparamos con otros países de Latinoamérica, creo que en el caso de Colombia el impacto es considerablemente alto.

Como mencionó Alberto, él conoce a más personas de Colombia involucradas en la computación cuántica que incluso de México. Personalmente, he conocido a más colombianos a través de este campo que a personas de cualquier otro país de la región. Esto muestra que hay un interés generalizado en Colombia por la computación cuántica. Desafortunadamente, no tengo claro por qué esto es así. No sé por qué hay tantos colombianos interesados en este campo, pero el impacto de programas como Qiskit ha sido notable. Hay bastantes colombianos en el programa de *Qiskit Advocates* y en empresas de computación cuántica. Por ejemplo, en Xanadu hay al menos tres colombianos, en Zapata (aunque ya no esté tan enfocada en este campo)

también hubo varios, e incluso en IBM hay unos cuantos.

Esto evidencia que hay un interés considerable. El desafío, sin embargo, es que todos los colombianos que he conocido en este ámbito están en otros países. Entonces, surge la pregunta: *¿cómo podemos aprovechar los recursos que están atrayendo a colombianos al campo de la computación cuántica y usarlos para motivar a quienes están en el país a seguir desarrollando este interés localmente?* Si logramos canalizar ese interés hacia proyectos constructivos en Colombia, podríamos maximizar el impacto.

En resumen, creo que el impacto de la computación cuántica en Colombia es grande, especialmente en comparación con otros países de Latinoamérica, y representa una oportunidad significativa para el futuro. 🌐